

SIMULAÇÃO DINÂMICA PARA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE UM  
TERMINAL DE CONTÊINERES – APLICAÇÃO AO TERMINAL DE VILA  
VELHA

Michel Jean Henri de Norman et d'Audenhove

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em Engenharia  
de Transportes, COPPE, da Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, como parte dos  
requisitos necessários à obtenção do título  
de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Hostílio Xavier Ratton Neto

Rio de Janeiro  
Junho de 2013

SIMULAÇÃO DINÂMICA PARA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE UM  
TERMINAL DE CONTÊINERES - APLICAÇÃO AO TERMINAL DE VILA VELHA

Michel Jean Henri de Norman et d'Audenhove

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA  
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

---

Prof. Hostílio Xavier Ratton Neto, Dr.

---

Prof. Márcio de Almeida D'Agosto, D.Sc.

---

Prof. Ilton Curty Leal Junior, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

JUNHO DE 2013

Norman et d'Audenhove, Michel Jean Henri de

Simulação dinâmica para determinação da capacidade de um terminal de contêineres - Aplicação ao Terminal de Vila Velha / Michel Jean Henri de Norman et d'Audenhove – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.

XIII, 87p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Hostílio Xavier Ratton Neto

Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 45 - 47

1. Terminais Marítimos de Contêineres. 2. Simulação de Terminais. I. Ratton Neto, Hostílio Xavier. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

## DEDICATÓRIA

Dedico esta Dissertação de Mestrado aos meus pais Guy e Anita (*in memoriam*), aos meus irmãos Philippe e Alain, à minha esposa Ana Luiza e aos meus filhos Fábio e Marina.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a dedicação e o suporte dos Profs. Amaranto Lopes Pereira (*in memoriam*), meu primeiro orientador, e Hostílio Xavier Ratton Neto, meu atual orientador, e também aos Profs. Márcio de Almeida D'Agosto e Ilton Curty Leal Junior pelo apoio que me deram ao longo desse período.

Agradeço também meus colegas de trabalho que me apoiaram em diversos momentos, cobrindo parte dos meus afazeres profissionais; aos meus colegas e amigos do PET e da COPPE, aos funcionários do Programa e a todos os que contribuíram para a realização desta pesquisa.

Por último agradeço à minha esposa, Ana Luiza, e aos meus filhos Fábio e Marina pelo apoio e pela paciência nos momentos que me afastei para me dedicar a essa dissertação.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

SIMULAÇÃO DINÂMICA PARA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE UM  
TERMINAL DE CONTÊINERES - APLICAÇÃO AO TERMINAL DE VILA VELHA

Michel Jean Henri de Norman et d'Audenhove

Junho/2013

Orientador: Hostílio Xavier Ratton Neto

Programa: Engenharia de Transportes

Este trabalho aborda o tema de determinação da capacidade de movimentação de contêineres pelos terminais marítimos. Foi aplicada uma das técnicas da pesquisa operacional, a simulação de eventos discretos, no Terminal de Vila Velha - ES, considerando quatro cenários diferentes. Com os resultados obtidos pode-se determinar a capacidade máxima de movimentação com os recursos atuais e também o aumento que se obteria na produtividade de embarque/desembarque de contêineres nos navios, com um aumento na quantidade de recursos de baixo custo (*reach stackers* e caminhões internos).

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

DYNAMIC SIMULATION FOR DETERMINING THE CAPACITY OF A  
CONTAINER TERMINAL - APPLICATION TO THE TERMINAL OF VILA  
VELHA

Michel Jean Henri de Norman et d'Audenhove

June/2013

Advisor: Hostílio Xavier Ratton Neto

Department: Transportation Engineering

This work addresses the issue of determining the capacity of containers handled by the maritime terminals. It was applied the techniques of operations research, discrete event simulation, in Terminal Vila Velha - ES, considering four different scenarios. With these results we can determine the maximum capacity handling with current resources and also the increase in productivity obtainable boarding / unloading containers on ships, with an increase in the amount of low-cost resources (reach stackers and internal trucks).

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Relevância e oportunidade.....	2
1.2. Objetivo .....	4
1.3. Método de trabalho .....	4
1.4. Estrutura da dissertação .....	4
2. METODOLOGIA UTILIZADA.....	6
3. MODELOS DE SIMULAÇÃO EM TERMINAIS MARÍTIMOS DE CONTÊINERES .....	11
4. TERMINAIS MARÍTIMOS DE CONTÊINERES .....	16
4.1. Panorama geral dos terminais marítimos de contêineres no Brasil .....	19
4.2. Características dos terminais marítimos de contêineres no Brasil.....	23
4.3. Descrição do Terminal de Vila Velha.....	25
4.4. Método empregado .....	26
5. APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DINÂMICA NA OPERAÇÃO DO TERMINAL DE VILA VELHA.....	30
5.1. Simulação das operações do Terminal de Vila Velha (TVV) .....	30
5.2. Simulação da situação atual do TVV – cenário 1 .....	32
5.3. Simulação do cenário 2 proposto para o TVV .....	35
5.4. Simulação do cenário 3 proposto para o TVV .....	37
5.5. Simulação do cenário 4 proposto para o TVV .....	38
6. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS OBTIDOS, CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE FUTUROS ESTUDOS .....	40
6.1. Comparação dos resultados entre os cenários simulados .....	40
6.2. Conclusões .....	43
6.3. Sugestões de trabalhos futuros.....	44
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
ANEXO 1: GLOSSÁRIO.....	48

ANEXO 2: DESCRIÇÃO DO MODELO DESENVOLVIDO COM SEUS PARÂMETROS E INDICADORES DE RESULTADOS .....	52
a. Visão geral do modelo de simulação .....	52
b. Parâmetros .....	58
c. Indicadores gerados .....	72
ANEXO 3: TERMINAIS DE CONTEINERES NO BRASIL – CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS .....	83

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Evolução da Movimentação de Contêineres no Brasil, em unidades de contêineres (box) .....	2
Figura 2.1 – Etapas em um estudo de simulação.....	10
Figura 3.1 – Comparação de diferentes tipos de equipamentos de manuseio .....	14
Figura 4.1 – Contêineres tipo Carga Geral (dry sec).....	16
Figura 4.2 – Contêineres tipo Plataforma (flat rack).....	16
Figura 4.3 – Contêineres tipo Tanque para carga líquida.....	16
Figura 4.4 – Contêineres tipo Ventilado.....	17
Figura 4.5 – Contêineres tipo Teto aberto (open top).....	17
Figura 4.6 – Contêineres tipo Refrigerados (reefer).....	17
Figura 4.7 – Esquema da movimentação de contêineres dentro de um terminal .....	18
Figura 4.8: Evolução do transporte de contêineres por terminal e total (box) .....	22
Figura 4.9 – Localização dos terminais marítimos de contêineres.....	23
Figura 4.10– Evolução da movimentação de contêineres no Terminal de Vila Velha – TVV .....	26
Figura 4.11: Vista aérea do Terminal de Vila Velha - TVV .....	27
Figura 4.12 – Layout do Terminal de Vila Velha.....	27
Figura 5.1 – Layout do modelo de simulação do Terminal de Vila Velha.....	31
Figura 5.2 – Planilha contendo as janelas de atracação do cenário 1 .....	33
Figura 5.3 – Planilha contendo as definições de recursos utilizados no cenário 1.....	34
Figura 5.4 – Planilha contendo as definições de recursos utilizados no cenário 2.....	36
Figura A1.1 – Embarcações atracadas no berço.....	48
Figura A1.2 – Contêineres.....	48
Figura A1.3 – Porteiner .....	49
Figura A1.4 – Reach stacker .....	50
Figura A1.5 – RMG.....	50

Figura A1.6 – RTG.....	51
Figura A2.1 - Planilha contendo a Capa.....	58
Figura A2.2 - Planilha contendo as informações dos navios.....	59
Figura A2.3 - Planilha contendo as informações dos Pátios .....	61
Figura A2.4 - Planilha contendo as informações do Input Pátio Inicial.....	62
Figura A2.5 - Planilha contendo as informações do Pátio Inicial .....	63
Figura A2.6 - Planilha contendo as informações dos Recursos .....	64
Figura A2.7 - Planilha contendo as informações de Manutenção .....	65
Figura A2.8 - Planilha contendo as informações dos Custos Operacionais .....	66
Figura A2.9 - Planilha contendo os Dados Gerais .....	67
Figura A2.10 - Planilha contendo a Capa.....	73
Figura A2.11 - Planilha contendo os dados dos Navios .....	73
Figura A2.12 - Planilha contendo as informações da Operação.....	74
Figura A2.13 - Planilha contendo as informações dos Gates .....	74
Figura A2.14 - Planilha contendo as informações das Filas Internas.....	75
Figura A2.15 - Planilha contendo o Histograma de Filas.....	76
Figura A2.16 - Gráfico contendo a Utilização dos Berços.....	77
Figura A2.17 - Gráfico com o percentual de Ocupação do Pátio.....	77
Figura A2.18 - Gráfico com a Ocupação do Pátio em TEUs .....	78
Figura A2.19 - Gráfico com a Ocupação Percentual das Quadras .....	78
Figura A2.20 - Gráfico com o Percentual de Utilização dos Gates.....	79
Figura A2.21 - Gráfico com o Número de Veículos nas Filas .....	79
Figura A2.22 - Gráfico dos Custos Totais dos Recursos.....	80
Figura A2.23 - Gráfico com o Custo da Carreta Spot .....	80
Figura A2.24 - Gráfico com a utilização de Equipamentos no Pátio .....	80
Figura A2.25 - Gráfico com o Estado dos Recursos no Costado .....	81
Figura A2.26 - Gráfico com a quantidade de contêineres na Área de Desova.....	81

Figura A2.27 - Gráfico com a Movimentação no Pátio .....	82
Figura A2.28 - Gráfico com a Movimentação no Costado.....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Comparativo Anual da Movimentação de Contêineres no Brasil, em unidades de contêineres (unidades - box).....	1
Tabela 4.1: Quantidade de contêineres movimentados nos terminais.....	21
Tabela 4.2: Características principais dos terminais brasileiros de contêineres.....	24
Tabela 5.1 – Resumo dos resultados do cenário 1.....	35
Tabela 5.2 – Resumo dos resultados do cenário 2.....	37
Tabela 5.3 – Resumo dos resultados do cenário 3.....	38
Tabela 5.4 – Resumo dos resultados do cenário 4.....	39
Tabela 6.1 – Resumo dos resultados dos cenários 1 a 4.....	40

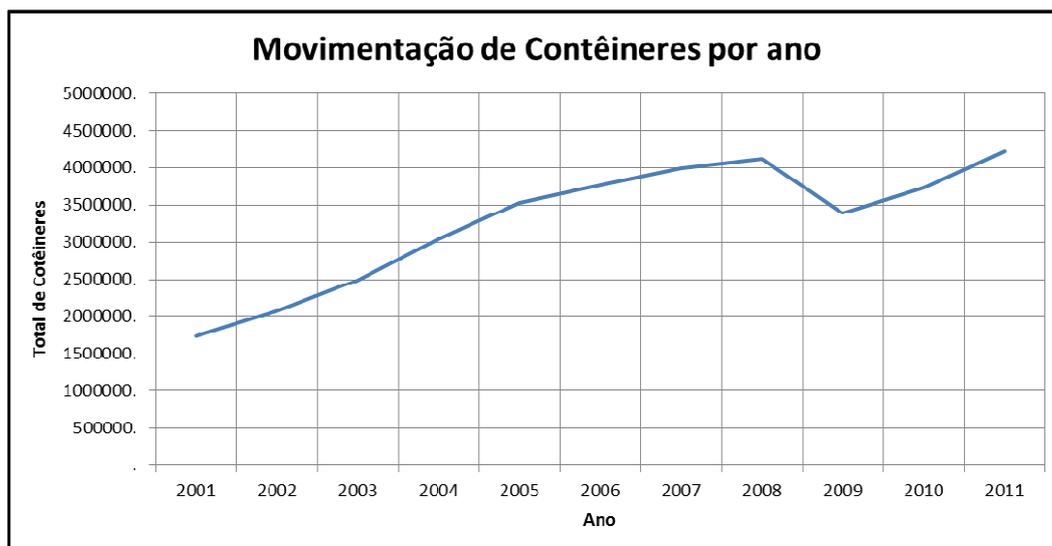
## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Novaes (2009), o transporte em contêineres constitui 90% da movimentação internacional de carga geral. No caso brasileiro, a situação não é diferente. Dados da ANTAQ (2012), indicados na Tabela 1.1 e Figura 1.1, mostram a movimentação de contêineres no Brasil entre 2001 e 2011. No total da movimentação observou-se um incremento médio de 10% ao ano, mesmo considerando a taxa de -18% no ano de 2009, em relação ao ano anterior. Apesar dessa crise mundial, esse valor voltou a crescer nos anos seguintes (10% em 2010 e 13% em 2011). Essa taxa de crescimento de movimentação de contêineres é expressiva quando se considera a evolução média do PIB de 3,7 % ao ano ao longo desses onze anos.

Tabela 1.1 - Comparativo Anual da Movimentação de Contêineres no Brasil, em unidades de contêineres (unidades - box)

<b>Ano</b>	<b>Total</b>	<b>Percentual de aumento em relação ao ano anterior</b>	<b>Percentual de aumento em relação a 2001</b>
<b>2001</b>	1.735.072		
<b>2002</b>	2.071.236	19%	19%
<b>2003</b>	2.486.429	20%	43%
<b>2004</b>	3.044.196	22%	75%
<b>2005</b>	3.524.203	16%	103%
<b>2006</b>	3.771.325	7%	117%
<b>2007</b>	3.986.891	6%	130%
<b>2008</b>	4.114.235	3%	137%
<b>2009</b>	3.393.219	-18%	96%
<b>2010</b>	3.730.604	10%	115%
<b>2011</b>	4.215.889	13%	143%
<b>Média</b>	3.279.391	10%	98%

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ (2012)



Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ (2012)

Figura 1.1 - Evolução da Movimentação de Contêineres no Brasil, em unidades de contêineres (box)

Para o atendimento dessa demanda crescente de movimentação de contêineres pode-se atuar em duas frentes não excludentes: implantação de novos terminais para contêineres e aumento da capacidade dos terminais existentes. Este último pode ser por meio de métodos otimizados das operações internas do terminal, ou pela ampliação de áreas de berço, armazenagem e de recursos para movimentação interna.

Este estudo se restringe, em parte, à segunda frente mencionada acima. Ou seja, a um possível aumento da capacidade do terminal considerando a ampliação de seus recursos de movimentação interna.

Antes, entretanto, deve-se saber qual a capacidade de movimentação de contêineres de um terminal (outra parte deste estudo). Isso pode ser obtido por meio de um cálculo simples levando-se em conta a capacidade nominal de movimentação dos portainers, equipamento mais oneroso para um terminal deste tipo. No entanto, esse cálculo não considera perdas de sua produtividade por falta de recursos (caminhões, por exemplo) para a entrega ou retirada de contêineres movimentados pelo portainer. Essa capacidade pode ser melhor avaliada através do método que foi adotado neste estudo.

### 1.1. Relevância e oportunidade

Em dezembro de 2012 o governo federal anunciou o Programa de Investimento em Logística: Portos. Ele é um conjunto de medidas para incentivar a modernização da

infraestrutura e da gestão portuária, a expansão dos investimentos privados no setor, a redução de custos e o aumento da eficiência portuária.

Segundo o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (2012), serão R\$ 31 bilhões aplicados em novos investimentos em arrendamento e Terminais de Uso Privado (TUPs) até 2014/2015. E entre 2016/2017, serão aplicados mais R\$ 23,2 bilhões. O programa prevê ainda a retomada da capacidade de planejamento portuária, com a reorganização institucional do setor e a integração logística entre modalidades de transporte.

Estão previstos também mais R\$ 2,6 bilhões para investimentos em acessos hidroviários, rodoviários, ferroviários e em pátios de regularização de tráfego nos 18 principais portos públicos brasileiros, sendo R\$ 1 bilhão do Ministério dos Transportes. O restante será executado principalmente pelos estados e iniciativa privada.

Os portos beneficiados na Região Sudeste são: Espírito Santo, Rio de Janeiro, Itaguaí e Santos; no Nordeste, Cabedelo, Itaqui, Pecém, Suape, Aratu e Porto Sul/Ilhéus; no Norte, Porto Velho, Santana, Manaus/Itacoatiara, Santarém, Vila do Conde e Belém/Miramar/Outeiro; e no Sul, Porto Alegre, Paranaguá/Antonina, São Francisco do Sul, Itajaí/Imbituba e Rio Grande.

“Portos que operem de forma mais eficiente e com custos mais baixos e com maior volume de carga contribuirão para tornar as exportações brasileiras ainda mais competitivas. Mais exportação vai resultar em mais produção, mais emprego, mais investimento e mais crescimento. Por isso, nós vamos fortalecer o planejamento do setor portuário, porque ele tem de estar integrado aos demais modais”, afirmou a Presidente da República, na época, segundo o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (2012).

Considerando o investimento que o governo federal fará nessa área, pode-se dizer que o estudo desenvolvido se mostra oportuno, pois pretende aplicar uma técnica da pesquisa operacional (simulação) em um terminal de contêineres para se avaliar como a utilização de novos recursos de relativo baixo custo, em comparação aos custos dos demais recursos, pode conduzir a um aumento significativo da capacidade de movimentação deste terminal, além de se determinar, com mais precisão, a sua capacidade com ou sem esses novos recursos.

## **1.2. Objetivo**

O principal objetivo deste estudo é determinar a capacidade máxima efetiva de um determinado terminal portuário para contêineres (Terminal de Vila Velha – TVV) e analisar possíveis alterações na quantidade de recursos de relativo baixo custo, visando aumentar a sua capacidade, utilizando a técnica de simulação.

## **1.3. Método de trabalho**

A partir das condições operacionais de 2012 do Terminal de Vila Velha, localizado no Estado do Espírito Santo e especializado em embarque e desembarque de contêineres (uma apresentação mais detalhada do terminal é realizada no capítulo 4), foi utilizada uma ferramenta de simulação de eventos discretos para se modelar os principais processos do terminal, desde a entrada dos caminhões pelos *gates*, a descarga ou carregamento desse caminhão junto a área de armazenagem de contêineres, a chegada e saída dos navios nos berços do píer, o embarque e desembarque de contêineres nos navios, as atividades auxiliares como pesagem, conferência, inspeção pelas autoridades etc., concluindo pela saída dos caminhões pelos *gates*.

Com o modelo devidamente validado, foram simulados cenários onde sempre haverá navios na barra aguardando vaga para atracação no berço. Com isso, obteve-se um indicador de qual é a capacidade de movimentação de contêineres no terminal, tanto na situação atual de recursos, como em uma situação mais favorável com relação a recursos de baixo custo (caminhões internos e *reach stackers*).

## **1.4. Estrutura da dissertação**

Este estudo está dividido em sete capítulos. O primeiro capítulo, o presente, apresenta uma breve introdução sobre o tema, mostrando o aumento da movimentação de contêineres no Brasil desde 2001. Mostra também a grande relevância do tema e a oportunidade do presente estudo, já que o investimento do governo federal na área portuária para os próximos cinco anos (2013 a 2017) é da ordem de R\$ 54,2 bilhões. Em seguida apresenta o objetivo do estudo, o método de trabalho a ser utilizado e a estrutura da dissertação.

No capítulo 2 é apresentada a metodologia desta aplicação de forma mais detalhada, incluindo o conceito de simulação de eventos discretos, com seus componentes e fases de elaboração e execução.

No capítulo 3 apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre o assunto, contendo uma coleção de estudos já realizados utilizando-se modelos de simulação em terminais marítimos de contêineres, com uma reflexão sobre esses estudos e sua utilidade para a elaboração do presente estudo.

O capítulo 4 apresenta o objeto da aplicação, com uma descrição da operação dos terminais marítimos de contêineres, apoiada em fluxos, tipos de equipamentos e áreas utilizadas. Apresenta também uma relação dos terminais de contêineres brasileiros, seus volumes movimentados e as características principais de cada um deles.

No capítulo 5 apresenta-se uma descrição do Terminal de Vila Velha e aplica-se uma ferramenta de simulação para se modelar a sua operação e avaliar os resultados da simulação dos cenários pré-definidos.

No capítulo 6 comparam-se os resultados obtidos no capítulo anterior e as conclusões que se pode retirar dessas comparações. Além disso, são apresentadas sugestões de trabalhos futuros em função desses resultados e as conclusões finais.

No capítulo 7 encontram-se as referencias bibliográficas utilizadas no presente estudo.

Por último, têm-se dois anexos: no Anexo 1 um glossário com os termos técnicos ou não próprios da área de terminais de contêineres; e no Anexo 2, há uma descrição mais detalhada do modelo desenvolvido juntamente com os parâmetros definidos e os indicadores de resultados que estão no modelo.

## 2. METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada no desenvolvimento desta dissertação baseou-se, inicialmente, em uma pesquisa bibliográfica e documental sobre o assunto (capacidade de terminais marítimos de contêineres utilizando simulação) para análise e avaliação do que foi desenvolvido a respeito. O resultado desta pesquisa está no Capítulo 3.

Em seguida, e para atender aos objetivos fixados, foi aplicada uma técnica da pesquisa operacional que trata de representar, em um modelo matemático, a realidade, ou um projeto, de uma determinada área operacional e/ou de sua logística, e através deste modelo fazer análises de comportamento em cenários diferentes. Esta técnica é a simulação por eventos discretos.

A simulação, segundo Casaca (2005), é uma ferramenta clássica da pesquisa operacional e foi aplicada a diferentes áreas da logística tais como estoques, *layout* de armazéns, sistemas de transporte etc. Muitas vezes ela é entendida como uma arte, pois envolve um processo criativo com inúmeros possíveis caminhos de desenvolvimento. Poucas vezes quem cria um modelo de simulação tem uma vivência ou experiência profunda da situação e da área modelada.

Para Ignacio (2009), o primeiro problema do uso dessa ferramenta requer uma abordagem mais dinâmica e focada para não se perder no detalhamento. O foco deve estar sempre no objetivo a ser alcançado com a modelagem. O que se deve ter em mente é verificar se o modelo responderá as questões que são suscitadas pelos objetivos, mesmo fazendo uso de simplificações na modelagem. A metodologia científica sugere que sempre se deva partir de hipóteses simples e ir modificando-as somente à medida que estas deixam de responder as questões relevantes (princípio de Occam ou lei de parcimônia). Deve-se evitar cair na tentação de se detalhar o modelo com objetos que não irão contribuir na busca dos objetivos.

Uma segunda característica dessa técnica é que os resultados da simulação dos modelos são realizações de um processo estocástico, ou seja, que contém distribuições probabilísticas (variabilidades). Modelagem é uma técnica para representar de forma simplificada a realidade, visando sempre buscar os objetivos, e responder a questões do tipo “*what if...?*”, ou “o que aconteceria se .... (descrição do cenário a ser simulado)?”. Mesmo não indicando uma solução ótima, a utilização da simulação fornece um apoio à decisão já que identifica gargalos no sistema e mostra melhor a relação entre as

variáveis dos processos. Além disso, permite que o sistema real seja estudado sem que sofra qualquer tipo de perturbação. O analista pode analisar o comportamento de qualquer situação que ache conveniente, seja ela possível ou não.

Em consequência do exposto, a técnica de simulação pode ser utilizada, com grande potencial, para:

- a) Apoiar o planejamento estratégico de portos, com análises dos efeitos de grandes variações de demanda (aumento ou diminuição), de configurações de equipamentos e instalações diferentes (novos equipamentos disponíveis, diminuição de oferta de caminhões internos etc.), de mudanças nas regras dos processos (alteração na regra de priorização de atracação/desatracação de navios) etc.;
- b) Apoiar o planejamento operacional da área portuária, com análises dos efeitos de capacidades diferentes (área de estocagem, de operação de equipamentos etc.), de diferentes rendimentos em uma dada configuração de equipamentos (disponibilidade, falhas, produtividade etc.), entre outros.

Assim, optou-se pela aplicação da técnica de modelagem e simulação para análise do estudo proposto, visto que os sistemas como o de um terminal portuário são complexos e dinâmicos, onde a aleatoriedade dos eventos e seus tempos de processo, assim como a grande quantidade de objetos com interação entre si, têm influencia significativa nos resultados. Segundo Brito (2009), para se modelar e simular é necessário ter uma boa compreensão do problema que está se estudando. Um modelo deve representar um sistema real ou um projeto, mas é preciso definir previamente quais serão os objetos, e as suas características, do sistema real que serão modelados para que se alcance o objetivo e o resultado desejado.

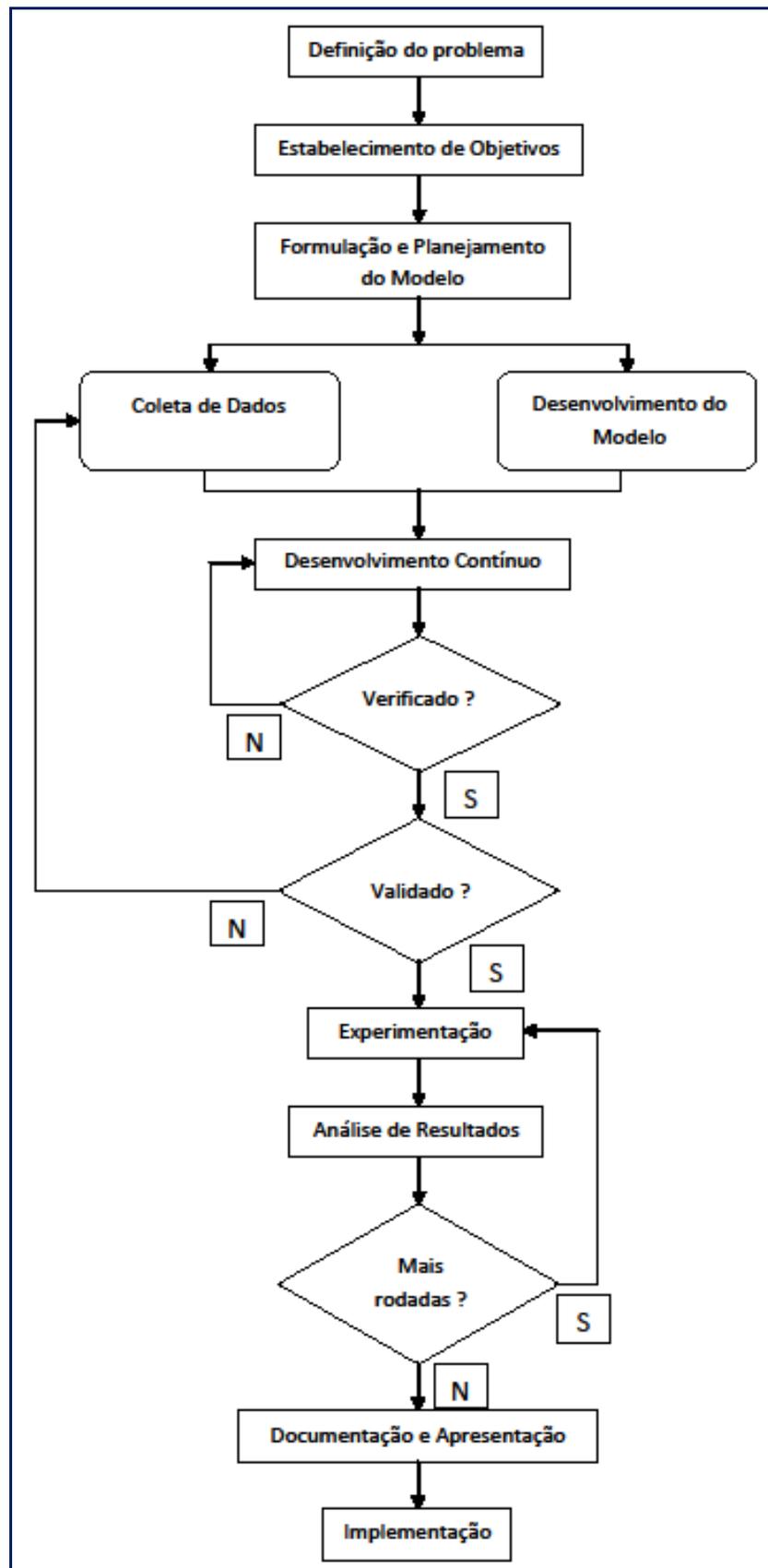
Para Gualda (1995), deve-se seguir as seguintes etapas de desenvolvimento para se ter um enfoque sistêmico:

- a) Identificação do sistema, do ambiente em que está inserido, de seus componentes, dos seus objetivos, dos recursos disponíveis e aspectos inerentes;
- b) Formulação do problema;
- c) Geração de alternativas para solução do problema;
- d) Avaliação das alternativas geradas.

O processo de construção de um modelo de simulação abrange várias etapas. Segundo Harrel (2002), elas podem ser representadas na figura 2.1 e são divididas em:

- a) **Definição do Problema e o Estabelecimento de Objetivos:** onde é definido de forma precisa e concisa o problema a ser estudado e os objetivos principais e secundários. A definição do problema pode ser mais difícil do que parece, pois os interessados (engenheiros, gerentes, pessoal operacional etc.) nos resultados do estudo têm interesses e expectativas diferentes nas informações geradas pelo modelo. Já os objetivos podem fluir naturalmente a partir da definição do problema, uma vez que o propósito de se executar uma experimentação com o modelo será sempre resolver o problema.
- b) **Formulação e Planejamento do Modelo:** contém a estrutura conceitual para o modelo, com a descrição do que será programado, ou seja, as atividades e regras a representar, os recursos que participam dos processos e os dados que deverão ser coletados sobre as atividades e os recursos. O plano para obtenção dos dados deve incluir quais são realmente os dados necessários, as fontes de informação e os meios para obtê-los, se já não estiverem disponíveis.
- c) **Coleta de Dados:** etapa onde são coletados os dados de fatos fundamentais, informações e estatísticas, muitas vezes chamados de “dados macro”. Essa coleta é um processo contínuo. À medida que o estudo de simulação progride, os dados macro estarão sendo incorporados ao modelo e a coleta de micro dados receberá atenção crescente. A partir dos dados obtidos são definidos os parâmetros das distribuições de probabilidades que estarão no modelo.
- d) **Desenvolvimento do Modelo:** o modelo iniciará como uma abstração conceitual do sistema, com crescentes níveis de detalhes adicionados na medida em que se procede ao seu desenvolvimento. A construção do modelo pode acontecer em paralelo ao da coleta de dados. Com a utilização ou não de uma linguagem de simulação parte-se de um modelo simples que atenda os objetivos para um onde se pode aumentar a sua complexidade, desde que seja necessário.
- e) **Verificação do Modelo:** etapa que assegura que o modelo funciona da maneira como o modelador pretendia. Ela é feita executando-se a simulação e monitorando-se de perto a sua operação. A animação e a colocação de contadores e outras variáveis na tela ajudam este processo.

- f) **Validação do Modelo:** é o processo de se assegurar que o modelo reflete a operação do sistema real em estudo. Ela é realizada em equipe com o modelador, potenciais usuários e outras pessoas familiarizadas com a operação real do sistema. Um dos métodos utilizados é a mudança nos dados de entrada para se determinar se o modelo responde da mesma forma que o modelo real. Outro método muito utilizado é o uso de dados de entrada históricos na execução do modelo. As saídas do modelo são então comparadas com as saídas históricas para se determinar se as saídas do modelo são suficientemente acuradas.
- g) **Experimentação:** com o modelo verificado e validado passa-se para a etapa de experimentação, ou seja, simular cenários diferentes para uma análise e comparação de alternativas.
- h) **Análise dos Resultados e Apresentação:** cada configuração do modelo e seus resultados de saída associados devem ser bem documentados. O armazenamento cuidadoso dos registros irá auxiliar o modelador a determinar não apenas que alternativa atinge o melhor resultado como também permitirá ao modelador observar tendências que podem sugerir alternativas adicionais a serem consideradas.
- i) **Implementação:** a implementação começa na verdade com o início do projeto de simulação. A efetividade de cada uma das etapas anteriores determina a extensão na qual as recomendações do estudo são colocadas em prática. Se o usuário final estiver ativamente envolvido na condução do processo, ele estará muito mais propenso a auxiliar na implementação da solução selecionada.



Fonte: Harrel (2002)

Figura 2.1 – Etapas em um estudo de simulação

### 3. MODELOS DE SIMULAÇÃO EM TERMINAIS MARÍTIMOS DE CONTÊINERES

Neste capítulo são mencionados vários estudos já realizados sobre terminais marítimos de contêineres, especialmente sobre a determinação de sua capacidade de movimentação, e também sobre modelos de simulação aplicados nessa área, que podem contribuir para a aplicação presente. Foram pesquisados 52 estudos entre artigos, livros, periódicos, dissertações e teses, sendo que 16 foram selecionadas e mencionadas a seguir.

Segundo Ignacio e Neves (2009), terminais portuários podem ser tratados como um processo complexo que envolve um número grande de objetos com inúmeras interações entre os sistemas e subsistemas, dificultando o tratamento analítico. E a simulação se torna a única saída viável para se avaliar a capacidade e desempenho de um porto.

Casaca (2005) descreve, em uma estrutura portuária abrangente, os subsistemas existentes tais como: portões (*gates*) de acesso ferroviário e rodoviário, pátios de armazenagem e berços (ancoradouros de navios). Seu estudo abrange principalmente a movimentação de contêineres utilizando uma modelagem complexa desenvolvida através de uma ferramenta de simulação.

Dragovi *et al* (2005) e Asperen *et al* (2003) estudam, através de vários modelos de simulação, o impacto de se atribuir prioridades de atracação para os tipos de navios. Como resultado principal verificou-se que atribuir prioridade para navios menores faz com que estes entrem na fila e afetam o tempo médio de cada embarcação. No estudo presente todos os navios não tem prioridade, ou seja, eles são atendidos conforme a ordem de sua chegada ao terminal, independentemente do seu tipo ou tamanho. Este poderia ser um desdobramento para estudos futuros utilizando-se a aplicação presente.

Chang (2005) e Tu e Chang (2006) analisaram, por meio de ferramenta de simulação, o impacto sobre os pátios de contêineres, modos de enfileiramento diferentes e modos de atracação dos navios, considerando a operação de navios de contêineres. No modelo de simulação da aplicação do presente estudo foi criada a possibilidade de se estudar os impactos considerando modos de enfileiramento de navios e do tipo de operação no mesmo. Mas, por limitações de tempo, as suas análises não foram levadas adiante, podendo ser objeto de estudos futuros também.

Ottjes *et al* (2007) e Duinkerken *et al* (2007) estudaram as diferentes características dos sistemas de transporte intermodal e sua interação com os equipamentos de manuseio de contêineres, com uso de simulação. No presente estudo foi considerado também a intermodalidade (marítimo e rodoviário) e o manuseio de contêineres dentro de um terminal marítimo.

Segundo Matrolilli *et al* (1998), Gambardela *et al* (1998) e Peixoto e Botter (2005) a utilização da simulação em estudos de terminais de contêineres tem sido muito utilizada para o processo de tomada de decisão no planejamento da capacidade e gerenciamento operacional desses terminais, o que pode ser comprovado nos dias de hoje se for observado o volume de trabalhos apresentados em congressos e simpósios dessa área.

Brito (2009) realizou um trabalho cujo objetivo principal era propor a implantação de um Terminal Regulador de Contêineres, na região de Cubatão, próxima ao Porto de Santos, utilizando um modelo de simulação. Esse terminal sugerido funcionaria como um pulmão logístico, favorecendo o porto e a própria carga. Com o modelo devidamente validado foram testados vários cenários com as possíveis configurações de operação desse terminal. A configuração proposta pelo modelo, obtido por meio de um processo iterativo e partindo-se de absorção de 5% do tráfego rodoviário que desce a serra rumo a Santos, foi a que contou com 9 equipamentos internos de movimentação com 7 posições de carregamento rodoviário e 7 posições para descarregamento rodoviário. Uma das conclusões que o trabalho teve foi da necessidade de equilíbrio do fluxo de entrada e saída de contêineres, o que pode ser obtido através do dimensionamento da frota de barcaças e locomotivas para realizarem a rota entre o terminal e os terminais do Porto de Santos. Outra conclusão é a viabilidade da operação desse terminal utilizando apenas os modos de transporte aquaviário e ferroviário entre ele e o Porto de Santos. Para o estudo presente este trabalho mostrou a importância da simulação na definição de uma configuração adequada para um terminal de contêineres.

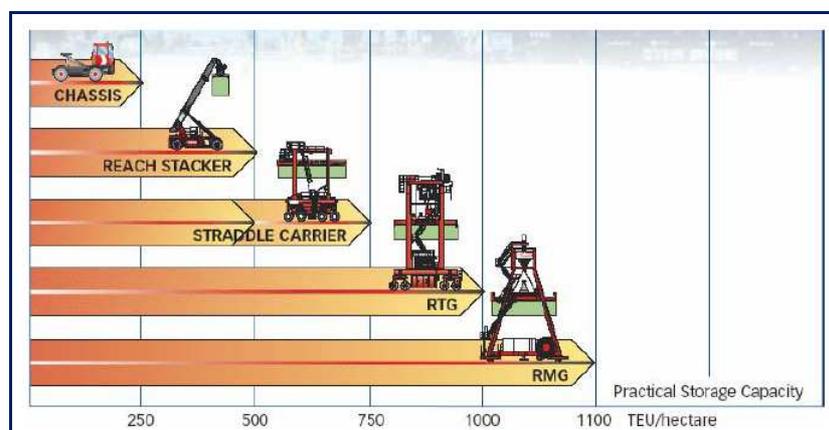
Novaes *et al* (2009) escrevem que antigamente a análise e estima dos tempos de espera dos navios em um porto eram realizados por um simples tratamento matemático através da teoria das filas. No entanto, com a evolução observada no transporte marítimo internacional, e também nos portos, a escolha do modelo de filas mudou acentuadamente. Vários fatores que geram tempos de espera dos navios não eram computados nos modelos de filas tradicionais, como, por exemplo, a impossibilidade de

um navio de maior porte não poder atracar de imediato, apesar de se ter um berço disponível, devido ao comprimento do seu casco ser maior do que a extensão disponível no cais. Uma forma de se contornar tais limitações é utilizar os modelos de simulação, com o envolvimento das características do navio, do cais e do processo de transferência de contêineres entre o navio e o pátio de armazenagem, representando melhor as condições atuais no dimensionamento do porto.

Huang *et al* (2007) fizeram uma comparação entre o uso de modelos de filas e de simulação, aplicados ao planejamento de terminais portuário de contêineres. O modelo de filas clássico subestimou os resultados, uma vez que os navios não são classificados por tamanho e comprimento, situação em que se separam os berços por tipo de embarcação. Essa separação dos berços por porte de navio pode ocorrer em portos com grande movimento, frequentados por navios convencionais e por navios de grande capacidade. Empregaram separadamente a simulação e o método analítico tradicional, estudaram dois cenários (com classificação e sem classificação). Com o método tradicional chegaram a resultados extremos (subestimado para modelos sem classificação e superestimado para modelo com classificação). Já com a simulação os autores estimaram os tempos de espera dos navios para situações intermediárias, conseguindo resultados melhores para representação das situações reais.

Guenther *et al* (2006) apresenta um estudo sobre o uso de simulação nas atividades de transporte em um terminal de contêineres automatizado. A grande quantidade de interações dinâmicas entre o manuseio, transporte e armazenamento de contêineres e um conhecimento incompleto sobre os futuros eventos constituem o sistema complexo de um terminal de contêineres. O planejamento logístico específico juntamente com as questões sobre os controles em um terminal são classificados segundo o nível de decisão (planta do terminal, planejamento da operação e controle em tempo real) e o tipo de equipamento de automação envolvido. Na simulação estudada as atividades de transporte no terminal são consideradas com o uso de veículos automatizados em diferentes modos de seu despacho. O modelo de simulação considerava as condições típicas de um ambiente automatizado no terminal. Os experimentos consideraram o relativo desempenho dos diversos modos de transporte e de estratégias de despacho, além do impacto das variações estocásticas nos tempos de manuseio e de transporte. Os principais meios de transporte e manuseio em um terminal de contêineres podem ser vistos na figura 3.1, com uma comparação entre os seus desempenhos. Desses tipos de

equipamentos somente o RMG pode ser ajustado para uma automação completa. No glossário encontramos definições e imagens desses equipamentos.



Fonte: Guenther *et al* (2006)

Figura 3.1 – Comparação de diferentes tipos de equipamentos de manuseio

Rios *et al* (2002) elaboraram estudo para identificar e selecionar as variáveis para o desenvolvimento de modelos de simulação para medir a capacidade de um terminal de contêineres, visando criar uma ferramenta para auxiliar o processo de tomada de decisão. Com as variáveis selecionadas foram criados dois modelos: um para simulação dos berços e outro para simulação da operação e movimentação de contêineres no pátio. As variáveis para o modelo de berço foram: número de berços, tempo de espera para atracação, tempo do navio no berço, taxa de ocupação dos berços, número de navios por ano, tempo médio de ocupação de navios no berço e tempo médio de operação de navios. Para o segundo modelo (movimentação no pátio) foram selecionadas: tempo médio de operação dos guindastes, tamanho do pátio para contêineres, tempo do contêiner de importação no pátio e tempo de contêiner de exportação no pátio. Todas essas variáveis foram consideradas no modelo do presente estudo, além de várias outras que podem ser consultadas no Anexo 2 (descrição do modelo desenvolvido com seus parâmetros e indicadores de resultados).

Como pode ser visto pelos trabalhos mencionados, a utilização de simulação na determinação do desempenho e capacidade de movimentação já foi amplamente estudada e vem sendo cada vez mais usada pelos gerentes de planejamento e operação desses terminais. No estudo presente a sua utilização especificamente no Terminal de

Vila Velha mostra a capacidade máxima de movimentação que esse terminal pode ter considerando ou não uma ampliação do número de recursos de baixo custo (*reach stackers* e caminhões internos).

#### 4. TERMINAIS MARÍTIMOS DE CONTÊINERES

Um terminal de contêineres tem como finalidade principal transferir o contêiner de uma modalidade de transporte (rodoviário ou ferroviário) para outra (aquaviário) e vice-versa. As funções de um terminal basicamente são: receber a carga, conferir a documentação, posicionar os veículos com a carga a ser transferida, providenciar o veículo para o qual será realizada a transferência, executar a operação, preparar a documentação de entrega e ordenar o transporte até o destino.

Os principais tipos de contêineres movimentados em um terminal são, com as suas respectivas imagens:

- a) Carga Geral (*dry sec*) para cargas secas em geral:



Fonte: Google (2013)

Figura 4.1 – Contêineres tipo Carga Geral (*dry sec*)

- b) Plataforma (*flat rack*) para cargas de formas diversas:



Fonte: Google (2013)

Figura 4.2 – Contêineres tipo Plataforma (*flat rack*)

- c) Tanque para transporte de carga líquida:



Fonte: Google (2013)

Figura 4.3 – Contêineres tipo Tanque para carga líquida

d) Ventilado (*dry granel*) para cargas sensíveis em transporte de grandes distancia:



Fonte: Google (2013)

Figura 4.4 – Contêineres tipo Ventilado

e) Teto aberto (*open top*) para carga a granel:



Fonte: Google (2013)

Figura 4.5 – Contêineres tipo Teto aberto (*open top*)

f) Refrigerados (*reefer*) para cargas que precisam de refrigeração:



Fonte: Google (2013)

Figura 4.6 – Contêineres tipo Refrigerados (*reefer*)

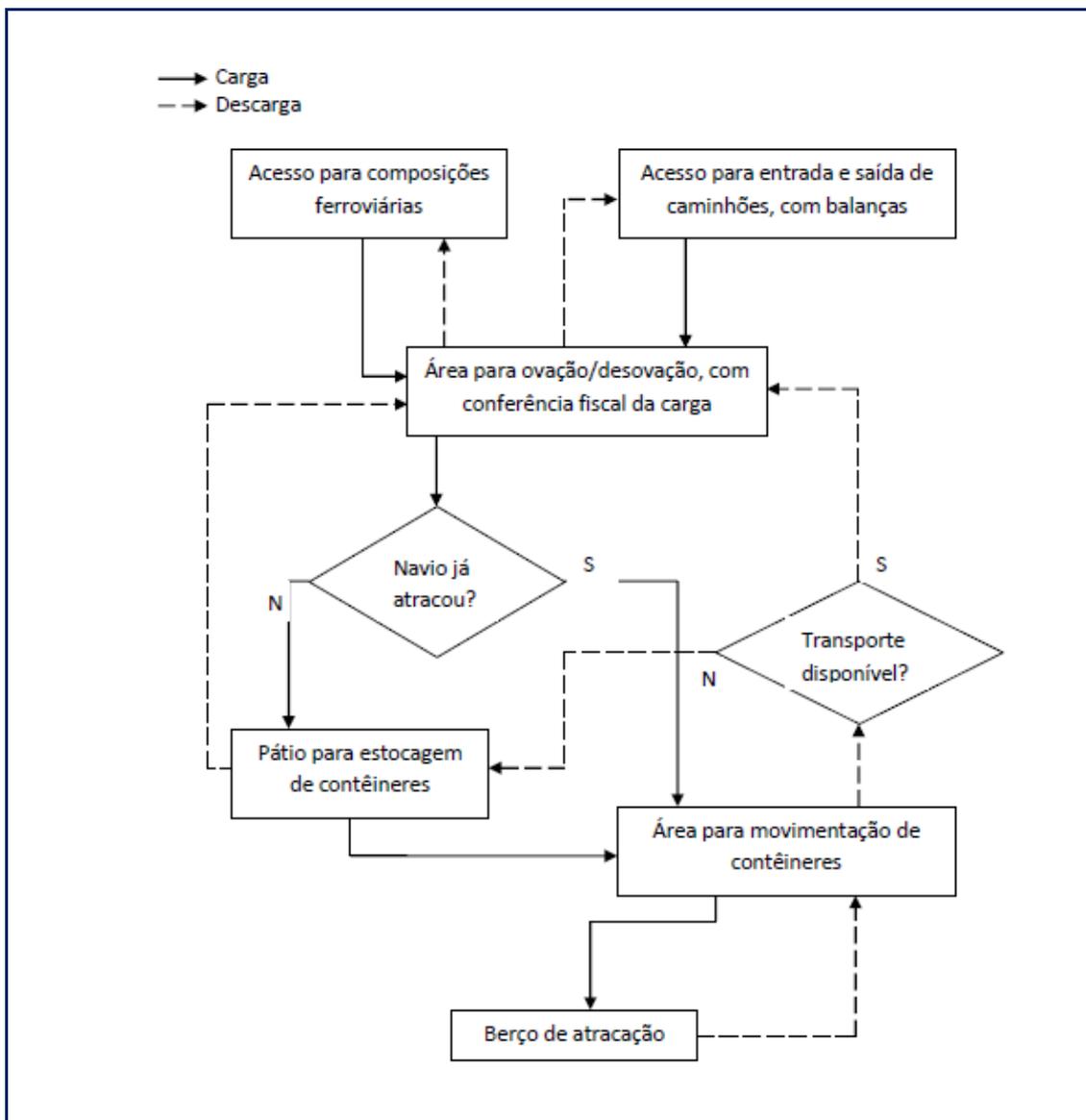
Os comprimentos dos contêineres são padronizados com diversos comprimentos, segundo a ISO 6346, mas os mais encontrados no mercado são os de 20 pés ou 40 pés. Neste estudo foi considerado somente contêineres com esses comprimentos.

O terminal aquaviário movimenta contêineres cheios e vazios, para importação ou exportação. Os principais componentes de um terminal de contêineres são:

- a) Acesso para entrada e saída de caminhões, com balanças para pesar o contêiner que entra ou sai do terminal;
- b) Acesso para composições ferroviárias, se for o caso;

- c) Área para ovação ou desovação de contêineres, com conferência fiscal da carga;
- d) Pátios para estocagem de contêineres cheios, vazios, refrigerados etc.;
- e) Área ao lado do berço para movimentação dos contêineres;
- f) Berço de atracação de navios.

A figura 4.7 mostra um esquema da movimentação dos contêineres dentro de um terminal.



Fonte: Elaboração própria

Figura 4.7 – Esquema da movimentação de contêineres dentro de um terminal

No acesso para entrada dos caminhões com contêiner pode existir um estacionamento externo ao terminal para a realização de operações preliminares antes da entrada do mesmo no terminal, tais como conferência da documentação e física do contêiner.

Por motivos operacionais e de capacidade, todo terminal tem um limite na quantidade de veículos que podem operar simultaneamente no seu interior. Os veículos precisam ter espaços para manobras e para sua circulação. Caso esse limite seja atingido, outros caminhões irão aguardar em filas fora do terminal até que possam entrar para realizar suas tarefas. Isso pode afetar significativamente a quantidade de caminhões que aguardam a sua entrada e estejam em um estacionamento externo.

Uma maneira prática de melhorar a eficiência das operações do terminal de contêineres, segundo Lee (2009), é identificar e resolver uma série de problemas de otimização. Em geral, estes incluem os seguintes problemas: alocação de berços, programação dos guindastes do cais, agendamento de caminhões de pátios, programação do guindaste do pátio e alocação de armazenamento.

#### **4.1. Panorama geral dos terminais marítimos de contêineres no Brasil**

Neste item é apresentado um panorama geral do transporte de contêineres no Brasil que passam por terminais marítimos. O objetivo é comparar o Terminal de Vila Velha, escolhido para a aplicação da ferramenta de simulação pela facilidade em obtenção de dados, entre outros motivos, em relação aos demais terminais marítimos de contêineres.

Inicialmente foi feita uma consolidação dos principais terminais marítimos brasileiros e em seguida relacionados os volumes movimentados e as características principais de cada terminal.

Os terminais de contêineres podem estar dentro de um porto organizado ou de uma instalação portuária de uso privativo. Segundo a Lei Nº 8.630, de 25 de fevereiro de 1.993, considera-se Porto Organizado o construído e aparelhado para atender as necessidades da navegação e da movimentação e armazenagem de mercadorias, concedido ou explorado pela União, cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição de uma autoridade portuária. E também se considera Instalação Portuária de Uso Privativo a explorada por pessoa jurídica de direito público ou privado, dentro ou fora da área do porto, utilizada na movimentação e ou armazenagem de mercadorias destinadas ou provenientes de transporte aquaviário.

A Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ, criada pela Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001, é uma entidade integrante da Administração Federal Indireta, submetida ao regime autárquico especial, com personalidade jurídica de direito público, independência administrativa, autonomia financeira e funcional, vinculada ao Ministério dos Transportes e à Secretaria de Portos da Presidência da República. Entre suas atribuições está a regulação e supervisão das atividades de prestação de serviços e de exploração da infraestrutura de transportes, exercidas por terceiros, especialmente os portos organizados e terminais portuários privativos.

A ANTAQ, como parte de suas atribuições, registra a movimentação de cargas nos portos e terminais brasileiros. Isso inclui as cargas transportadas dentro de contêineres.

Considerando os dezessete maiores terminais para contêineres, a quantidade movimentada de contêineres, entre os anos de 2001 e 2011, é mostrada na tabela 4.1. Como a ANTAQ não fornece em seu site as quantidades separadas por terminal, foi considerada a proporção obtida no site da ABRATEC (2012) para os terminais que estão no mesmo porto, mesmo sabendo-se que a quantidade total de cada porto é diferente nesses dois sites.

Tabela 4.1: Quantidade de contêineres movimentados nos terminais

PORTO	NOME DO TERMINAL	Quantidade de Contêineres (unidades - box)										
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
SANTOS	TECON 1 - SANTOS BRASIL	257.287	331.523	471.474	528.580	676.077	769.197	835.714	838.242	694.710	895.943	969.435
	LIBRA	310.258	340.732	367.980	425.443	495.790	540.075	518.142	574.604	471.892	483.398	499.717
	TECONDI	37.836	55.254	80.496	141.814	150.239	163.659	183.857	209.690	185.059	258.357	311.788
	RODRIMAR	-	-	-	64.461	135.215	130.927	117.000	122.677	121.954	119.505	134.058
RIO DE JANEIRO	LIBRA RIO	73.784	84.373	101.561	123.563	124.180	126.725	138.405	141.300	119.801	107.698	131.323
	MULTIRIO	113.989	118.343	137.441	133.196	112.840	115.498	135.782	147.759	118.852	108.395	147.760
ITAGUAÍ	SEPETIBA TECON	10.925	12.961	17.403	87.992	127.166	177.286	162.794	196.145	143.867	87.122	126.676
VITÓRIA	TERMINAL DE VILA VELHA	72.203	103.482	114.125	145.871	168.088	192.197	203.600	197.864	152.989	179.831	200.836
RIO GRANDE	TECON RIO GRANDE	211.577	264.105	312.035	339.821	393.925	356.404	356.415	359.354	377.030	393.752	382.933
PARANAGUÁ E ANTONINA	TCP- TERMINAL DE CONTÊINERES DE PARANAGUÁ	161.672	155.200	182.644	224.864	245.789	290.941	341.472	340.552	359.251	315.454	396.933
ITAJAÍ	TECONVI	142.191	192.496	254.526	318.240	360.597	385.617	374.524	270.980	109.327	223.219	258.262
SÃO FRANCISCO DO SUL	TESC - TERMINAL DE SANTA CATARINA	112.633	160.187	172.571	186.147	178.111	165.168	191.722	150.013	118.070	74.604	120.750
SUAPE	TERMINAL DE CONTÊINERES DE SUAPE - TECON	49.708	69.556	38.217	84.538	108.869	116.261	158.291	200.663	162.496	217.085	274.396
SALVADOR	TECON SALVADOR	68.005	87.454	107.762	121.986	131.652	142.289	144.192	162.650	149.568	150.292	154.914
VILA DO CONDE	CONVICON	-	-	1.834	9.530	20.668	19.363	17.690	14.169	16.772	18.765	20.637
TUP SUPER TERMINAIS-AM	TUP SUPER TERMINAIS-AM	-	-	-	-	-	65.364	67.931	81.432	52.352	124.257	185.334
PECÉM - CE	PECÉM - CE	-	-	-	-	-	68.893	83.306	93.750	85.973	103.252	114.933
	TOTAL	1.572.361	1.906.110	2.321.852	2.851.508	3.320.337	3.709.603	4.030.837	4.101.844	3.439.963	3.860.929	4.430.686

Fonte: Elaboração própria a partir de ABRATEC (2012) e ANTAQ (2012)

Na figura 4.8 pode-se visualizar a evolução do transporte de contêineres por terminal e no total ao longo dos anos de 2001 a 2011.

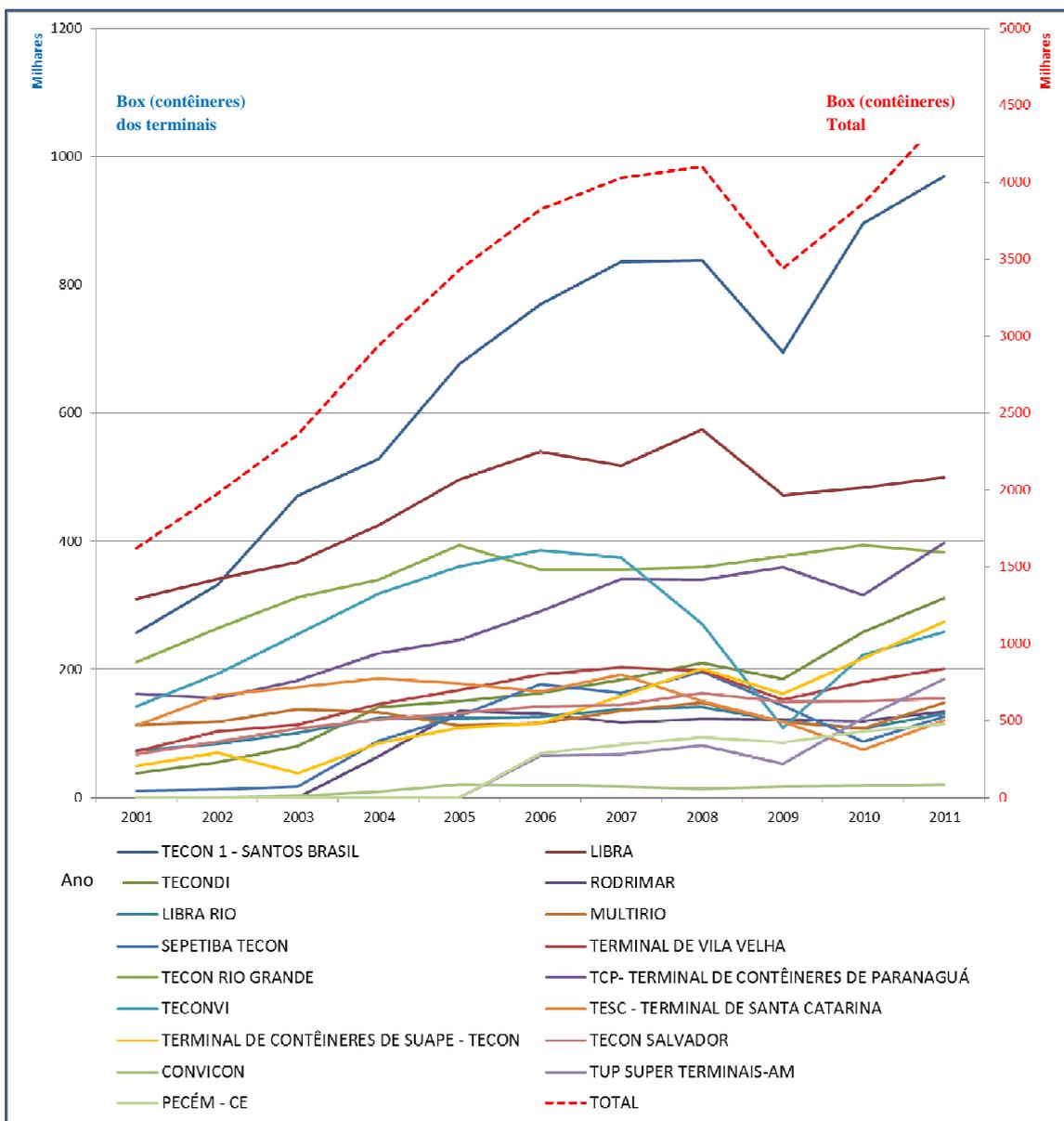
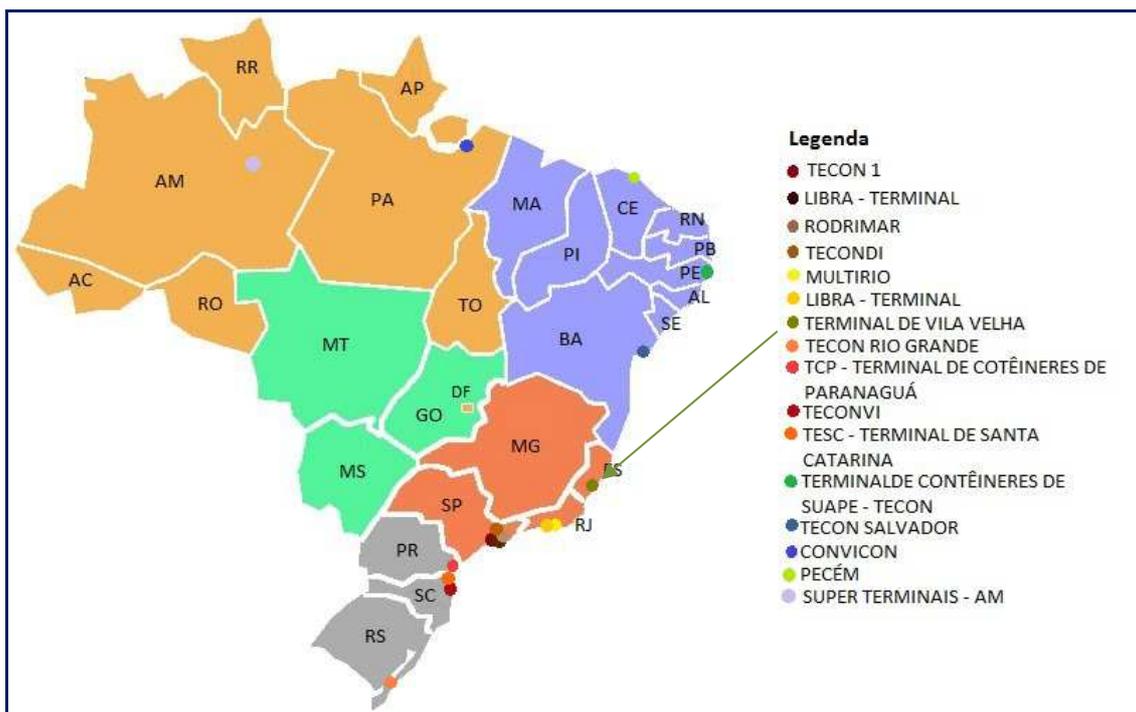


Figura 4.8: Evolução do transporte de contêineres por terminal e total (box)

Pelo gráfico acima se pode ver que o total de contêineres movimentados no Brasil vem crescendo ao longo dos últimos anos, conforme já mencionado anteriormente (linha azul pontilhada). Em 2009 houve uma queda devido à crise econômica mundial, mas com recuperação em 2011.

Para uma melhor visualização de sua localização no Brasil, foi elaborado o mapa mostrado na figura 4.9.



Fonte: Elaboração própria  
 Figura 4.9 – Localização dos terminais marítimos de contêineres

#### 4.2. Características dos terminais marítimos de contêineres no Brasil

Para uma melhor comparação do Terminal de Vila Velha, terminal objeto da aplicação da ferramenta de simulação neste estudo, em relação aos demais terminais brasileiros de contêineres, são relacionadas, na tabela 4.2, um resumo das suas principais características.

Tabela 4.2: Características principais dos terminais brasileiros de contêineres

REGIÃO	PORTO	NOME DO TERMINAL	CARACTERÍSTICAS			
			BERÇO			ÁREA TOTAL (m <sup>2</sup> )
			QUANTIDADE (unidades)	PROFUNDIDADE (m)	EXTENSÃO (m)	
SUDESTE	SANTOS	TECON 1	4	13	980	596.000
		TERMINAL 37 - LIBRA	3	13,3	1.085	155.000
		TECONDI	3	12,2	703	150.000
		RODRIMAR	2	12,2	325	70.000
	RIO DE JANEIRO	LIBRA-TERMINAL 1	3	13	545	136.000
		MULTIRIO	2	13	533	185.000
	ITAGUAÍ	SEPETIBA TECON	3	14,5	810	400.000
<b>VITÓRIA</b>	<b>TERMINAL DE VILA VELHA</b>	<b>2</b>	<b>10,67</b>	<b>450</b>	<b>113.500</b>	
SUL	RIO GRANDE	TECON RIO GRANDE	3	12,5	900	829.685
	PARANAGUÁ E ANTONINA	TCP- TERMINAL DE CONTÊINERES DE PARANAGUÁ	2	12	564	332.000
	ITAJAÍ	TECONVI	4	10,5	1.035	180.000
	SÃO FRANCISCO DO SUL	TESC - TERMINAL DE SANTA CATARINA	1	10	225	34.000
NORDESTE	SUAPE	TERMINAL DE CONTÊINERES DE SUAPE - TECON	2	15,5	660	280.000
	SALVADOR	TECON SALVADOR	2	12	617	118.000
	PECEM	PECEM	6	15 - 15,5	763	396.250
NORTE	VILA DO CONDE	CONVICON	1	13	254	103.000
	MANAUS	SUPER TERMINAIS	2	35 - 50	360	104.000

Fonte: Elaboração própria a partir de ABRATEC (2012) e ANTAQ (2012)

Comparando-se as tabelas 4.1 e 4.2 pode-se ver que o maior terminal em área total é o de Rio Grande, mas a sua movimentação de contêineres, em 2011, o classifica em 4º lugar. Já o maior terminal em termos de movimentações é o Tecon 1, em Santos, com uma área que o coloca em 2º lugar.

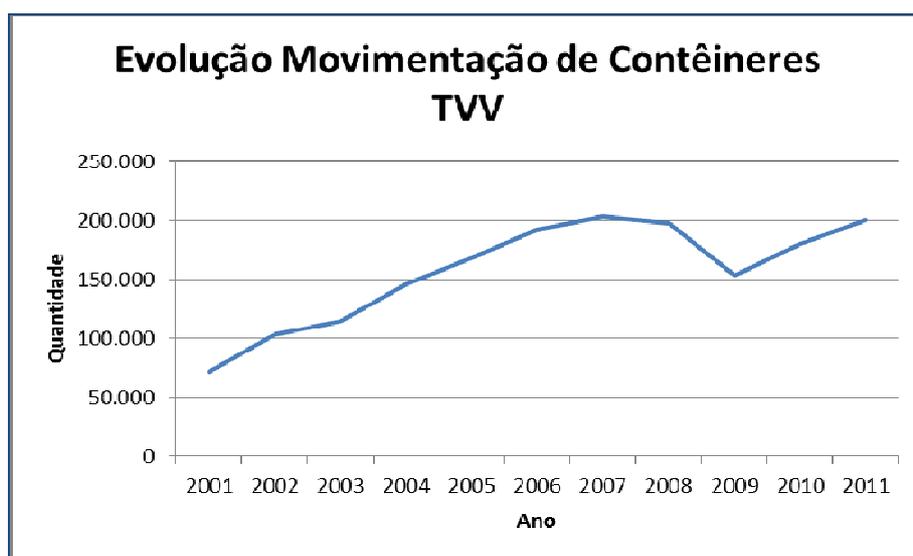
Para a presente dissertação foi selecionado o Terminal de Vila Velha (TVV), localizado no Porto de Vitória. Ele representa o 12º maior porto em área total, com operação de contêineres e o 8º terminal em número de contêineres movimentados em 2011. A sua localização é privilegiada, pois pode atender a região centro-norte de Minas Gerais (Belo Horizonte está a 530 km por rodovia), Espírito Santo e sul da Bahia.

O principal motivo da escolha do TVV foi a facilidade de obtenção de dados internos e de suas regras de operação, o que ajudou bastante o desenvolvimento do presente estudo.

### 4.3. Descrição do Terminal de Vila Velha

O Terminal de Vila Velha (TVV) é operado pela Log-In Logística Intermodal S.A., empresa de capital aberto, cujo maior acionista é a Vale S.A com 31,3% das ações. Hoje ela opera com serviços de carga e descarga de contêineres, carga geral, granito, carga de projeto, produtos siderúrgicos e veículos. Apesar de possuir uma linha férrea que chega até o interior de suas instalações, a utilização desse modo de transporte deixou de ser feita há mais de dois anos. No entanto, no planejamento estratégico da empresa, vislumbra-se voltar a utilizar esse modo para transporte de contêineres e granito.

Segundo ABRATEC (2012), o TVV possui uma área de 113.500 m<sup>2</sup> com 13.500 m<sup>2</sup> de área coberta, 450 m de comprimento dos dois berços e um calado máximo de 10,67 m. Conta com 3 guindastes com capacidade de 40 t cada, 3 Porteineres Panamax com capacidade de 40.6 t cada, 3 transtêineres sobre pneus com capacidade de 40 t, 1 transtêiner sobre trilho com capacidade de 30 t, 2 guindastes *takraf* com capacidade de 40 t cada, 7 *Reach stackers* com capacidade de 35 e 40 t e diversas empilhadeiras. Este penúltimo tipo de equipamento (*Reach stackers*) oferece grande flexibilidade em comparação a outros métodos de movimentação, pois possuem elevada capacidade de deslocamento combinada à velocidade de operação de carga e descarga de contêineres.



Fonte: Elaboração própria a partir de TVV (2012)

Figura 4.10– Evolução da movimentação de contêineres no Terminal de Vila Velha – TVV

Pela figura 4.10, a quantidade de contêineres movimentados nos anos posteriores a 2009 (crise econômica mundial) aumentou chegando, em 2011, a valores em torno do movimentado em 2008.

#### **4.4. Método empregado**

A produção de um terminal de contêineres depende fundamentalmente da utilização eficiente de mão-de-obra, espaço físico e equipamentos. Por isso, o comprimento total do cais, a área do terminal, o número de guindastes de cais, o número de pórticos nos pátios são os elementos mais adequados para serem incorporados nos modelos como variáveis de entrada. Em função da indisponibilidade ou falta de confiabilidade dos dados, informações sobre os insumos são derivadas a partir de uma relação pré-determinada e correlacionada às instalações do terminal. É importante notar que qualquer relação pré-determinada, não é de aplicação geral a todos os tipos de portos com diferentes características de produção. Também é perigoso aplicar esta relação aos portos de contêineres em diferentes escalas de produção por causa de configurações diferentes de equipamentos e mão-de-obra empregada. Por outro lado, o fluxo de contêineres é inquestionavelmente o mais importante e mais amplamente aceito indicador de saída do terminal.

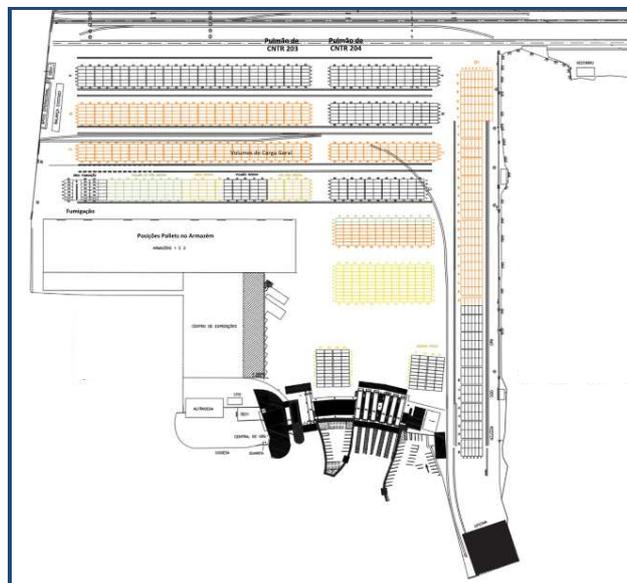
Uma vista aérea do terminal é mostrada na figura 4.11.



Fonte: TVV (2012)

Figura 4.11: Vista aérea do Terminal de Vila Velha - TVV

O *layout* utilizado para o modelo foi fornecido pela própria TVV e encontra-se na figura 4.12. Nele pode-se ver que o pátio foi subdividido em 12 áreas de armazenagem de contêineres.



Fonte: Elaboração própria a partir de TVV (2012)

Figura 4.12 – *Layout* do Terminal de Vila Velha

Hoje a TVV tem limitações físicas para eventuais expansões de área. No lado direito do terminal, como pode ser visto na figura 4.11, existe um morro como limite. No lado

esquerdo encontra-se a CODESA, terminal que opera com produtos agrícolas. Assim, com esses limitadores, a TVV pode operar com somente seus atuais 2 berços.

Como a operação de um terminal de contêineres apresenta muitas interdependências entre os seus processos e a utilização de seus recursos (portaineres, guindastes, *reach stackers*, caminhões internos etc.) é muito disputada por esses mesmos processos, fica praticamente impossível saber qual a capacidade máxima de movimentação do terminal sem a utilização de ferramentas que simulem as suas operações de forma adequada. Com a utilização de um software de simulação, no caso o escolhido foi o ProModel versão 8.6, criou-se um modelo que representa a operação atual do TVV. Com esse modelo, já devidamente validado e calibrado, foi simulada a situação atual (que apresentou resultados muito próximos dos hoje obtidos na realidade) e mais 3 outros cenários, conforme abaixo:

- a) Cenário 1: situação atual para servir como referência para comparação com os demais cenários;
- b) Cenário 2: mantendo-se a mesma demanda de carga (importação e exportação de contêineres), a quantidade de recursos de baixo custo (caminhões internos, *reach stackers* etc.) foi aumentada de tal forma que sempre haverá estes tipos de recursos disponíveis quando houver algum serviço que os requisitam. Neste cenário, podemos estimar o ganho de produtividade e o volume de movimentações de contêineres durante 12 meses, considerando investimentos em recursos de baixo custo;
- c) Cenário 3: mantendo-se a mesma quantidade de recursos de baixo custo (caminhões internos, *reach stackers* etc.), foi aumentada a demanda de carga (importação e exportação de contêineres) de tal forma que sempre haverá um navio na barra pronto para ser atracado em um berço disponível. Com isso podemos estimar qual a capacidade máxima de movimentação de contêineres do terminal sem haver investimentos nesses recursos;
- d) Cenário 4: aumentando-se a quantidade de recursos de baixo custo (caminhões internos, *reach stackers* etc.), de tal forma que sempre haverá estes tipos de recursos disponíveis quando houver algum serviço que os requisitam, foi aumentada a demanda de carga (importação e exportação de contêineres) de tal forma que sempre haverá um navio na barra pronto para ser atracado em um

berço disponível. Com isso podemos estimar qual a capacidade máxima do terminal considerando investimentos nesses recursos;

O objetivo do cenário 2 é verificar se existe algum gargalo na operação que venha da falta de equipamentos de baixo custo. Mantendo-se a demanda atual (chegada de navios com quantidade de contêineres a serem importados ou exportados segundo um histórico recente) e disponibilizando uma quantidade muito alta de equipamentos de baixo custo, pretende-se verificar se houve um aumento da produtividade do terminal em comparação com o cenário 1.

O objetivo do cenário 3 é verificar qual a capacidade máxima de operação do terminal mantendo-se os equipamentos atuais e fazendo-se chegar navios, com características e quantidade de contêineres a serem movimentados semelhantes aos que chegam normalmente, de forma contínua.

O objetivo do cenário 4 é verificar qual a capacidade máxima de operação do terminal tendo uma quantidade muito alta de equipamentos de baixo custo e fazendo-se chegar navios, com características e quantidade de contêineres a serem movimentados semelhantes aos que chegam normalmente, de forma contínua. Esta seria a capacidade máxima de operação do terminal sem grandes investimentos.

Para os cenários 3 e 4 foi criado um módulo de criação de navios na barra de tal forma a que se tenha sempre um navio aguardando a sua atracação. Isso faz com que não se tenha uma espera pela chegada de navios na barra. As características desses navios são definidas através de sorteio das probabilidades de cada uma, ou seja, cada característica do navio que vai atracar teve uma curva de distribuição de probabilidades definida a partir do histórico dos navios atracados não últimos dois anos.

## **5. APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO DINÂMICA NA OPERAÇÃO DO TERMINAL DE VILA VELHA**

### **5.1. Simulação das operações do Terminal de Vila Velha (TVV)**

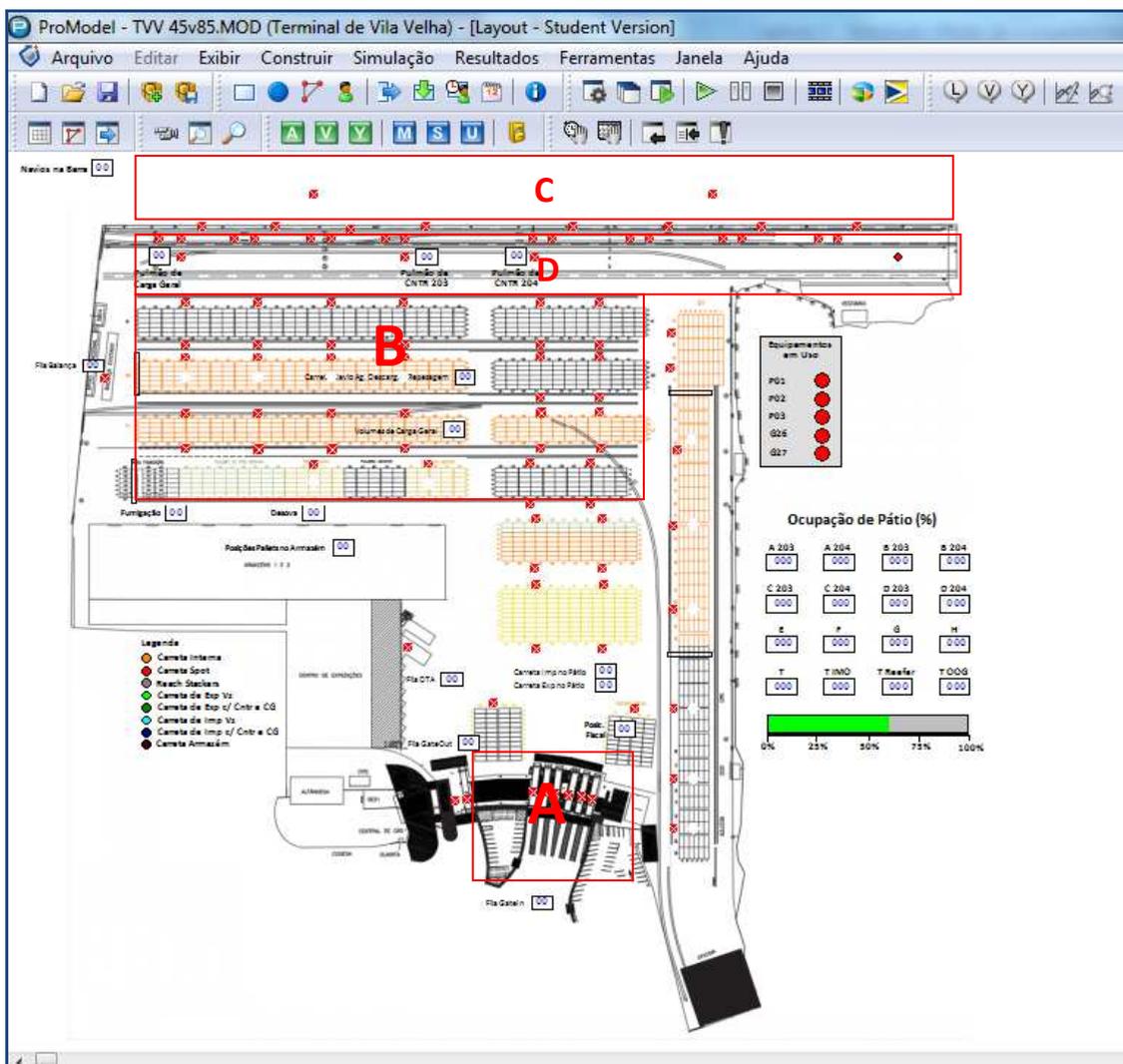
Foi desenvolvido um modelo, com detalhamentos relevantes para os resultados obtidos, que represente as operações do Terminal de Vila Velha (TVV). Com esse modelo pode-se obter, a partir da sua simulação, indicadores como: capacidade máxima de operação, gargalos operacionais, taxas de utilização dos recursos, entre outros. Como escopo foi considerado as operações que envolvem contêineres:

- a) Entrada e saída de caminhões pelos *Gates*;
- b) Pesagem dos caminhões com contêineres;
- c) Armazenagem em pátios;
- d) Movimentações de carga containerizada, unitização e desunitização de carga (ova e desova);
- e) Posicionamento para vistoria.

A modelagem seguiu as etapas definidas no fluxograma da figura 2.1. Essas etapas estão descritas ao longo deste e do próximo capítulo e também no Anexo 2.

Para tornar a simulação do modelo mais flexível, vários dados de entrada foram parametrizados em um arquivo Excel. Assim, podem-se alterar os valores desses parâmetros, criando-se um novo cenário, e iniciar uma nova simulação. Os resultados assim obtidos podem, então, ser comparados com os de outro cenário.

O *layout* do modelo é mostrado na figura 5.1.



Fonte: Elaboração própria  
 Figura 5.1 – Layout do modelo de simulação do Terminal de Vila Velha

Na região assinalada com a letra A encontram-se as portarias de entrada e saída. Na região B tem-se parte da área de armazenagem de contêineres. Na região C, o costado. E na D, os dois berços do píer.

Os indicadores desejados para o presente estudo são:

- Produtividade, em movimentos de contêineres por hora, na operação de carga e descarga de contêineres com navio atracado;
- Utilização dos recursos (*Reach stackers* e caminhões internos);
- Capacidade de movimentação de contêineres de todo o terminal portuário, considerando os recursos de baixo custo atualmente disponíveis e, em outro cenário, sem essa limitação na sua quantidade.

Como visto anteriormente, a abordagem que se faz utilizando um modelo de simulação é do tipo “o que acontece se...? (*what if...?*)”. Então, a questão agora é como se chegar a uma indicação de algum valor para a capacidade do terminal, analisando-se os resultados de cenários de simulação. Uma das possibilidades para se determinar a capacidade do terminal é, a partir de uma determinada configuração de equipamentos (quantidade de unidades, capacidades nominais e efetivas, taxas de quebras e de manutenção preventiva etc.), submeter o modelo a uma demanda crescente de manuseio de carga e analisar o comportamento das taxas de ocupação dos berços e pátios. Em especial a taxa de ocupação de berço é uma das quais os especialistas em operação portuária tem grande sensibilidade e nas quais estabelecem metas operacionais.

Cada cenário foi simulado por um período de 26 semanas (6 meses). Inicialmente, pretendia-se simular por 52 semanas, mas como não há sazonalidade, foi diminuído este período para a metade tendo em vista o tempo de processamento da simulação ser relativamente alto. Cada cenário foi simulado com 5 ou 10 replicações, pois foi verificado que não havia variações significativas nos resultados com mais replicações.

No Anexo 2 encontra-se uma descrição do modelo desenvolvido com seus parâmetros e indicadores de resultados. Na descrição tem-se uma visão geral do modelo de simulação com as definições do escopo, das janelas de atracação, das operações internas do terminal (desova, fumigação, posicionamentos diversos dos contêineres etc.), dos serviços secundários (repesagem, revisão de lacre, *house keeping* etc.), dos locais específicos (*gates*, quadras, balanças, costado etc.) etc. Nos parâmetros tem-se as características e informações dos navios, pátios, recursos, manutenção preventiva e corretiva, custos operacionais, situação inicial dos pátios etc. Nos indicadores de resultados tem-se, entre outros, tempos nos *gates*, filas internas nos diversos setores, histogramas dessas filas, utilização de: berços, pátios, *gates*, equipamentos de pátio, costado etc.

## **5.2. Simulação da situação atual do TVV – cenário 1**

A simulação deste cenário serviu para validar o modelo, pois os valores dos parâmetros utilizados representam a situação atual do TVV. Os resultados obtidos na simulação foram comparados com os reais, obtendo-se uma boa aproximação dos mesmos. Para a simulação deste cenário 1 foram usados os seguintes principais parâmetros:

a) Chegada de navios: utilizou-se o conceito de janelas de atracação representando os contratos existentes hoje entre o TVV e as companhias de navegação. Esses contratos garantem uma regularidade de atracação de navios para o terminal. E para a companhia de navegação garante que o berço estará disponível para atracação de um navio da sua frota na janela contratada, normalmente um período de 24 horas dentro da semana. Na figura 5.2 tem-se uma vista parcial da planilha contendo os dados das janelas de atracação contratados e em operação hoje no TVV. Pode-se ver também as curvas de distribuição com a quantidade de contêineres de 20 e de 40 pés. A cada chegada de navio é realizado um sorteio para se determinar a quantidade de cada contêiner por tamanho e por tipo de serviço (importação ou exportação).

Navios										Carga			
Serviço	Prioridade	Berço	Dia da Semana	Hora de Início da Janela	Duração da Janela (h)	Atracações / Ano	Chegadas na Janela	Tempo de Atraso (dias)	Tamanho do Navio (m)	Tipo de Serviço	Tipo	Quantidade (20 Feet)	Quantidade (40 Feet)
SAS LOGIN	10	203	Quinta	7	24	1	100%	0.00	212.93	Importação	Cheio	23	75
										Exportação	Vazio	0	0
										Restow	Cheio	0	0
											Vazio	0	70
MSC EUROPA	10	203	Sexta	7	24	49	76%	W(2.88, 2.22)-1	182.53	Importação	Cheio	$128+825^{*}1/(1-EXP(-NO(1)-1.63)/(1.28)))$	$80+PE(2.81, 9.23, 336)$
										Exportação	Cheio	$483^{*}1/(1-EXP(-NO(1)-1.0-969)/(1.39)))$	$TI-1, 43.6, 138)$
										Restow	Vazio	W(0.909, 2.88)	$B(0.71, 0.955, 0, 164)$
												$B(1.26, 20.6, 0, 118)$	
MSC USA/HAPAG	10	204	Segunda	7	24	49	65%	$1.31^{*}1/(1/(U(0,0,0,5)-1))^{*}1/(0.988-1)$	219.90	Importação	Cheio	$(1/3.55e-002)^{*}(LN(U(0,0,0,5)))^{*}(-1/(1.15))$	$(1/1.23e-002)^{*}(LN(U(0,0,0,5)))^{*}(-1/(2.57))$
										Exportação	Cheio	$B(0.784, 2.12, 0, 790)$	0
										Restow	Vazio	$B(4.01, 7.79, 50, 827)$	$3+H(1.46, 33.3)$
												$B(4.03, 38.2, 0, 25.1)$	$W(1.72, 97.3)$
												$B(0.989, 7.16, 0, 198)$	
NCX MAERSK	10	204	Terça	13	18	34	88%	$T(0.8854, 2.3550, 5.1875, 1)$	223.17	Importação	Cheio	$L(146, 46.4)$	$L(196, 52.3)$
										Exportação	Cheio	$B(1.43, 0.752, 0, 64)$	0
										Restow	Vazio	$97^{*}1/(1/(U(0,0,0,5)-1))^{*}1/(3.36)$	$W(0.968, 26.6)$
												$B(0.471, 1.0, 247)$	$B(0.707, 1.0, 340)$
												$B(0.932, 9.81, 0, 166)$	
ANS	10	204	Quarta	8	22	49	53%	W(2, 2.42)	222.06	Importação	Cheio	$W(2, 23.6)$	$PS(9.41, 322)$
										Exportação	Vazio	$W(1.94, 143)$	$10.3^{*}1/(1/(U(0,0,0,5)-1))^{*}1/(1.44)$
										Restow	Cheio	$B(2.28, 1.93, 33, 261)$	$B(0.705, 1.44, 0, 79)$
												$G(2.04, 2)$	$W(0.919, 23.4)$
												$B(1.06, 266, 0, 2.65e+003)$	
ALIANÇA	10	204	Quinta	7	24	42	57%	$G(7.23, 3.09)-1$	185.37	Importação	Cheio	$B(1.2, 1.98, 0, 317)$	$W(2, 191)$
										Exportação	Vazio	$B(1.37, 4.76, 0, 318)$	0
										Restow	Cheio	$170^{*}1/(1/(U(0,0,0,5)-1))^{*}1/(5.01)$	$PE(1.36, 20.6, 334)$
												$4.32^{*}1/(1/(U(0,0,0,5)-1))^{*}1/(1.44)$	$TI-1, -1, 369)$
												$B(1.18, 8.89e+005, 0, 9.45e+006)$	

Fonte: Elaboração própria  
 Figura 5.2 – Planilha contendo as janelas de atracação do cenário 1

b) Recursos: em uma planilha (figura 5.3) estão definidas a quantidade e algumas características dos recursos que estão operando neste cenário, ou seja: 6 reach stackers, 10 carretas internas, 10 operadores etc. estes recursos podem ter a sua quantidade alterada entre os cenário estudados. Já outros recursos terão a mesma quantidade em operação para todos os cenários, entre eles: 3 portaineres, 2 guindastes, 3 RTG e 1 RMG.

Equipamento	Quantidade	Consumo (l/h)	Custo (R\$/h)	Veloc. (m/min)	Veloc. (km/h)
Portêñeres	3				
Guindastes	2				
RTG	3	1	R\$ 1,25		
RMG	1	1,2	R\$ 2,22		
Reach Stackers	6	2	R\$ 3,70		
Carretas Internas	10	1,5	R\$ 2,78	367	22
Carretas Internas Spot				367	22
Carretas Externas				367	22
Operadores	10				

Operação de Exportação	Capacidade
Entr. de 20 pes	1

Equipamento/Operação	Ternos	Retirada OTC	Retirada	Retirada Vazio	Retirada DTA	Recepção	Desova e HK	Posic. Fiscal	Reposagem	Lacre
Reach Stackers	99	90	80	76	73	70	60	50	50	40
Carretas Internas	99						60	50	50	

Operação	08	07	06	05	04	03	02	01
Contr. Cheio	1	1						
Embarque Direto						1		
Granhio			1					
Carreta V2 p/ Retirada	1	1						
Carreta V2 p/ Descarga Direta						1		
Carreta V2 p/ Carga Geral								1

Fonte: Elaboração própria

Figura 5.3 – Planilha contendo as definições de recursos utilizados no cenário 1

c) Dados Gerais: outros parâmetros foram utilizados nos cenários. Contudo, com exceção dos parâmetros dos itens *a* e *b* acima, os seus valores foram mantidos inalterados para todos os cenários. Entre eles destaca-se: configuração dos pátios de armazenagem dos contêñeres, percentual de ocorrências de manutenção corretiva e preventiva para os equipamentos, tempos de entrada e saída pelos *gates*, tempos de operação nos pátios e no costado, e tempos de permanência do contêñer para operações de desova, fumigação, posicionamento fiscal, reposagem e lacre.

Alguns resultados que se destacam neste cenário são os seguintes:

- Produtividade na operação de carga e descarga de contêñeres com navio atracado: média de 45 contêñeres/hora e desvio padrão de 10, em 5 replicações.
- Utilização de recursos analisados: 6 *reach stackers* com 15,40% de taxa média de utilização em 5 replicações; 10 caminhões internos com 24,90% de taxa média de utilização também em 5 replicações. Define-se como taxa de utilização o tempo despendido durante a real utilização do recurso em comparação ao tempo total útil, ou seja, é a soma dos tempos de operação dividida pelo tempo total da simulação menos o tempo de manutenção. Essas taxas podem, à primeira vista, parecer baixas, mas deve-se considerar que durante o tempo que um navio está atracado a utilização desses recursos é alta, mas como nem sempre há navios atracados, essa taxa diminui significativamente;

- c) Capacidade de movimentação de contêineres de todo o terminal portuário, considerando os recursos de baixo custo atualmente: média de 187.504 contêineres em 12 meses, considerando 5 replicações.

Em resumo, tem-se:

Tabela 5.1 – Resumo dos resultados do cenário 1

Resultados			Cenário 1
Indicador	Unidade		
Produtividade	Contêineres/hora	Média	45
		Desvio padrão	10
Utilização	% em relação ao tempo útil total	<i>Reach stackers</i>	15,4%
		Caminhões internos	24,9%
Capacidade de movimentação	Contêineres em 12 meses		187.504

Fonte: Elaboração própria

### 5.3. Simulação do cenário 2 proposto para o TVV

Para a simulação do cenário 2 (mesma demanda de contêineres e aumento da quantidade de recursos de baixo custo) foram usados os seguintes principais parâmetros:

- a) Chegada de navios: a mesma utilizada no cenário 1, ou seja, utilizou-se o conceito de janelas de atracação, representando os contratos existentes hoje entre o TVV e as companhias de navegação.
- b) Recursos: em uma planilha (figura 5.4) estão definidas a quantidade e algumas características dos recursos que estão operando neste cenário. Como não se deseja que haja uma espera na operação do terminal devido à falta de recursos de baixo custo (*reach stackers* e caminhões internos), a quantidade desses recursos disponíveis foi parametrizada com um valor relativamente alto. Assim, neste cenário, temos: 100 *reach stackers*, 100 caminhões internos, 100 operadores etc.

**EQUIPAMENTOS**

Equipamento	Quantidade	Consumo (l/h)	Custo (R\$/h)	Veloc. (m/min)	Veloc. (km/h)
Portêñeres	3				
Guindastes	2				
RTG	3	1	R\$ 1.85		
RMG	1	1,2	R\$ 2.22		
Reach Stackers	100	2	R\$ 3.70		
Carretas Internas	100	1,5	R\$ 2.78	367	22
Carretas Internas Spot				367	22
Carretas Externas				367	22
Operadores	100				

**CARRETAS INTERNAS**

Número de Ternos	Qntd. / Terno
01	100
02	100
03	100
04	100
05	100
Spot	100

**Operação de Exportação**

Operação de Exportação	Capacidade
Cntr de 20 pés	1

**Costo do Combustível (R\$/l)** R\$ 1.35  
**Costo por Requisição de Spot** R\$ 5.000,00

**PRIORIDADES (01 a 99)**

Equipamento/Operação	Ternos	Retirada DTC	Retirada	Retirada Vazio	Retirada DTA	Recepção	Desova e HK	Posic. Fiscal	Reposagem	Lacre
Reach Stackers	99	90	80	76	73	70	60	50	50	40
Carretas Internas	99						60	50	50	

\*Quanto maior o número, maior a prioridade.

**GATES (1 = ATIVO, 0 = NÃO ATIVO)**

Operação	08	07	06	05	04	03	02	01
Cntr Cheio	1	1						
Embarque Direto						1		
Granelto			1					
Carreta Vx p/ Retirada	1	1						
Carreta Vx p/ Descarga Direta						1		
Carreta Vx p/ Carga Geral								1

Fonte: Elaboração própria

Figura 5.4 – Planilha contendo as definições de recursos utilizados no cenário 2

Alguns resultados que se destacam neste cenário são os seguintes:

- Produtividade na operação de carga e descarga de contêñeres com navio atracado: média de 51 contêñeres/hora e desvio padrão de 10, em 10 replicações.
- Utilização de alguns recursos: 100 *reach stackers* com 0,77% de taxa média de utilização em 10 replicações; 100 caminhões internos com 3,20% de taxa média de utilização também em 10 replicações.
- Capacidade de movimentação de contêñeres de todo o terminal portuário, considerando os recursos de baixo custo atualmente: média de 188.828 contêñeres em 12 meses, considerando 10 replicações.

Em resumo, tem-se:

Tabela 5.2 – Resumo dos resultados do cenário 2

Resultados			Cenário 2
Indicador	Unidade		
Produtividade	Contêineres/hora	Média	51
		Desvio padrão	10
Utilização	% em relação ao tempo útil total	<i>Reach stackers</i>	0,77%
		Caminhões internos	3,20%
Capacidade de movimentação	Contêineres em 12 meses		188.828

Fonte: Elaboração própria

#### 5.4. Simulação do cenário 3 proposto para o TVV

Para a simulação do cenário 3 (aumento da demanda de contêineres e mesma quantidade de recursos de baixo custo) foram usados os seguintes principais parâmetros:

- a) Chegada de navios: foi criada uma chegada de navios frequente, ou seja, sempre haverá um navio na barra pronto para ser atracado assim que um navio sair de um dos berços do terminal. Isso cria um movimento de navios de tal forma a se poder estimar a capacidade máxima de movimentação de contêineres do terminal.
- b) Recursos: foram utilizadas as mesmas quantidades e características dos recursos que foram definidos no cenário 1 (figura 5.3).

Alguns resultados que se destacam neste cenário são os seguintes:

- a) Produtividade na operação de carga e descarga de contêineres com navio atracado: média de 49 contêineres/hora e desvio padrão de 4, em 10 replicações.
- b) Utilização de alguns recursos: 6 *reach stackers* com 36,55% de taxa média de utilização em 10 replicações; 10 caminhões internos com 59,19% de taxa média de utilização também em 10 replicações.
- c) Capacidade de movimentação de contêineres de todo o terminal portuário, considerando os recursos de baixo custo atualmente: média de 367.930 contêineres em 12 meses, considerando 10 replicações.

Em resumo, tem-se:

Tabela 5.3 – Resumo dos resultados do cenário 3

Resultados			Cenário 3
Indicador	Unidade		
Produtividade	Contêineres/hora	Média	49
		Desvio padrão	4
Utilização	% em relação ao tempo útil total	<i>Reach stackers</i>	36,55%
		Caminhões internos	59,19%
Capacidade de movimentação	Contêineres em 12 meses		367.930

Fonte: Elaboração própria

### 5.5. Simulação do cenário 4 proposto para o TVV

Para a simulação do cenário 4 (aumento da demanda de contêineres e aumento da quantidade de recursos de baixo custo) foram usados os seguintes principais parâmetros:

- a) Chegada de navios: foi criada uma chegada de navios frequente, ou seja, sempre haverá um navio na barra pronto para ser atracado assim que um navio sair de um dos berços do terminal. Isso cria um movimento de navios de tal forma a se poder estimar a capacidade máxima de movimentação de contêineres do terminal.
- b) Recursos: foram utilizadas as mesmas quantidades e características dos recursos que foram definidos no cenário 2 (figura 5.4).

Alguns resultados que se destacam neste cenário são os seguintes:

- a) Produtividade na operação de carga e descarga de contêineres com navio atracado: média de 51 contêineres/hora e desvio padrão de 4, em 10 replicações.
- b) Utilização de alguns recursos: 100 *reach stackers* com 0,77% de taxa média de utilização em 10 replicações; 100 caminhões internos com 3,20% de taxa média de utilização também em 10 replicações.
- c) Capacidade de movimentação de contêineres de todo o terminal portuário, considerando os recursos de baixo custo atualmente: média de 367.770 contêineres em 12 meses, considerando 10 replicações.

Em resumo, tem-se:

Tabela 5.4 – Resumo dos resultados do cenário 4

Resultados			Cenário 4
Indicador	Unidade		
Produtividade	Contêineres/hora	Média	51
		Desvio padrão	4
Utilização	% em relação ao tempo útil total	<i>Reach stackers</i>	0,77%
		Caminhões internos	3,20%
Capacidade de movimentação	Contêineres em 12 meses		367.770

Fonte: Elaboração própria

## 6. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS OBTIDOS, CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE FUTUROS ESTUDOS

### 6.1. Comparação dos resultados entre os cenários simulados

Na tabela 6.1 encontra-se um resumo dos principais resultados da simulação dos cenários 1 a 4.

Tabela 6.1 – Resumo dos resultados dos cenários 1 a 4

Resultados			Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Indicador	Unidade					
Produtividade	Contêineres/hora	Média	45	51	49	51
		Desvio padrão	10	10	4	4
Utilização	% em relação ao tempo útil total	<i>Reach stackers</i>	15,40%	0,77%	36,55%	0,77%
		Caminhões internos	24,90%	3,20%	59,19%	3,20%
Capacidade de movimentação	Contêineres em 12 meses		187504	188828	367930	367770

Fonte: Elaboração própria

Comparando-se os resultados obtidos, entre alguns cenários, observou-se que:

a) Comparação entre os cenários 1 e 2:

A comparação entre o cenário 1, que representa a situação de operação atual, e o cenário 2, que representa a mesma demanda de contêineres do cenário 1, mas com aumento da quantidade de recursos de baixo custo (*reach stackers* e caminhões internos), apresenta um aumento 13,3% da produtividade média do terminal, passando de 45 a 51 contêineres/hora. Esse aumento indica que ao se crescer a quantidade de recursos de movimentação interna de contêineres no terminal, a produtividade de embarque ou desembarque de contêineres dos navios também aumenta, já que os mesmos têm o seu atendimento de movimentação atendido mais rapidamente. Ou, de outra forma, há menos tempo de espera do contêiner que será embarcado ou desembarcado por um recurso de movimentação interna.

Já a capacidade de movimentação de contêineres do terminal apresentou um aumento de 0,7%, ou seja, foi praticamente o mesmo. Isso faz sentido já que a demanda de contêineres nesses dois cenários foi a mesma. Esse valor também mostra que a demanda atual é bem atendida no cenário 1 (situação atual do terminal), ou seja, não se deixa de atender a demanda solicitada.

A comparação de utilização dos recursos de movimentação interna entre esses dois cenários não faz sentido, já que o cenário 2 tem recursos ‘infinitos’ e a sua utilização tende para zero. Por questões de modelagem, o cenário 2 foi simulado com 100 unidades de cada um desses recursos. Se fosse simulado com 1000 unidades a utilização seria menor ainda.

b) Comparação entre os cenários 3 e 4:

Comparando-se o cenário 3, que representa um aumento da demanda de contêineres e mesma quantidade de recursos de baixo custo (*reach stackers* e caminhões internos) encontrado na situação de operação atual (cenário 1), com o cenário 4, que representa o mesmo aumento da demanda de contêineres do cenário 3, mas com aumento da quantidade de recursos de baixo custo, foi encontrado um aumento 4% da produtividade média do terminal, passando de 49 a 51 contêineres/hora. Da mesma forma que a comparação anterior (item *a*), esse aumento indica que ao se crescer a quantidade de recursos de movimentação interna de contêineres no terminal, a produtividade de embarque ou desembarque de contêineres dos navios também aumenta, já que os mesmos têm o seu atendimento de movimentação atendido mais rapidamente. Ou, de outra forma, há menos tempo de espera do contêiner que será embarcado ou desembarcado por um recurso de movimentação interna.

Já a capacidade de movimentação de contêineres do terminal apresentou praticamente o mesmo resultado (a diferença encontrada é de 0,04%, ou seja, insignificante em comparação ao volume movimentado). Isso faz sentido já que a demanda de contêineres nesses dois cenários foi a mesma. Esse valor também mostra que a capacidade de movimentação encontrada é a máxima que o terminal pode operar, pois a demanda parametrizada para essa simulação foi bem maior que esse valor, ou seja, na simulação o modelo não conseguiu atender mais que essa quantidade.

A comparação de utilização dos recursos de movimentação interna entre esses dois cenários também não faz sentido, já que o cenário 4 tem recursos ‘infinitos’ e a sua utilização tende para zero. Por questões de modelagem, o cenário 4 foi simulado com 100 unidades de cada um desses recursos. Se fosse simulado com 1000 unidades a utilização seria menor ainda.

c) Comparação entre os cenários 1 e 3:

A comparação entre o cenário 1, que representa a situação de operação atual, e o cenário 3, que representa um aumento da demanda de contêineres do cenário 1 e a mesma quantidade de recursos de baixo custo (*reach stackers* e caminhões internos), apresenta um aumento 9% da produtividade média do terminal, passando de 45 a 49 contêineres/hora. Esse aumento foi conseguido com a mesma quantidade de recursos internos, pois, além do aumento da demanda, a chegada dos navios foi melhor distribuída ao longo do tempo de tal forma que os portainers e guindastes que operam nos berços pudessem ser melhor aproveitados na movimentação de contêineres dos navios.

Já a capacidade de movimentação de contêineres do terminal apresentou um aumento de 96,2%, de 187.504 para 367.930 contêineres anualmente. Esse aumento mostra o quanto o terminal pode crescer na demanda a ser ofertada ao mercado, mesmo mantendo-se a quantidade de recursos internos. A capacidade do cenário 3 é a máxima que o terminal pode operar, pois a demanda parametrizada para essa simulação foi bem maior que esse valor, ou seja, na simulação o modelo não conseguiu atender mais que essa quantidade.

A comparação de utilização dos recursos de movimentação interna entre esses dois cenários apresenta um aumento de 21,15 pontos percentuais, ou de 137%, para os *reach stackers*, e 34,29 pontos percentuais, ou de também 137%, para os caminhões internos. Os dois aumentos indicam que esses recursos passam a ser bem mais utilizados quando se aumenta a demanda e, conseqüentemente, o número de contêineres movimentados (aumento de 137% na utilização dos recursos contra 96,2% na quantidade movimentada).

d) Comparação entre os cenários 2 e 4:

O cenário 2, que representa a mesma demanda de contêineres e um aumento da quantidade de recursos de baixo custo (*reach stackers* e caminhões internos) encontrados na situação de operação atual (cenário 1), comparado com o cenário 4, que representa o um aumento da demanda de contêineres do cenário 2, mas com o mesmo aumento da quantidade de recursos de baixo custo, teve a mesma produtividade média do terminal, de 51 contêineres/hora. Isso mostra que a produtividade máxima que o

terminal terá, disponibilizando mais recursos de baixo custo e independentemente da demanda, será desse valor.

Já a capacidade de movimentação de contêineres do terminal apresentou um aumento de 94,8%, de 188.828 para 367.770 contêineres anualmente. Esse aumento mostra o quanto o terminal pode crescer na demanda a ser ofertada ao mercado, investindo somente na aquisição de novos recursos de baixo custo. A capacidade do cenário 4 é a máxima que o terminal pode operar, pois a demanda parametrizada para essa simulação foi bem maior que esse valor, ou seja, na simulação o modelo não conseguiu atender mais que essa quantidade.

A comparação de utilização dos recursos de movimentação interna entre esses dois cenários também não faz sentido, já que os cenários 2 e 4 têm recursos 'infinitos' e a sua utilização tende para zero. Por questões de modelagem, esses cenários foram simulados com 100 unidades de cada um desses recursos. Se fossem simulados com 1000 unidades a utilização seria menor ainda.

## **6.2. Conclusões**

Com esses quatro cenários simulados obteve-se a capacidade máxima de contêineres que o terminal pode movimentar (em torno de 368.000 contêineres anualmente), mantendo-se ou não a quantidade de recursos de movimentação interna de relativo baixo custo. O ganho que se obtém com um aumento da quantidade desses recursos está no aumento da produtividade média horária de contêineres embarcados ou desembarcados. Ou seja, não se obtém ganhos significativos na quantidade de contêineres movimentados durante 12 meses com um aumento na quantidade de recursos de baixo custo. O que determina a capacidade é a disponibilidade de navios para carregamento e/ou descarregamento, chegando-se ao limite mencionado acima.

A técnica de simulação se mostra muito útil em estudos de capacidade de sistemas complexos que têm muita interação entre os seus diversos componentes. Ela permite obter resultados satisfatórios em questões relativas ao planejamento de instalações, já que possibilita estudar cenários alternativos, em especial os relativos à variação de capacidade.

### **6.3. Sugestões de trabalhos futuros**

Na simulação dos cenários 2 e 4 a quantidade de recursos movimentação de baixo custo (*reach stackers* e caminhões internos) utilizada foi de 100 unidades cada, um número elevado para representar uma alta disponibilidade desses tipos de recursos. Nos cenários 1 e 3, a quantidade desses recursos foi de 6 e 10 unidades respectivamente. Um trabalho futuro sugerido seria realizar a simulação desses cenários 2 e 4 com valores crescentes nas quantidades desses recursos até se chegar a um valor que acima deste não representa um aumento na produtividade e na capacidade de movimentação de contêineres. Ou seja, com essas simulações obter-se-ia a quantidade máxima necessária desses recursos para se atingir os mesmos resultados que os cenários 2 e 4.

Não foram quantificados também o tamanho das filas e o tempo de espera nas mesmas. Isso vale tanto para os caminhões externos quanto para os navios. Os resultados obtidos das filas podem determinar novas situações a serem estudadas em outro estudo.

Outra sugestão seria elaborar uma análise econômica dos benefícios gerados por investimentos nesses recursos de baixo custo que foram considerados no presente estudo (*reach stackers* e caminhões internos).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRATEC (2012) Estatísticas dos Associados da ABRATEC- Associação Brasileira dos Terminais de Contêineres de Uso Público. Disponível em: <<http://www.abratec-terminais.org.br/estatisticas>>. Acesso em Julho e Dezembro de 2012.
- ANTAQ, 2012. Anuário Estatístico de 2011 da Agencia Nacional de Transportes Aquaviários. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br>>. Acesso em Julho de 2012.
- ASPEREN, E.; R. DEKKER, M. POLMAN e H. S. ARONS, 2003. “Allocation of Ships in a Port Simulation”. *15<sup>th</sup> European Simulation Symposium, Delft, Netherlands*.
- BRITO, T. B., 2009. “Modelagem e Simulação de um Terminal Regulador de Contêineres”. *XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, Salvador*.
- CASACA, A. C., 2005. “Simulation and the Lean Port Environment”. *Maritime Economics and Logistics. Vol. 7*.
- CHANG, Y. F., 2005. “Analysis of Operations at the Kaohsiung Port New Mega Container Terminal”. *The Business Review Vol.4 p.123 - 128*.
- DRAGOVI, B.; N. K. PARK; Z. RADMILOVI e V. MARA, 2005. “Simulation Modeling of Ship-berth Link with Priority Service”. *Maritime Economics and Logistics. Vol. 7, 316-335*.
- DUINKERKEN, M. B., R. DEKKER, S. T. G. L. KURSTJENS, J. A. OTTJES e N. P. DELLAERT, 2007. “Comparing Transportation System for Inter-terminal Transport at the Maasvlakte Container Terminals”. In: *Container Terminals and Cargo Systems, Part 2*, pages 37-61, New York, Springer Berlin Heidelberg.
- GUALDA, N. D. F., 1995. *Terminais de transporte: contribuição ao planejamento e ao dimensionamento operacional*. Tese de livre docência apresentada à Escola Politécnica da USP, São Paulo.
- GAMBARDELA, L. M., A. E. RIZZOLI e M. ZAFFALON, 1998. “Simulation and Planning of an Intermodal Container Terminal”. *Simulation on Harbour and Maritime Simulation. Vol. 71, nº 2*.
- GOOGLE, 2013. Imagens coletadas. Disponível em <<http://www.google.com.br>>. Acessado em Março e Abril de 2013.
- GUENTHER, H. O.; M. GRUNOW, M. LEHMANN, U. NEUHAUS e I. O. YILMAZ, 2006. “Simulation of Transportation Activities in Automated Seaport

- Container Terminals”. *Second International Intelligent Logistics Systems Conference, Port of Brisbane, Australia*.
- HARREL, C. R.; J. R. A. MOTT, R.E. BATEMAN; R. G. BOWDEN e T. J. GOGG, 2002. *Simulação – Otimizando os Sistemas*. Belge Consultoria e Instituto IMAM. São Paulo.
- HUANG, W. C., T. C. KUO e S. C. WU, 2007. “A Comparison of Analytical Methods and Simulation for Container Terminal Planning”. *Journal of Chinese Institute of Industrial Engineers*, v. 24, n. 3, p 200-209.
- IGNACIO, A. A. V. e C. NEVES, 2009. “Análise de Capacidade de Terminais Portuários Através da Técnica de Simulação”. *XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, Salvador*.
- LEE, D. H., Z. CAO, Q. MENG, 2009. “Scheduling of two-transtainer systems for loading outbound containers in port container terminals with simulated annealing algorithm”. *International Journal of Production Economics, Volume 107, Issue 1, May 2007, Pages 115–124*.
- MATROLILLI, M., N. FORNARA, L. M. GAMBARDELLA, A. E. RIZZOLI e M. ZAFFALON, 1998. “Simulation for Policy Evaluation, Planning and Decision Support in an Intermodal Container Terminal”. *The International Workshop Modeling and Simulation within a Maritime Environment. Riga, Latvia*.
- MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, 2012. Notícias do Ministério. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br>>. Acesso em Maio de 2013.
- NOVAES, A. G.; V. M. D. SILVA e H. ROSA, 2009. “Utilização de Modelos de Filas e de Simulação no Planejamento de Terminais Marítimos de Contêineres”. *Anais do XXIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Vitória*.
- OTTJES, J. A., H. P. M. VEEKE, M. B. DUINKERKEN, J. C. RIJSENBRIJ e G. LODEWIJKS, 2007. “Simulation of a Multiterminal System for Container Handling”. In: *Container Terminals and Cargo Systems, Part 2*, pages 15-36. Springer Berlin Heidelberg.
- PEIXOTO, G. S. S. e R. C. BOTTER, 2005. “Modelo para Seleção de Equipamento de Retaguarda e Estratégias de Formação de Pilhas na Armazenagem em Terminais de Contêineres”. *XIX Congresso Panamericano de Ingenieria Naval Transporte Marítimo e Ingenieria Portuária. Equador*.
- RIOS, L. R. e A. C. G. MAÇADA, 2002. “Seleção de Variáveis para Medir a Capacidade de um Terminal de Container”. *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, SBPO, Rio de Janeiro*.

- TU, Y. P. e Y. F. CHANG, 2006. “Analyses of Operations of Ditch Container Wharf and Container Yard”. *The Journal of American Academy of Business* 9: 139-146.
- TVV, 2012. Informações sobre o terminal de contêineres de Vila Velha. Porto de Vitória. Disponível em <<http://www.loginlogistica.com.br/servico/Terminal-Portuario.aspx>>. Acessado em Agosto de 2012.

## ANEXO 1: GLOSSÁRIO

- a) Berço: é a posição de atracação de um terminal ou porto onde a embarcação entra para as suas operações.



Fonte: Google (2013)

Figura A1.1 – Embarcações atracadas no berço

- b) Calado: é o nome dado à profundidade em que se encontra o ponto mais baixo da quilha, peça presente na parte inferior da embarcação se estendendo de proa à popa. O calado, acrescido de um valor de segurança, determina os portos onde o navio pode entrar e as barras e canais que pode atravessar em cada condição de maré.
- c) Contêiner: é um equipamento construído em aço, alumínio ou fibra, criado para o transporte de carga em navios e caminhões por exemplo. Ele é identificado com marcas do proprietário e local de registro, número, tamanho, tipo, bem como definição de espaço e peso máximo que pode comportar.



Fonte: Google (2013)

Figura A1.2 – Contêineres

- d) *Costado*: conjunto de chapas ou pranchas que revestem o exterior do casco de uma embarcação, estando ele entre a linha d'água (quando a embarcação está com carga máxima) e a borda superior.
- e) *DTA*: a Declaração de Trânsito Aduaneiro permite que mercadorias sejam transportadas, sob controle aduaneiro, de um ponto a outro do território aduaneiro.
- f) *DTC*: a Declaração de Trânsito de Contêiner permite que as operações de transferência de contêineres, contendo carga, descarregados do navio no pátio do porto e destinados a armazenamento em recinto alfandegado jurisdicionado à Receita Federal, sejam realizadas.
- g) *Gates*: são portões para a entrada ou saída de meios de transporte como caminhões na área portuária.
- h) *Porteiner*: também conhecido como Porta Contêiner é um equipamento usado na movimentação de contêineres nos processos de carga e descarga de navios. Composto por uma lança cujo comprimento equivale a largura da embarcação, ajuda a reduzir o tempo de atracação do navio.



Fonte: Google (2013)  
Figura A1.3 – Porteiner

- i) *Reach stacker*: são equipamentos móveis usados em portos e grandes empresas para carga e descarga e também movimentação de contêineres de 20 a 40 pés de capacidade. Apresentam grande flexibilidade neste tipo de carregamento e tem uma capacidade de carga de até 48 t, podendo se movimentar em percursos variáveis.



Fonte: Google (2013)  
Figura A1.4 – Reach stacker

- j) RMG: o *Rail Mounted Gantry crane* ou guindaste de pórtico sobre trilhos, também conhecido como transtêiner, se movimenta através de trilhos e assim como o RTG é utilizado para movimentação de contêineres em pátios, apresentando sistema de travessão para movimentar cargas.



Fonte: Google (2013)  
Figura A1.5 – RMG

- k) RTG: o *Rubber Tyre Gantry crane* ou guindaste de pórtico sobre pneus, também conhecido como transtêiner, é um equipamento com mais de 30 metros de altura capaz de passar sobre os pátios de armazenagem e deslocar por um sistema de cabos de içamento o contêiner, produzindo uma redução no tempo de movimentação de contêineres e cargas.



Fonte: Google (2013)  
Figura A1.6 – RTG

## **ANEXO 2: DESCRIÇÃO DO MODELO DESENVOLVIDO COM SEUS PARÂMETROS E INDICADORES DE RESULTADOS**

### **a. Visão geral do modelo de simulação**

#### **I. Escopo Detalhado do Estudo**

O escopo do estudo da operação do Terminal de Vila Velha (TVV) engloba todas as operações relacionadas a movimentações de contêineres, sejam elas nas passagens dos caminhões pelos *gates*, no seu armazenamento nos pátios e na colocação e retirada nos navios no costado, utilizando-se os recursos disponíveis ou em uma configuração desejada dos mesmos.

A seguir são descritas as principais regras de funcionamento adotadas para o modelo.

#### **i. Horizonte de Simulação**

O modelo pode simular de 01 a 52 semanas de operação. Nas simulações dos cenários o horizonte foi de 26 semanas.

#### **ii. Janela de Atracação**

As chegadas dos navios de contêineres serão determinadas da seguinte forma: para os navios com janela contratada, será sorteado para cada semana se haverá ou não a atracação. A probabilidade de haver a atracação é igual ao número de atracações no ano sobre 52 semanas. Estando determinada a atracação será sorteada se o navio chegará dentro da janela ou não e caso não chegue, qual será o tempo de atraso. Para os navios de contêineres sem janela contratual (extras) será sorteado se haverá ou não a atracação na semana e um horário uniformemente distribuído dentro da mesma.

Com isso verifica-se o tempo de operação estimado, multiplicando o número de movimentações do maior terno, pelo tempo de operação do equipamento do costado. Caso o tempo de operação mais a hora da atracação sejam menores que a hora de atracação do navio seguinte, a operação deve ser iniciada normalmente. Caso contrário, deve-se verificar a prioridade dos serviços. Se a prioridade do navio seguinte for maior, não deve ocorrer a atracação e é esperada a próxima janela livre. Se for menor, a atracação ocorre normalmente. Caso o navio atraque e não consiga terminar a operação

antes da chegada do próximo navio, devemos verificar a prioridades entre eles e caso o navio que está sendo operado tenha menor prioridade, este deve desatracar. Neste caso ele não irá retornar, uma vez que na estatística de embarcações extras já estão contabilizadas estas movimentações. Os navios que tiverem seu tamanho acima do limite para operações noturnas deverão esperar amanhecer para atracar.

O número de ternos é sorteado seguindo um percentual parametrizado ou a faixa de quantidade de contêineres no navio. O intervalo é de 1 a 4 ternos para cada atracação de navios de contêineres. Além disso, para cada atracação foi parametrizado também o percentual de distribuição dos contêineres em cada terno. Por exemplo: 2 ternos com o 1º terno com 40% e 2º terno com 60% dos contêineres a serem movimentados; 3 ternos com o 1º terno com 40%, 2º terno com 35% e 3º terno com 25%. Este percentual vale para todos os tipos de contêineres. Foi inserido o número de tampões por terno, para cada quantidade de ternos. A operação de remoção do tampão ocorre no início da operação e a colocação se dá no final da operação. O tempo de movimentação de cada tampão é parametrizado.

Além disso, foram consideradas algumas regras, conforme abaixo:

a) Regras de Turnos

As carretas internas, *Reach stackers*, RMG, RTGs, Porteineres e Guindastes têm seus turnos definidos conforme os turnos dos seus respectivos operadores.

b) Prioridade

Para a utilização dos equipamentos de costado é dada prioridade para a utilização de Porteineres. Os equipamentos estão sobre uma única linha férrea, impossibilitando a passagem de um pelo outro. Sendo assim a ordem de utilização, sempre que possível, é a seguinte: Porteiner P01, P02, P03, Guindaste G26, G27. Os ternos que tiverem mais contêineres vazios tem prioridade de utilizar o P03, pois este consegue mover 2 contêineres de uma só vez. Foram parametrizadas as prioridades de utilização dos recursos *Reach stackers* (RS) e carreta interna.

c) Utilização

A utilização de recursos é dada da seguinte forma: 1 RS para cada terno, 1 RS para recebimento, 1 RS para entrega, 1 RS para *House Keeping* (HK), posicionamentos, repesagem e vistoria de lacre.

Devido à quantidade de equipamentos disponíveis no costado, há uma restrição de se operar simultaneamente mais de 5 ternos. A utilização de carretas *spot* para contêineres (com utilização mínima de 12 horas) foi considerada. A contratação das carretas *spot* se dá quando o número de ternos for igual ou superior a 3 (parametrizado) e são requisitadas 4 (parametrizado) carretas.

### **iii. Operação**

Para serviços de desova, fumigação e posicionamentos foram parametrizados um percentual de contêineres que sofrem esses tipos de operação e o tempo de sua execução.

Os caminhões que vão buscar contêineres de importação irão se dirigir ao pátio que armazena o contêiner a ser removido. Os caminhões que trazem contêineres de exportação se dirigem preferencialmente para o pátio que já contém contêineres que serão embarcados no mesmo navio.

Para a retirada dos contêineres vazios está parametrizado o número de carretas disponíveis para essa operação e o tempo despendido entre sua saída do terminal e sua volta para um novo carregamento.

Para chegada de caminhões com contêineres de exportação:

- a) A chegada desses caminhões com contêineres cheios será sorteada por uma curva que representa o tempo antes da atracação do navio.

Para chegada de caminhões de contêineres de importação:

- a) A chegada dos caminhões para a retirada de contêineres cheios é segmentada em DTC, DTA, Vazio pós-desova e DI, os quais são sorteados por um percentual parametrizado. Todos tem seu tempo de armazenagem no pátio sorteada (parâmetro). Para DTA os contêineres são sorteados em grupos e só saem do terminal juntos.

As seguintes regras também foram consideradas:

- a) Prioridades

As prioridades de utilização dos equipamentos usada como padrão são as seguintes: para os ternos igual a 99, retirada DTC igual a 90, retirada comum igual a 80, retirada

vazio pós-desova igual a 76 (de 7h as 14h), DTA igual a 73 (até as 16h), recepção igual a 70, posicionamento para desova e *house keeping* igual a 60, posicionamento para fiscal igual a 50 e para posicionamento para fiscal e vistoria do lacre igual a 40. As prioridades foram parametrizadas. Os caminhões para contêineres vazios dão prioridade para retirar os contêineres do Portainer e fazem a retirada do pulmão apenas quando não houver demanda do Portainer. As carretas internas levam os contêineres vazios para o pulmão no costado caso os veículos externos não estejam disponíveis.

#### b) Manutenção

A manutenção preventiva dos equipamentos ocorre considerando o tempo de utilização dos equipamentos e um tempo de parada. A manutenção corretiva tem seu percentual de ocorrência por operação e considera um tempo de parada. Todos esses dados são parametrizados. Ainda existe a parada para o abastecimento, que ocorre sempre após um tempo de utilização do equipamento.

#### c) *Restow*

A operação de *Restow* é a retirada de um contêiner do navio, seu posicionamento no costado e em seguida o seu retorno ao navio. As movimentações são seguidas das movimentações dos tampões.

### **iv. Serviços Secundários**

#### a) Desova

Os contêineres de desova serão posicionados na quadra D. Quando houver espaço no armazém os contêineres esperaram um tempo parametrizado de operação e após este tempo serão removidos para suas quadras originais.

#### b) Fumigação

Os contêineres de Fumigação serão posicionados na quadra D, esperaram um tempo parametrizado de operação e após este tempo serão removidos para suas quadras originais.

#### c) Posicionamento Fiscal

Os contêineres de posicionamento fiscal serão posicionados na quadra H, esperam um tempo parametrizado de operação e após este tempo serão removidos para suas quadras originais.

d) Repesagem

Os contêineres de repesagem serão posicionados no *gate* parametrizado, esperam um tempo também parametrizado de operação e após este tempo serão removidos para suas quadras originais.

e) Revisão de Lacre

Os contêineres de revisão de lacre irão utilizar um recurso RS e esperam um tempo parametrizado de operação e após este tempo o recurso será liberado.

f) *House Keeping*

O *house keeping* (HK) é a movimentação dos contêineres de importação com o objetivo de deixar áreas livres (vazias) nos pátios para a segmentação dos contêineres DTC e DI. A operação tem início de 6 a 12 horas antes da operação do navio, seguindo uma distribuição normal. Os contêineres são sempre movimentados dos lotes com menor número de TEUs para os lotes com maior número de TEUs.

Todas as operações podem ser realizadas em um mesmo contêiner, porém após a execução da desova o contêiner apenas será removido do terminal.

## v. Locais

Alguns locais da operação portuária tiveram as seguintes características:

a) *Gates*

Ao todo são oito *gates*. Todos os *gates* podem ser habilitados para a execução de todas as operações. Estas configurações são parametrizadas. São as seguintes opções: entrada de contêineres cheios, embarque direto, carreta vazia para retirada, carreta vazia para descarga direta, saída de carreta de exportação, carreta de embarque direto e repesagem de contêineres.

Caso haja necessidade de uma repesagem de contêiner, a carreta interna vai para um *gate* disponível para essa atividade. A carreta interna fica ocupada durante todo o processo.

É segmentado o tempo de *gate* por serviço DI, DTA, Vazios, DTC e registrados os tempos de operação nos *gates* para cada tipo de serviço.

#### b) Quadras

Algumas quadras utilizam equipamentos específicos nas suas operações ou são utilizados para determinados fins, conforme abaixo:

- i. As quadras B e D tem RTG da posição 1 a 53;
- ii. A quadra T tem RTG da posição 13 a 57;
- iii. A quadra A tem RMG da posição 59 a 85;
- iv. As posições restantes são atendidas através de *Reach stackers*;
- v. Quadra P10 é a entrada da desova;
- vi. A quadra G é usada para o pulmão de contêineres vazios de exportação;
- vii. A quadra H é usada para posicionamento de vistoria fiscal;
- viii. Na quadra H foi incluso um contador da fumigação, desova e posicionamento fiscal;
- ix. A verificação do lacre é realizada na própria quadra;
- x. O contêiner IMO, mesmo vazio, é armazenado na quadra T-IMO.

Algumas áreas específicas do modelo tiveram as seguintes regras ou características implementadas:

##### i. Fila Interna

Foi criado um contador que indica o número de veículos em fila dentro do pátio, separado em exportação e importação.

##### ii. Balança

A rua após a balança tem apenas um sentido, o de saída da balança. Todos os contêineres de importação cheios deverão passar pela balança. Após a execução da pesagem, os contêineres irão se dirigir para o pátio de destino.

##### iii. Costado

O pulmão para contêineres vazios de importação está localizado no costado, junto com um contador.

iv. Lotes

Para os lotes de IMO, *Reefer* e OOG são registradas mensagens de lotação, porém a carga é armazenada normalmente.

**b. Parâmetros**

A configuração de todo o modelo e os cenários a serem simulados dependem de uma série de parâmetros que se encontra no arquivo Parametros.xls. Esses parâmetros podem ser alterados para futuras experimentações, podendo-se comparar resultados para cenários diferentes. Eles estão agrupados por assunto em várias planilhas (nome dos itens abaixo), conforme descrição a seguir:

**i. Capa**

The screenshot shows a spreadsheet interface for 'Simulação do Terminal de Vila Velha'. At the top, there is a blue button with the text 'Simulação do Terminal de Vila Velha'. Below it, the text 'Parâmetros de Entrada para Simulação' is centered. In the bottom right corner, the 'ProModel' logo is displayed with 'versão 4.6' underneath. The spreadsheet contains the following input fields:

Semanas de Simulação	2	máximo de 52 semanas.
Nome do Cenário	Validação	
Observações	Validação do modelo longo prazo.	

Fonte: Elaboração própria  
Figura A2.1 - Planilha contendo a Capa

- Semanas de Simulação: indica o tempo que será simulado;
- Nome do Cenário: indica o nome do cenário simulado para identificação em comparações futuras;
- Observações: é um campo de descrição, onde se pode colocar observações importantes do cenário simulado.

## ii. Navios

NAVIOS													
JANELAS DE ATRACAÇÃO													
Serviço	Prioridade	Berço	Dia da Semana	Navios					Carga				
				Hora de Início da Janela	Duração da Janela (h)	Atracações / Ano	Chegadas na Janela	Tempo de Atraso (dias)	Tamanho do Navio (m)	Tipo de Serviço	Tipo	Quantidade (20 Feet)	Quantidade (40 Feet)
SAS LOGIN	10	203	Quinta	7	24	1	100%	0.00	212.93	Importação	Cheio	23	75
											Vazio	0	0
										Exportação	Cheio	0	0
											Vazio	0	70
										Restow	-	0	0
MSC EUROPA	10	203	Sexta	7	24	49	76%	W(2.88, 2.22)-1.	182.53	Importação	Cheio	T(1.15, 2.16, 637)	66.8+G(2.76, 44.8)
											Vazio	5.08-4.34*LN(1./U(0.5,0.5))-1	0
										Exportação	Cheio	483*(1./((1+EXP(-(NO.1)-0.969)/1.99)))	T(-1, -43.6, 128)
											Vazio	W(0.909, 2.88)	B(0.71, 0.963, 0, 164)
										Restow	-	B(1.28, 20.6, 0, 118)	0
MSC USA/HAPAG	10	204	Segunda	7	24	49	65%	1.31*(1./((1./U(0.5,0.5))-1))**((1./0.988))	219.90	Importação	Cheio	(1./3.55e-002)*(LN(U(0.5,0.5)))**(-1./1.15)	(1./1.23e-002)*(LN(U(0.5,0.5)))**(-1./2.57)
											Vazio	B(0.784, 2.12, 0, 790)	0
										Exportação	Cheio	T(-12.6, 141, 359)	3+W(1.46, 53.1)
											Vazio	B(4.03, 38.2, 0, 211)	W(1.72, 97.3)
										Restow	-	B(0.989, 7.16, 0, 198)	0
NCX MAERSK	10	204	Terça	13	18	34	88%	T(0.8854, 2.3550, 5.1875)	223.17	Importação	Cheio	U(146, 46.4)	U(196, 52.3)
											Vazio	B(1.43, 0.752, 0, 64)	0
										Exportação	Cheio	97*(1./((1./U(0.5,0.5))-1))**((1./3.36))	W(0.968, 26.6)
											Vazio	B(0.471, 1.0, 0, 247)	B(0.707, 1.0, 0, 340)
										Restow	-	B(0.932, 9.81, 0, 166)	0
ANS	10	204	Quarta	8	22	49	53%	W(2, 2.42)	222.06	Importação	Cheio	W(2, 23.6)	P5(9.41, 322)
											Vazio	W(1.84, 141)	10.3*(1./((1./U(0.5,0.5))-1))**((1./1.44))
										Exportação	Cheio	B(2.28, 1.89, 39, 261)	B(0.736, 1.44, 0, 791)
											Vazio	B(2.04, 2)	W(0.919, 23.4)
										Restow	-	B(1.06, 266, 0, 2.65e+003)	0
ALIANÇA	10	204	Quinta	7	24	42	57%	IG(7.23, 3.09)-1.	185.37	Importação	Cheio	B(1.2, 1.98, 0, 317)	W(2, 191)
											Vazio	B(1.37, 4.76, 0, 318)	0
										Exportação	Cheio	170*(1./((1./U(0.5,0.5))-1))**((1./5.01))	P6(1.36, 20.6, 334)
											Vazio	4.32*(1./((1./U(0.5,0.5))-1))**((1./1.44))	T(-1, -1, 369)
										Restow	-	B(1.18, 8.89e+005, 0, 9.45e+006)	0
										Importação	Cheio		
											Vazio		
										Exportação	Cheio		
											Vazio		
										Restow	-		
										Importação	Cheio		
											Vazio		
										Exportação	Cheio		
											Vazio		
										Restow	-		
										Importação	Cheio		
											Vazio		
										Exportação	Cheio		
											Vazio		
										Restow	-		
CNTR EXTRA	5					17			B(0.789, 0.861, 178, 237)	Importação	Cheio	U(162, 162)	129*(1./((1./U(0.5,0.5))-1))**((1./5.95))
											Vazio	B(0.488, 0.603, 0, 170)	0
										Exportação	Cheio	W(2, 194)	B(0.574, 1.04, 0, 120)
											Vazio	W(0.735, 31.7)	B(1.07, 2.94, 0, 911)
										Restow	-	B(1.26, 3.84e+004, 0, 2.77e+005)	0

Fonte: Elaboração própria

Figura A2.2 - Planilha contendo as informações dos navios

- Serviço: indica o nome do serviço;
- Prioridade: indica a prioridade do serviço entre eles (quanto maior o número, maior a prioridade);
- Berço: indica o berço preferencia de atracação do navio;
- Dia da semana: indica o dia da semana em que se inicia a janela;
- Hora de início da Janela: indica a hora de início da janela;
- Duração da Janela: indica o tempo de duração da janela;
- Atracações / Ano: indica o número de atracações que ocorreram no ano;
- Chegadas na Janela: indica a porcentagem de chegadas dentro da janela;
- Tempo de Atraso: indica o tempo do atraso das atracações caso ele exista;
- Tamanho do Navio: indica o tamanho do navio;
- Importação do tipo Cheio com Quantidade (20 feet): indica a quantidade de contêineres 20 pés cheios para importação;
- Importação do tipo Cheio com Quantidade (40 feet): indica a quantidade de contêineres 40 pés cheios para importação;

- Importação do tipo Vazio com Quantidade (20 *feet*): indica a quantidade de contêineres 20 pés vazios para importação;
- Importação do tipo Vazio com Quantidade (40 *feet*): indica a quantidade de contêineres 40 pés vazios para importação;
- Exportação do tipo Cheio com Quantidade (20 *feet*): indica a quantidade de contêineres 20 pés cheios para exportação;
- Exportação do tipo Cheio com Quantidade (40 *feet*): indica a quantidade de contêineres 40 pés cheios para exportação;
- Exportação do tipo Vazio com Quantidade (20 *feet*): indica a quantidade de contêineres 20 pés vazios para exportação;
- Exportação do tipo Vazio com Quantidade (40 *feet*): indica a quantidade de contêineres 40 pés vazios para exportação;
- *Restow*: indica o número de movimentações de contêineres que serão necessárias para a operação do navio. Estes contêineres apenas serão realocados para possibilitar a movimentação dos contêineres de exportação ou importação.

### iii. Pátios

PÁTIOS						
CAPACIDADE (NÚMERO DE TEUS)					PERCENTUAL MÁXIMO DE OCUPAÇÃO	
Quadra	Lote	Bay	Row	Capacidade	Quadra	Percentual
A	1	1 a 13	A a C	119	A	100%
	2	15 a 27	A a C	119	B	100%
	3	29 a 41	A a C	119	C	100%
	4	43 a 53	A a C	102	D	100%
	5	55 a 67	A a C	119	E	100%
	6	69 a 79	A a C	102	F	100%
	7	1 a 13	D a F	119	G	100%
	8	15 a 27	D a F	119	H	100%
	9	29 a 41	D a F	119	T	100%
	10	43 a 53	D a F	102		
	11	55 a 67	D a F	119		
	12	69 a 79	D a F	102		
B	13	1 a 13	A a F	210		
	14	15 a 27	A a F	210		
	15	29 a 41	A a F	210		
	16	43 a 53	A a F	180		
	17	55 a 67	A a C	119		
	18	69 a 79	A a C	102		
	19	55 a 67	D a F	119		
	20	69 a 79	D a F	102		
C	21	1 a 13	A a C	119		
	22	15 a 27	A a C	119		
	23	29 a 41	A a C	119		
	24	43 a 53	A a C	102		
	25	55 a 67	A a C	103		
	26	69 a 79	A a C	90		
	27	1 a 13	D a E	77		
	28	15 a 27	D a E	77		
	29	29 a 41	D a E	77		
	30	43 a 53	D a E	66		
	31	55 a 67	D a E	77		
	32	69 a 79	D a E	49		
D	33	Desova/Fum.	A a F	603		
	34	Fumigação	A a F	15		
	35	55 a 63	A a C	85		
	36	65 a 75	A a C	97		
	37	55 a 63	D a F	85		
	38	65 a 75	D a F	102		
E	39	1 a 11	A a D	126		
	40	13 a 23	A a D	126		
	41	1 a 11	E a H	138		
	42	13 a 23	E a H	138		
F	43	1 a 11	A a D	138		
	44	13 a 23	A a D	138		
	45	1 a 11	E a I	180		
	46	13 a 23	E a I	180		
G	47	1 a 7	A a K	220		
H	48	1 a 7	A a J	20		
T	49	1 a 5	A a I	174		
	50	7 a 11	A a I	138		
	51	13 a 25	A a F	203		
	52	27 a 39	A a F	203		
	53	41 a 51	A a F	174		
	54	53 a 67	A a F	177		
	55	69 a 75	A a F	24		
	56	77 a 85	A a F	90		
	Total	-	-	-	7,261	

Fonte: Elaboração própria  
 Figura A2.3 - Planilha contendo as informações dos Pátios

- Percentual: indica o percentual de ocupação de cada quadra;

#### iv. Input Pátio Inicial

INPUT PÁTIO INICIAL						
PLANILHA DE ENTRADA DO PÁTIO INICIAL						
Container	Type	Tempo no Pátio (Dias)	Grp	Category	Position	Serviço
BSIU9020601	40HC	0	RIY	EXPRT	B32B	SAS LOGIN
CAIU2816171	20DV	0		EXPRT	A11C	MSC - VITORIA
CAIU8341052	40HC	0	RIY	EXPRT	T10D	SAS LOGIN
CARU2007070	20DV	0		EXPRT	A17D	MSC - VITORIA
CARU3662729	20DV	0		EXPRT	A17C	MSC - VITORIA
CAXU4387015	40DV	0	RIY	EXPRT	T02G	SAS LOGIN
CAXU6226025	20DV	0		EXPRT	A25D	MSC - VITORIA
CLHU2902829	20DV	0		EXPRT	A11B	MSC - VITORIA
CRSU9137541	40HC	0	RIY	EXPRT	B32E	SAS LOGIN
CRXU1011230	20DV	0		EXPRT	A17E	MSC - VITORIA
CRXU9072442	40HC	0	RIY	EXPRT	B32F	SAS LOGIN
CKDU1141350	20DV	0		EXPRT	A11C	MSC - VITORIA
CKDU1177516	20DV	0		EXPRT	A61E	MSC - VITORIA
CKDU1482757	20DV	0		EXPRT	A23D	MSC - VITORIA
FCIU2227945	20DV	0		EXPRT	A17F	MSC - VITORIA
FSCU3946789	20DV	0		EXPRT	A25F	MSC - VITORIA
GATU0527449	20DV	0		EXPRT	A25F	MSC - VITORIA
GATU8396330	40HC	0	RIY	EXPRT	T06I	SAS LOGIN
GATU8681208	40HC	0	RIY	EXPRT	B32C	SAS LOGIN
GCCU5004672	40HC	0	RIY	EXPRT	T06G	SAS LOGIN
GESU4183389	40HC	0	RIY	EXPRT	B32D	SAS LOGIN
GESU5893852	40HC	0	RIY	EXPRT	T06A	SAS LOGIN
GLDU0594710	40HC	0	RIY	EXPRT	T06B	SAS LOGIN
GLDU2991614	20DV	0		EXPRT	A11C	MSC - VITORIA
GLDU3669942	20DV	0		EXPRT	A25C	MSC - VITORIA

Grupo Permanente
PER
USO_TV
AVARIA
-
-

Fonte: Elaboração própria

Figura A2.4 - Planilha contendo as informações do Input Pátio Inicial

Esta planilha é preenchida através de cópia de um relatório do sistema da TVV.

- Grupo Permanente: indica os grupos permanentes no pátio.

v. **Pátio Inicial**

PÁTIO INICIAL

PÁTIO INICIAL
Atualizar Pátio

Container	Serviço	Destino	Tamanho	Lote	Tempo no Pátio (Dias)	Operação
1	SAS LOGIN	2	4	1	0.00	RIY
2	C - VITORIA FEE	2	2	1	0.00	
3	SAS LOGIN	2	4	1	0.00	RIY
4	C - VITORIA FEE	2	2	8	0.00	
5	C - VITORIA FEE	2	2	2	0.00	
6	SAS LOGIN	2	4	1	0.00	RIY
7	C - VITORIA FEE	2	2	8	0.00	
8	C - VITORIA FEE	2	2	1	0.00	
9	SAS LOGIN	2	4	1	0.00	RIY
10	C - VITORIA FEE	2	2	8	0.00	
11	SAS LOGIN	2	4	1	0.00	RIY
12	C - VITORIA FEE	2	2	1	0.00	
13	C - VITORIA FEE	2	2	11	0.00	
14	C - VITORIA FEE	2	2	8	0.00	
15	C - VITORIA FEE	2	2	8	0.00	
16	C - VITORIA FEE	2	2	8	0.00	
17	C - VITORIA FEE	2	2	8	0.00	
18	SAS LOGIN	2	4	1	0.00	RIY
19	SAS LOGIN	2	4	1	0.00	RIY
20	SAS LOGIN	2	4	1	0.00	RIY

Fonte: Elaboração própria

Figura A2.5 - Planilha contendo as informações do Pátio Inicial

Esta planilha é preenchida através de uma macro VBA, com base na tabela “Input Pátio Inicial”.

## vi. Recursos

RECURSOS										
<b>EQUIPAMENTOS</b>						<b>CARRETAS INTERNAS</b>				
Equipamento	Quantidade	Consumo (l/h)	Custo (R\$/h)	Veloc. (m/min)	Veloc. (km/h)	Número de Ternos	Qntd. / Terno			
Portêñeres	3					01	4			
Guindastes	2					02	4			
RTG	3	1	R\$ 1.85			03	3			
RMG	1	1.2	R\$ 2.22			04	3			
Reach Stackers	6	2	R\$ 3.70	367	22	05	3			
Carretas Internas	5	1.5	R\$ 2.78	367	22	Spot	2			
Carretas Internas Spot				367	22					
Carretas Externas				367	22					
Operadores	10									
Custo do Combustível (R\$/l)	R\$ 1.85					Operação de Exportação	Capacidade			
Custo por Requisição de Spot	R\$ 5,000.00					Cntr de 20 pés	1			
<b>PRIORIDADES (01 a 99)</b>										
Equipamento/Operação	Ternos	Retirada DTC	Retirada	Retirada Vazio	Retirada DTA	Recepção	Desova e HK	Posic. Fiscal	Repesagem	Lacre
Reach Stackers	99	90	80	76	73	70	60	50	50	40
Carretas Internas	99						60	50	50	
*Quanto maior o número, maior a prioridade.										
<b>GATES (1 = ATIVO, 0 = NÃO ATIVO)</b>										
	Operação	08	07	06	05	04	03	02	01	
Entrada	Cntr Cheio	1	1							
	Embarque Direto						1			
	Granito			1						
	Carreta Vz p/ Retirada	1	1							1
	Carreta Vz p/ Descarga Direta						1			
Saída	Carreta Vz p/ Carga Geral									1
	Carreta de Exportação							1		1
	Carreta de Embarque Direto							1		1
	Carreta Vz de Granito							1		1
	Retirada							1		1
Outros	Descarga Direta							1		1
	Carga Geral							1		1
	Repesagem	1								

Fonte: Elaboração própria

Figura A2.6 - Planilha contendo as informações dos Recursos

- Quantidade: indica a quantidade de cada recurso disponível no modelo;
- Consumo (l/h): indica o consumo por hora de cada equipamento disponível no modelo;
- Custo (R\$/h): indica o custo em reais por hora de cada equipamento disponível no modelo;
- Velocidade (m/min): indica a velocidade em m/min de cada equipamento disponível;
- Velocidade (Km/h): indica a velocidade em Km/h de cada equipamento disponível;
- Custo do Combustível (R\$/l): indica o custo por litro do combustível em Reais;
- Custo por Requisição de *Spot*:
- Qntd./Terno: indica a quantidade de carretas internas necessárias pelo número de Terno;
- Capacidade: indica a quantidade de carretas internas para a exportação para contêiner de 20 pés;

- **PRIORIDADES:** indica a prioridade no uso dos equipamentos em cada operação;
- **GATES:** indica se os *Gates* estão ativos ou não para as diversas operações.

## vii. Manutenção

MANUTENÇÃO						
PARADAS						
Equipamento	Corretivas		Preventivas		Abastecimento	
	Percentual de Ocorrências	Duração (dias)	Uso (horas)	Duração (min)	Uso (horas)	Duração (min)
Guindaste	2%	0.05	10	45		
Portêiner	2%	0.05	10	45		
Reach Stackers	2%	0.05	10	45	15	20
Carretas	2%	0.05	10	45	15	20
RTG	2%	0.05	10	45	15	20
RMG	2%	0.05	10	45		
Gate	2%	0.05				

Fonte: Elaboração própria

Figura A2.7 - Planilha contendo as informações de Manutenção

- **Percentual de Ocorrências:** indica o percentual de ocorrências de paradas corretivas de cada equipamento;
- **Duração (dias):** indica a duração, em dias, da paralisação dos equipamentos por paradas corretivas;
- **Uso (horas):** indica o tempo de uso, em horas, dos equipamentos para a ocorrência de uma parada preventiva;
- **Duração (min):** indica a duração, em minutos, da paralisação dos equipamentos por paradas preventivas;
- **Uso (horas):** indica o tempo de uso, em horas, dos equipamentos para a ocorrência de uma parada para abastecimento;
- **Duração (min):** indica a duração, em minutos, da paralisação dos equipamentos para abastecimento.

### viii. Custos Operacionais

CUSTOS OPERACIONAIS							
<b>CUSTOS DE PEÇAÇÃO</b>		<b>CUSTOS DE CAPATAZIA</b>					
Tipo de Operação	Peação (R\$/Unidade)	Tipo de Operação	Conferente (R\$/Unidade)	Estiva (R\$/Unidade)	Arrumadores (R\$/Unidade)	Suporte (R\$/Unidade)	
Contêineres	R\$ 1.90	Contêineres	R\$ 21.47	R\$ 42.86	R\$ 3.74	R\$ 279.66	
Carga Geral	R\$ 1.90	Carga Geral	R\$ 2.19	R\$ 1.10	R\$ 0.98	R\$ 0.48	
Granito	R\$ 1.45	Granito	R\$ 2.29	R\$ 5.73	R\$ 1.41	R\$ 0.44	
Prod. Siderúrgico	R\$ 1.90	Prod. Siderúrgico	R\$ 2.19	R\$ 3.97	R\$ 1.69	R\$ 0.42	
Veículos	R\$ 2.00	Veículos	R\$ 1.82	R\$ 0.91			
		Ro-Ro	R\$ 2.19	R\$ 12.95		R\$ 0.48	
<b>CUSTOS DE AMARRAÇÃO/DESAMARRAÇÃO</b>		<b>CUSTOS DE TRANSPORTE DE LANCHAS</b>					
Amarração / Desamarração (R\$/Evento)				Com Adicional (R\$/h)	R\$ 273.00		
Dia Útil	Noite Útil	Dom/Fer Dia	Dom/Fer Noite	Sem Adicional (R\$/h)	R\$ 240.00		
R\$ 585.18	R\$ 731.49	R\$ 1,170.40	R\$ 1,462.98	Tempo Transporte (h)	$-3.6+7.12*(1/(1/(U(0.5,0.5))-1))**(1/19.8)$		
<b>PACOTE DE CUSTOS</b>							
Valor do Pacote (R\$/Unidade)	R\$ 14.15						
Percentual de Ocorrência de Custo Geral	13%						
Percentual de Aderência ao Custo Geral	$7-(1/9.72e-003)*(1/(U(0.5,0.5)))**(1/0.579)$						
<b>CALENDÁRIO (Útil = 0, Feriado/Domingo = 1)</b>							
Semana	Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
1	1	1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaboração própria

Figura A2.8 - Planilha contendo as informações dos Custos Operacionais

- Peação (R\$/Unidade): indica o custo, em reais, de peação para cada tipo de operação por unidade;
- Conferente (R\$/Unidade): indica o custo, em reais, de conferente para cada tipo de operação por unidade;
- Estiva (R\$/Unidade): indica o custo, em reais, de estiva para cada tipo de operação por unidade;
- Arrumadores (R\$/Unidade): indica o custo, em reais, de arrumadores para cada tipo de operação por unidade;
- Suporte (R\$/Unidade): indica o custo, em reais, de suporte por cada tipo de operação por unidade;
- Percentual de adicional: indica o percentual de adicional nos custos por cada período de adicional;
- Amarração/Desamarração (R\$/Evento): indica o custo, em reais, de amarração ou desamarração por evento para dias úteis, noites úteis, domingos e feriados de dia e domingos e feriados de noite;
- Custo de transporte de lancha: indica o custo de transporte de lancha, em reais por hora, com adicional e sem adicional;
- Tempo de transporte: indica o tempo de transporte de lancha em horas;
- Valor do pacote (R\$/Unidade): indica o custo do pacote em reais por unidade;
- Percentual de Ocorrência de Custo Geral: indica o percentual de ocorrência do pacote de custo geral;

- Percentual de Aderência ao Custo Geral: indica o percentual de aderência ao pacote de custo geral;
- Calendário: indica por semana os dias úteis e os feriados ou domingos.

## ix. Dados Gerais

DADOS GERAIS			
Gate	Entrada no Gate - DI (min)	L(1.88, 0.832)	
	Entrada no Gate - DTC (min)	1.0	
	Entrada no Gate - DTA (min)	1.0	
	Entrada no Gate - Embarque Direto (min)	1.0	
	Entrada no Gate - Desembarque Direto (min)	1.0	
	Entrada no Gate - Exportação (min)	1.0	
	Entrada no Gate - Granito (min)	1.0	
	Entrada no Gate - Carga Geral (min)	1.0	
	Entrada no Gate - Cegonha (min)	1.0	
	Saída no Gate - DI (min)	L(0.961, 1.65)	
	Saída no Gate - DTC (min)	L(0.401, 0.389)	
	Saída no Gate - DTA (min)	1.0	
	Saída no Gate - Embarque Direto (min)	1.0	
	Saída no Gate - Desembarque Direto (min)	1.0	
	Saída no Gate - Exportação/Granito (min)	1.0	
	Saída no Gate - Carga Geral (min)	1.0	
	Saída no Gate - Cegonha (min)	1.0	
	Pátio	Entrega de Contêiner - RTG (min)	1+P6(1.67, 1.44, 1.98)
Recebimento de Contêiner - RTG (min)		P5(3.09, 5.67)	
Entrega de Carga Geral - RTG (min)		1.0	
Recebimento de Carga Geral - RTG (min)		1.0	
Entrega de Contêiner - RS (min)		P5(8.49, 7.5)	
Recebimento de Contêiner - RS (min)		P6(26.3, 5.99, 0.185)	
Entrega de Carga Geral - RS (min)		1.0	
Recebimento de Carga Geral - RS (min)		1.0	
Costado	Guindaste	Descarga de Contêiner (min)	1.0
		Embarque de Contêiner (min)	1.0
		Descarga de Carga Geral (min)	1.0
		Embarque de Carga Geral (min)	1.0
	Portêiner	Movimentação de tampões (min)	1.0
		Descarga de Contêiner (min)	$(1/1.2)^*[-\text{LN}(U(0.5, 0.5))]**(-1/2.69)$
		Embarque de Contêiner (min)	P6(33.8, 6.16, 0.193)
		Movimentação de tampões (min)	$(1/1.2)^*[-\text{LN}(U(0.5, 0.5))]**(-1/2.69)$
Balança	Pesagem (min)	$0.699*(1/[(1/U(0.5, 0.5))-1])**(-1/2.67)$	
Contêiner Exportação	Chegada (dias)	Chegada Antes da Atracação	3
		Posicionamento	0%
	Percentual da Carga (%)	OOG	0%
		Reefer	0%
Contêiner Importação	Espera no Pátio (h)	IMO	0%
		DI	1.0
		DTC	1.0
		DTA	1.0
	Percentual da Carga (%)	Pós Desova	1.0
		OOG	5%
		Reefer	5%
		IMO	5%
		DTC	0%
		DTA	0%
		Desova	0%
		Número de Grupos DTA	1
		Posicionamento	0%
		Lacre	1%
Repesagem	1%		
Fumigação	80%		
Contêiner Vazios	Exportação	Percentual de Antecipação (%)	20%
		Intervalo entre Chegadas na Operação (min)	1.0
	Importação	Número de Veículos Disponíveis	10
Navegação	Importação	Intervalo para o Retorno (min)	2.0
		Percentual de Espera na Barra (%)	1%
		Tempo de Espera na Barra (h)	0.00
		Horário de Início da Noite (h)	17.0
		Horário de Término da Noite (h)	6.00
		Tamanho Máxima para Operação Noturna (m)	206
		Tempo de Peação/Despeação (min)	0.0
Tempo de Amarração/Desamarração (min)	0.0		
Deslocamento de Entrada (horas)	0.00		
Deslocamento de Saída (horas)	0.00		

CARGA GERAL	
Espera no Pátio (h) - Operação Tipo 01	1
Espera no Pátio (h) - Operação Tipo 02	1
Espera no Pátio (h) - Operação Tipo 03	1
Espera no Pátio (h) - Operação Tipo 04	1
Espera no Pátio (h) - Operação Tipo 05	1
Intervalo de Chegada das Cegonhas (min)	4.5
Início de Chegada das Cegonhas (h)	1.0
Tempo de Carregamento da Cegonha (min)	5.0
Tempo de Descarga Rolando (min)	1.0
Tempo Deslocamento Costado/Pátio (min)	2.0
Percentual de Antecipação de Granito (%)	100%

ARMAZÉM	
Posição Pallet Inicial	100
Capacidade do Armazém (PP)	100
Posição Pallet por Desova	10
Frequência de Retirada (h)	0.2
Posição Pallet por Retirada	10
Tempo de Retirada (min)	5

OUTRAS OPERAÇÕES		
Tempo na Pilha Para Posicionamento (h)	Desova	1.0
	Fumigação	0.5
	Pos. Fiscal	1.0
	Repesagem	1.0
Tempo de Permanencia (h)	Lacre	1.0
	Desova	1.0
	Fumigação	0.5
	Pos. Fiscal	1.0
	Repesagem	$/U(0.5, 0.5)-1)**(1/$
	Lacre	0.02

Fonte: Elaboração própria  
 Figura A2.9 - Planilha contendo os Dados Gerais

## DADOS GERAIS

- *Gate*
  - ✓ Entrada no *GATE* – DI (min): indica o tempo, em minutos, de entrada no *GATE* para DI;
  - ✓ Entrada no *GATE* – DTC (min): indica o tempo, em minutos, para entrada no *GATE* para DTC;
  - ✓ Entrada no *GATE* – DTA (min): indica o tempo, em minutos, para entrada no *GATE* para DTA;
  - ✓ Entrada no *GATE* – Embarque Direto (min): indica o tempo, em minutos, para entrada no *GATE* para embarque direto;
  - ✓ Entrada no *GATE* – Desembarque Direto (min): indica o tempo, em minutos, para entrada no *GATE* para desembarque direto;
  - ✓ Entrada no *GATE* – Exportação (min): indica o tempo, em minutos, para entrada no *GATE* para exportação;
  - ✓ Entrada no *GATE* – Granito (min): indica o tempo, em minutos, para entrada no *GATE* para transporte de granito;
  - ✓ Entrada no *GATE* – Carga Geral (min): indica o tempo, em minutos, para entrada no *GATE* para transporte de carga geral;
  - ✓ Entrada no *GATE* – Cegonha (min): indica o tempo, em minutos, para entrada no *GATE* para operação da cegonha;
  - ✓ Saída no *GATE* – DI (min): indica o tempo, em minutos, para saída no *GATE* para DI;
  - ✓ Saída no *GATE* – DTA (min): indica o tempo, em minutos, para saída no *GATE* para DTA;
  - ✓ Saída no *GATE* – Embarque Direto (min): indica o tempo, em minutos, para saída no *GATE* para embarque direto;
  - ✓ Saída no *GATE* – Desembarque Direto (min): indica o tempo, em minutos, para saída no *GATE* para desembarque direto;
  - ✓ Saída no *GATE* – Exportação/Granito (min): indica o tempo, em minutos, para saída no *GATE* para exportação e transporte de granito;
  - ✓ Saída no *GATE* – Carga Geral (min): indica o tempo, em minutos, para saída no *GATE* para transporte de carga geral;
  - ✓ Saída no *GATE* – Cegonha (min): indica o tempo, em minutos, para saída no *GATE* para operação da cegonha;
  
- *Pátio*
  - ✓ Entrega de Contêiner – RTG (min): indica o tempo, em minutos, de entrega de contêiner do pátio utilizando um transtêiner;
  - ✓ Recebimento de Contêiner – RTG (min): indica o tempo, em minutos, de recebimento de contêiner no pátio utilizando um transtêiner;
  - ✓ Entrega de Carga Geral – RTG (min): indica o tempo, em minutos, de entrega de carga geral do pátio utilizando um transtêiner;
  - ✓ Recebimento de Carga Geral – RTG (min): indica o tempo, em minutos, de recebimento de carga geral no pátio utilizando um transtêiner;
  - ✓ Entrega de Contêiner – RS (min): indica o tempo, em minutos, de entrega de contêiner do pátio utilizando uma *reach stacker*;
  - ✓ Recebimento de Contêiner – RS (min): indica o tempo, em minutos, de recebimento de contêiner no pátio utilizando uma *reach stacker*;

- ✓ Entrega de Carga Geral – RS (min): indica o tempo, em minutos, de entrega de carga geral do pátio utilizando uma *reach stacker*;
- ✓ Recebimento de Carga Geral – RS (min): indica o tempo, em minutos, de recebimento de carga geral no pátio utilizando uma *reach stacker*;
  
- Costado
  - Guindaste
    - ✓ Descarga de Contêiner (min): indica o tempo, em minutos, de descarga de contêiner do navio utilizando um guindaste;
    - ✓ Embarque de Contêiner (min): indica o tempo, em minutos, de embarque de contêiner no navio utilizando um guindaste;
    - ✓ Descarga de Carga Geral (min): indica o tempo, em minutos, de descarga de carga geral do navio utilizando um guindaste;
    - ✓ Embarque de Carga Geral (min): indica o tempo, em minutos, de embarque de carga geral no navio utilizando um guindaste;
    - ✓ Movimentação de Tampões (min): indica o tempo, em minutos, de movimentação de tampões do navio utilizando um guindaste;
  - Porteiner
    - ✓ Descarga de Contêiner (min): indica o tempo, em minutos, de descarga de contêiner do navio utilizando um porteiner;
    - ✓ Embarque de Contêiner (min): indica o tempo, em minutos, de embarque de contêiner no navio utilizando um porteiner;
    - ✓ Movimentação de Tampões (min): indica o tempo, em minutos, de movimentação de tampões do navio utilizando um porteiner;
  - Balança
    - ✓ Pesagem (min): indica o tempo, em minutos, de pesagem no costado;
  
- Contêiner Exportação
  - Chegada (dias)
    - ✓ Chegada Antes da Atracação: indica o número de dias de chegada de carretas de contêineres para exportação antes da atracação;
  - Percentual da Carga (%)
    - ✓ Posicionamento: indica o percentual da carga de contêiner para exportação que farão posicionamento;
    - ✓ OOG: indica o percentual da carga de contêiner para exportação OOG;
    - ✓ *Reefer*: indica o percentual da carga de contêiner para exportação *reefer*;
    - ✓ IMO: indica o percentual da carga de contêiner para exportação IMO;

- Contêiner Importação
  - Espera no Pátio (h)
    - ✓ DI: indica o tempo de espera no pátio, em horas, de contêineres para importação DI;
    - ✓ DTC: indica o tempo de espera no pátio, em horas, de contêineres para importação DTC;
    - ✓ DTA: indica o tempo de espera no pátio, em horas, de contêineres para importação DTA;
    - ✓ Pós Desova: indica o tempo de espera no pátio, em horas, de contêineres para importação pós desova;
  - Percentual da Carga (%)
    - ✓ OOG: indica o percentual de carga de contêineres para importação OOG;
    - ✓ *Reefer*: indica o percentual de carga de contêineres para importação *reefer*;
    - ✓ IMO: indica o percentual de carga de contêineres para importação IMO;
    - ✓ DTC: indica o percentual de carga de contêineres para importação DTC;
    - ✓ DTA: indica o percentual de carga de contêineres para importação DTA;
    - ✓ Desova: indica o percentual de carga de contêineres para importação desova;
    - ✓ Número de Grupos DTA: indica o número de grupos DTA nos contêineres para importação;
    - ✓ Posicionamento: indica o percentual de carga de contêineres para importação que farão posicionamento;
    - ✓ Lacre: indica o percentual de carga de contêineres para importação que farão revisão de lacre;
    - ✓ Repesagem: indica o percentual de carga de contêineres para importação que terão repesagem;
    - ✓ Fumigação: indica o percentual de carga de contêineres para importação que terão fumigação;
  
- Contêineres Vazios
  - Exportação
    - ✓ Percentual de Antecipação (%): indica o percentual de antecipação de contêineres vazios para exportação;
    - ✓ Intervalo entre Chegadas na Operação (min): indica o intervalo entre chegadas, em minutos, de carretas de contêineres vazios para exportação;
  - Importação
    - ✓ Número de Veículos Disponíveis: indica o número de veículos disponíveis para transporte de contêineres vazios para importação;
    - ✓ Intervalo para o Retorno (min): indica o intervalo de retorno, em minutos, de carretas de contêineres vazios para importação;

- Navegação
  - ✓ Percentual de Espera na Barra (%): indica o percentual de navios que esperam na barra;
  - ✓ Tempo de Espera na Barra (h): indica o tempo de espera dos navios na barra em horas;
  - ✓ Horário de Início da Noite (h): indica o horário de início da noite;
  - ✓ Horário de Término da Noite (h): indica o horário de término da noite;
  - ✓ Tamanho Máximo para Operação Noturna (m): indica o tamanho máximo, em metros, do navio para operação noturna;
  - ✓ Tempo de Peação/Despeação (min): indica o tempo de peação e despeação, em minutos para a navegação;
  - ✓ Tempo de Amarração/Desamarração (min): indica o tempo de amarração e desamarração, em minutos, para a navegação;
  - ✓ Deslocamento de Entrada (horas): indica o tempo de deslocamento de entrada dos navios em horas;
  - ✓ Deslocamento de Saída (horas): indica o tempo de deslocamento de saída dos navios em horas;

## CARGA GERAL

- Espera no Pátio (h) – Operação Tipo 1: indica o tempo de espera no pátio, em horas, para operação do tipo 1 para carga geral;
- Espera no Pátio (h) – Operação Tipo 2: indica o tempo de espera no pátio, em horas, para operação do tipo 2 para carga geral;
- Espera no Pátio (h) – Operação Tipo 3: indica o tempo de espera no pátio, em horas, para operação do tipo 3 para carga geral;
- Espera no Pátio (h) – Operação Tipo 4: indica o tempo de espera no pátio, em horas, para operação do tipo 4 para carga geral;
- Espera no Pátio (h) – Operação Tipo 5: indica o tempo de espera no pátio, em horas, para operação do tipo 5 para carga geral;
- Intervalo de Chegada das Cegonhas (min): indica o intervalo de chegadas das cegonhas, em minutos, para transporte de carros;
- Início de Chegada das Cegonhas (h): indica a hora de início da chegada das cegonhas para transporte de carros;
- Tempo de Carregamento da Cegonha (min): indica o tempo de carregamento da cegonha em minutos.
- Tempo de Descarga Rolando (min): indica o tempo de descarga rolando, em minutos, para carga geral;
- Tempo Deslocamento Costado/Pátio (min): indica o tempo de deslocamento entre costado e pátio, em minutos, para a carga geral;
- Percentual de Antecipação Granito (%): indica o percentual de antecipação do granito;

## ARMAZÉM

- Posição *Pallet* Inicial: indica a posição *Pallet* inicial no armazém;
- Capacidade do Armazém (PP): indica a capacidade do armazém;
- Posição *Pallet* por Desova: indica o aumento da posição *Pallet* por desova no armazém;
- Frequência da Retirada(h): indica a frequência da retirada de *Pallets* do armazém em horas;
- Posição *Pallet* por Retirada: indica a redução da posição *Pallet* por retirada do armazém;
- Tempo de Retirada (min): indica o tempo de retirada do armazém em minutos;

## OUTRAS OPERAÇÕES

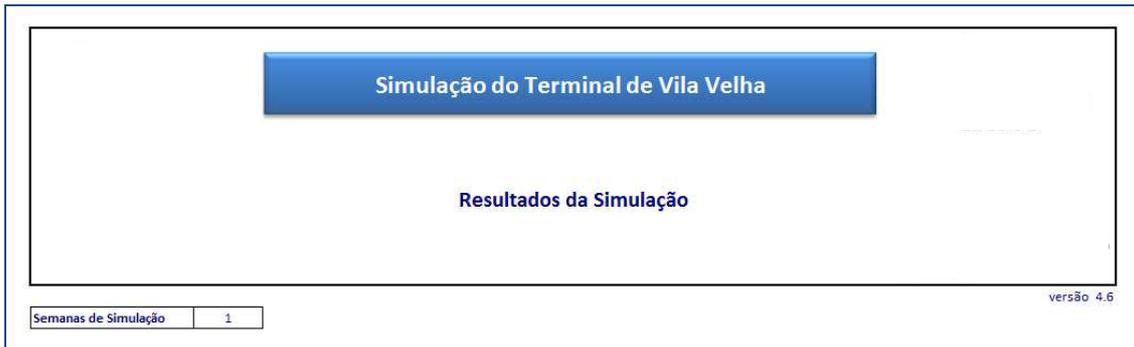
- Tempo na Pilha Para Posicionamento (h)
  - ✓ Desova: indica o tempo na pilha, em horas, para posicionamento na desova;
  - ✓ Fumigação: indica o tempo na pilha, em horas, para posicionamento na fumigação;
  - ✓ Pos. Fiscal: indica o tempo na pilha, em horas, para posicionamento na posição fiscal;
  - ✓ Repesagem: indica o tempo na pilha, em horas, para posicionamento na repesagem;
  - ✓ Lacre: indica o tempo na pilha, em horas, para revisão do lacre;
- Tempo de Permanência (h)
  - ✓ Desova: indica o tempo de permanência na desova, em horas;
  - ✓ Fumigação: indica o tempo de permanência na fumigação, em horas;
  - ✓ Pos. Fiscal: indica o tempo de permanência na posição fiscal, em horas;
  - ✓ Repesagem: indica o tempo de permanência na repesagem, em horas;
  - ✓ Lacre: indica o tempo de permanência em revisão de lacre, em horas.

### c. Indicadores gerados

Conforme mencionado no item *a* acima, os indicadores principais são obtidos, como resultado da simulação, através de gráficos ou em forma de tabelas em arquivos Excel.

No arquivo Resultados.xls encontram-se várias planilhas contendo alguns resultados obtidos da simulação. Descreve-se a seguir o conteúdo de cada uma delas:

## i. Capa



Fonte: Elaboração própria  
 Figura A2.10 - Planilha contendo a Capa

- Esta planilha exibe o número de semanas da simulação.

## ii. Navios

DADOS DOS NAVIOS																
Navio	Serviço	Berço	Espera na Barra (h)	Atracação (h)	Data de Atracação	Operação (h)	Desatracação (h)	Movimentos	Janela de Operação	Quantidade de Ternos	Produtividade (Mov/h)	Custo de Peação (R\$)	Custo de Capatazia (R\$)	Custo de Amarração (R\$)	Custo de Transporte (R\$)	Outros Custos (R\$)
1	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
2	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
3	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
4	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
5	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
6	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
7	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
8	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
9	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
10	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
11	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
12	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
13	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
14	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
15	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
16	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
17	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
18	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
19	0	0	0.00	0.00	00:00:00	0.00	0.00	0	0	0	0	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00

Fonte: Elaboração própria  
 Figura A2.11 - Planilha contendo os dados dos Navios

- Informa os dados de cada navio, nome do serviço, berço de atracação, tempo de espera na barra, hora da atracação, data da atracação, hora da operação, hora da desatracação, número de movimentos, janela de operação, quantidade de ternos utilizados, produtividade, custo de peação, custo de capatazia, custo de amarração, custo de transporte e outros custos.

### iii. Operação

OPERAÇÕES													
OPERAÇÃO SIMULTÂNEA DE NAVIOS													
Navio	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
Operação (h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 Navios (h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentual	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
OPERAÇÃO DE RECURSOS (H)													
Turno / Recursos	Costado	Gates											
07 x 19	0	0											
19 x 07	0	0											

Fonte: Elaboração própria

Figura A2.12 - Planilha contendo as informações da Operação

- Informa as horas de operação simultânea de navios e o percentual por mês e anual.
- Informa as horas de operação de recursos no Costado e nos *Gates*.

### iv. Gates

GATES								
TEMPOS NO GATE (MIN)					RESUMO DOS TEMPO (MIN)			
Fila de Entrada	Fila de Saída	Gate In	Gate Out	Tipo de Operação	Tempos		Entrada	Saída
					Filas	Máximo	0.0	0.0
						Médio	#DIV/0!	#DIV/0!
						Mínimo	0.0	0.0
					Gates	Máximo	0.0	0.0
						Médio	#DIV/0!	#DIV/0!
						Mínimo	0.0	0.0

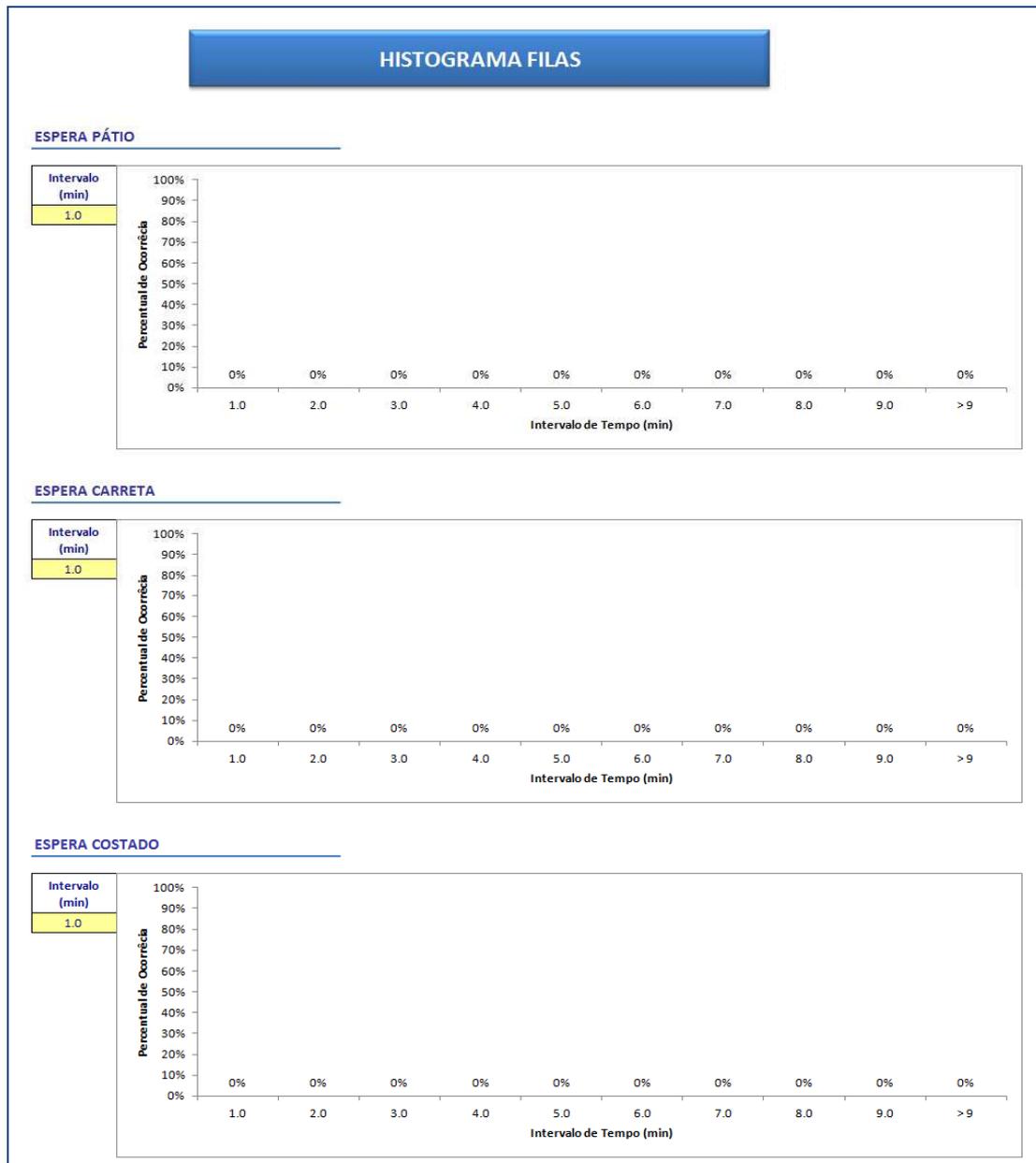
Fonte: Elaboração própria

Figura A2.13 - Planilha contendo as informações dos Gates

- Informa o tempo gasto no *Gate* na fila de entrada e saída e no *Gate In* e *Gate Out* por tipo de operação em minutos.
- Informa os tempos de entrada e saída mínimos, médios e máximos nas filas e nos *Gates* em minutos.



## vi. Histograma Filas



Fonte: Elaboração própria

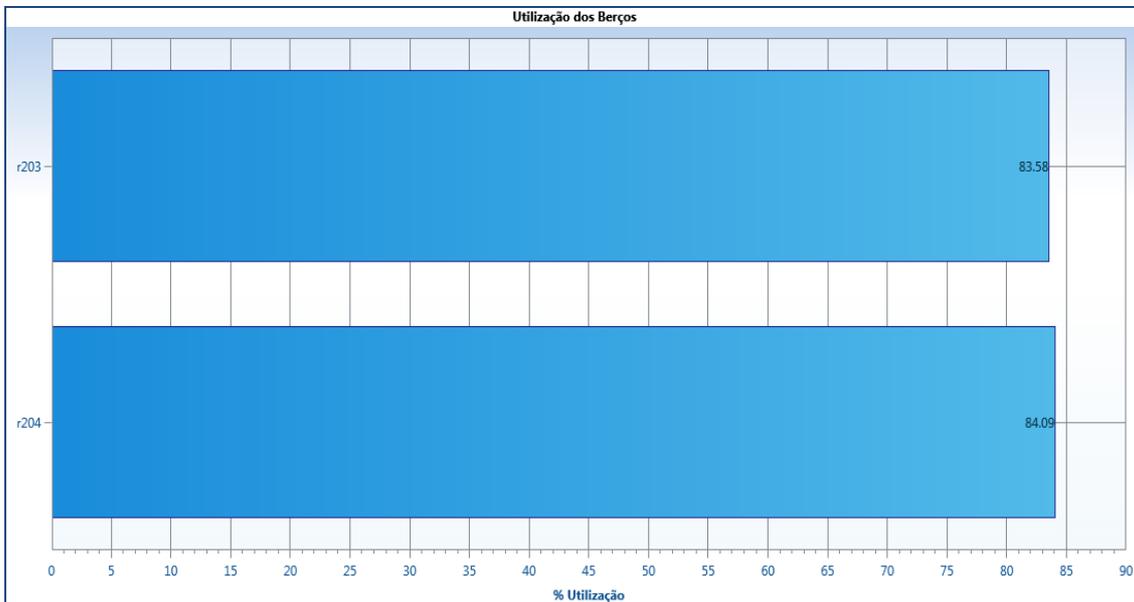
Figura A2.15 - Planilha contendo o Histograma de Filas

- Apresenta o histograma da espera no pátio, observando o intervalo de tempo pelo percentual de ocorrências.
- Apresenta o histograma da espera de carretas, observando o intervalo de tempo pelo percentual de ocorrências.
- Apresenta o histograma da espera no costado, observando o intervalo de tempo pelo percentual de ocorrências.

Além dos resultados gravados no arquivo mencionado acima, ao final de uma simulação o modelo gera uma série de gráficos. Esses gráficos foram separados em abas com a

finalidade de agrupá-los por assunto. A seguir faremos uma descrição dos gráficos de cada aba (nome dos itens).

### i. Utilização dos Berços

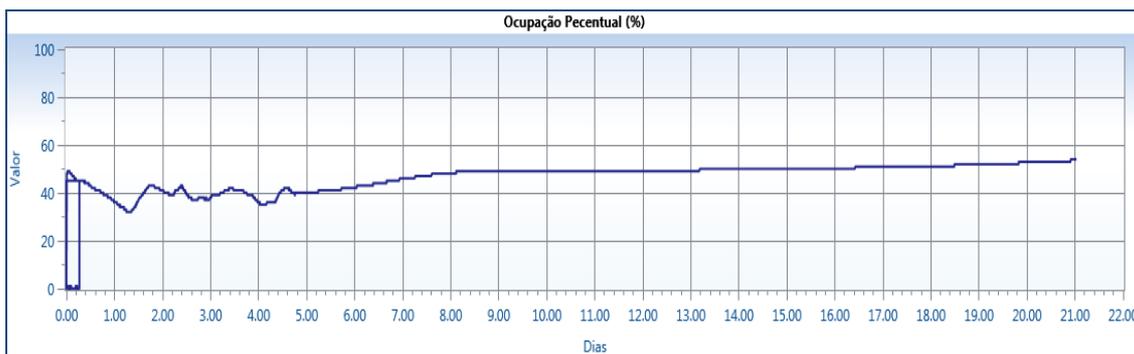


Fonte: Resultados do Output Viewer

Figura A2.16 - Gráfico contendo a Utilização dos Berços

- Este indicador representa o percentual do tempo total, em que os berços 203 e 204 ficam ocupados por um navio.

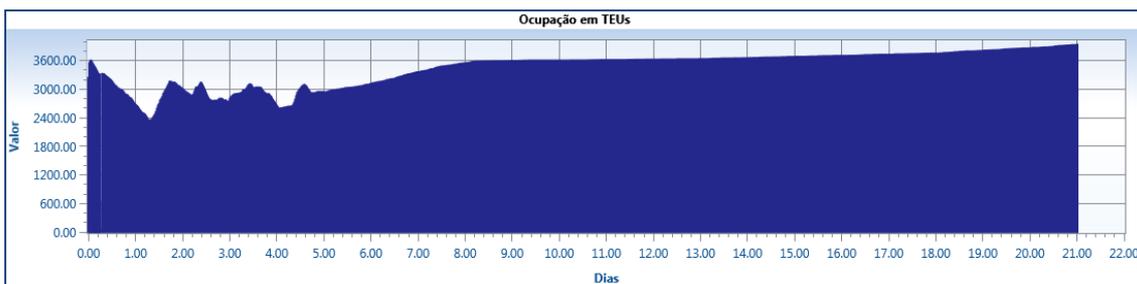
### ii. Ocupação Pátio Geral



Fonte: Resultados do Output Viewer

Figura A2.17 - Gráfico com o percentual de Ocupação do Pátio

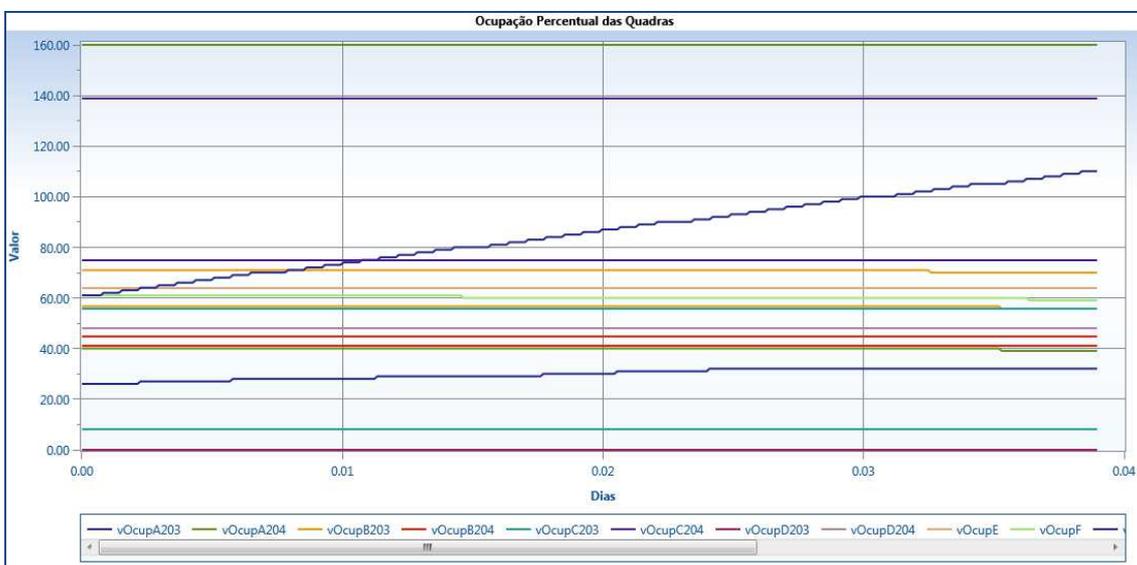
- Este indicador representa o percentual de ocupação do pátio por dia.



Fonte: Resultados do Output Viewer  
 Figura A2.18 - Gráfico com a Ocupação do Pátio em TEUs

➤ Este indicador representa os TEUs de ocupação do pátio por dia.

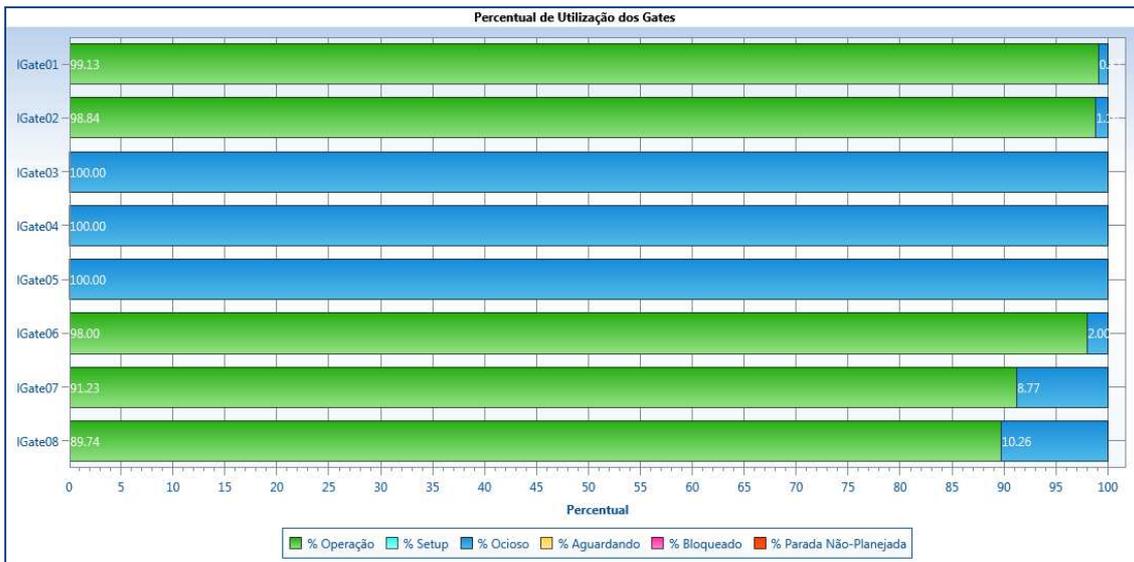
### iii. Ocupação Pátio



Fonte: Resultados do Output Viewer  
 Figura A2.19 - Gráfico com a Ocupação Percentual das Quadras

➤ Este indicador representa o percentual de ocupação de cada quadra por dia.

#### iv. Utilização dos Gates



Fonte: Resultados do Output Viewer

Figura A2.20 - Gráfico com o Percentual de Utilização dos Gates

- Este indicador representa o percentual do tempo total em que cada *Gate* se encontra em operação, *setup*, ocioso, aguardando, bloqueado e em parada.

#### v. Filas Gates



Fonte: Resultados do Output Viewer

Figura A2.21 - Gráfico com o Número de Veículos nas Filas

- Este indicador representa o número total de veículos nas filas de entrada e saída dos *Gates* por dia.

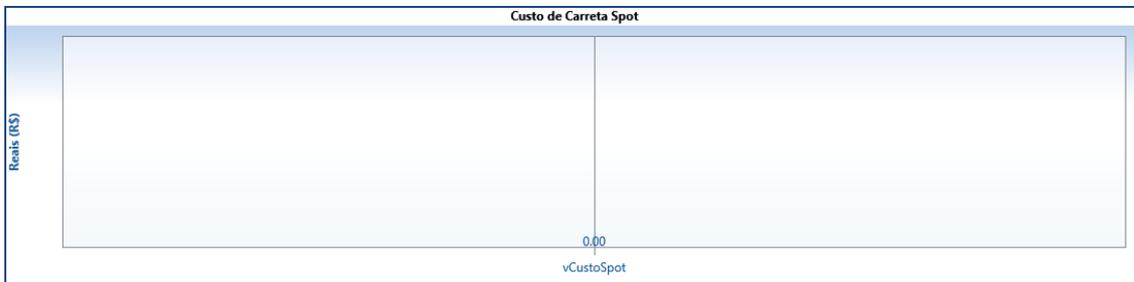
## vi. Custo de Recursos



Fonte: Resultados do Output Viewer

Figura A2.22 - Gráfico dos Custos Totais dos Recursos

- Este indicador representa o custo total de cada recurso utilizado.



Fonte: Resultados do Output Viewer

Figura A2.23 - Gráfico com o Custo da Carreta Spot

- Este indicador representa o custo da contratação de carretas *Spot*.

## vii. Utilização Equip. Pátio

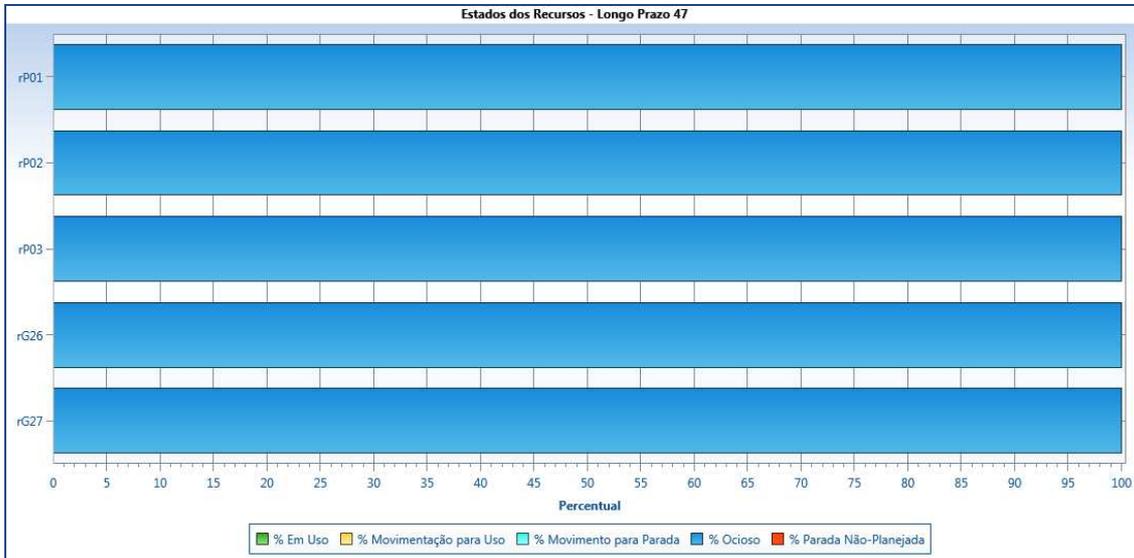


Fonte: Resultados do Output Viewer

Figura A2.24 - Gráfico com a utilização de Equipamentos no Pátio

- Este indicador representa o percentual do tempo total em que cada equipamento do pátio esta em uso, em movimentação, ocioso e em parada.

### viii. Utilização Costado

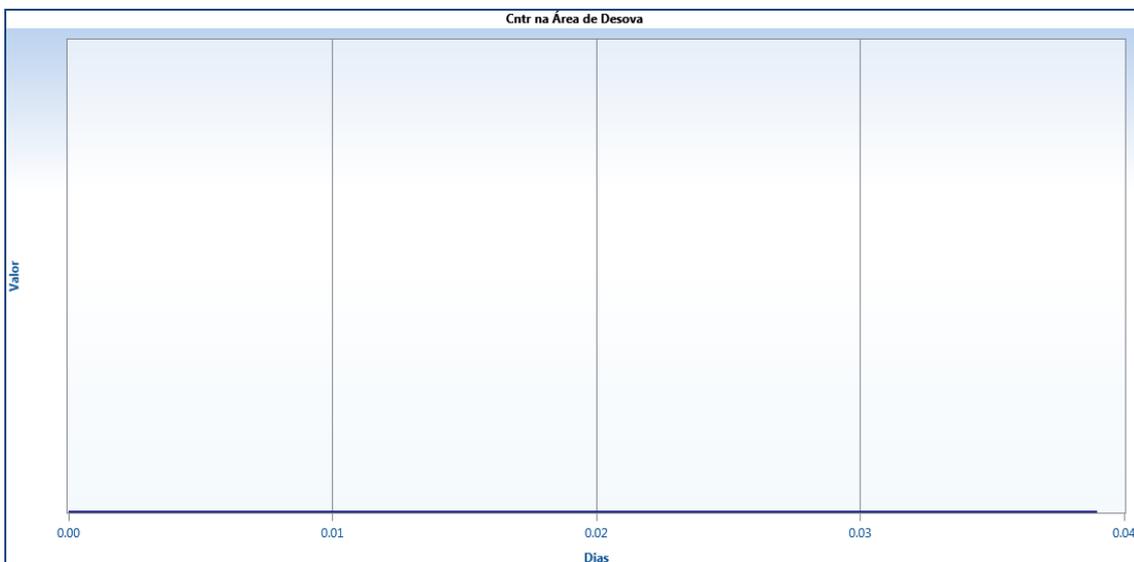


Fonte: Resultados do Output Viewer

Figura A2.25 - Gráfico com o Estado dos Recursos no Costado

- Este indicador representa o percentual do tempo total em que os recursos do costado se encontram em utilização, ociosos, em movimentos e paradas.

### ix. Desova

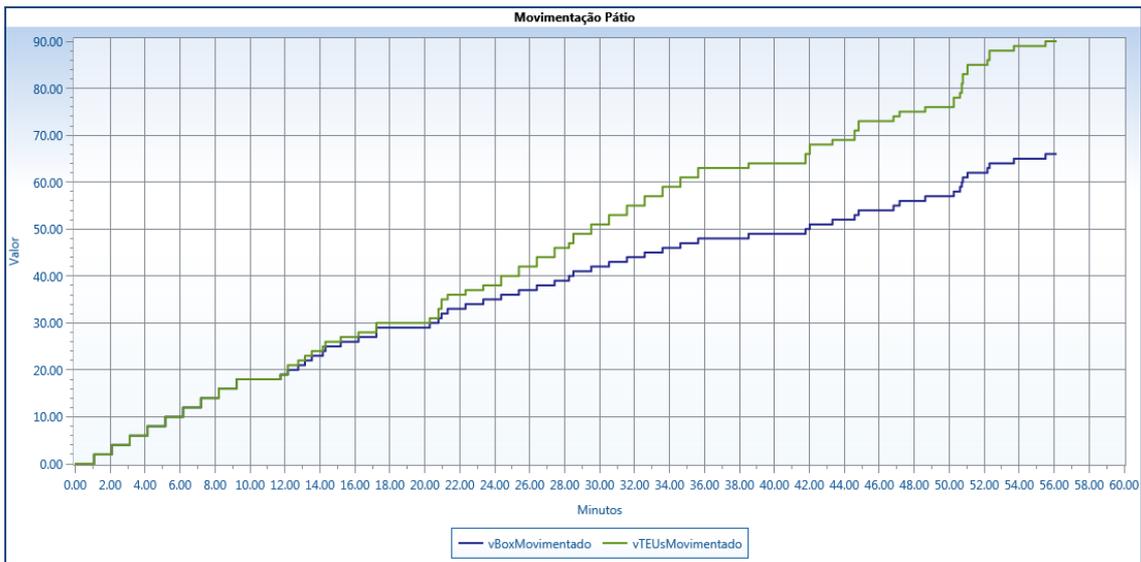


Fonte: Resultados do Output Viewer

Figura A2.26 - Gráfico com a quantidade de contêineres na Área de Desova

- Este indicador representa o valor de contêineres na área da desova por dia.

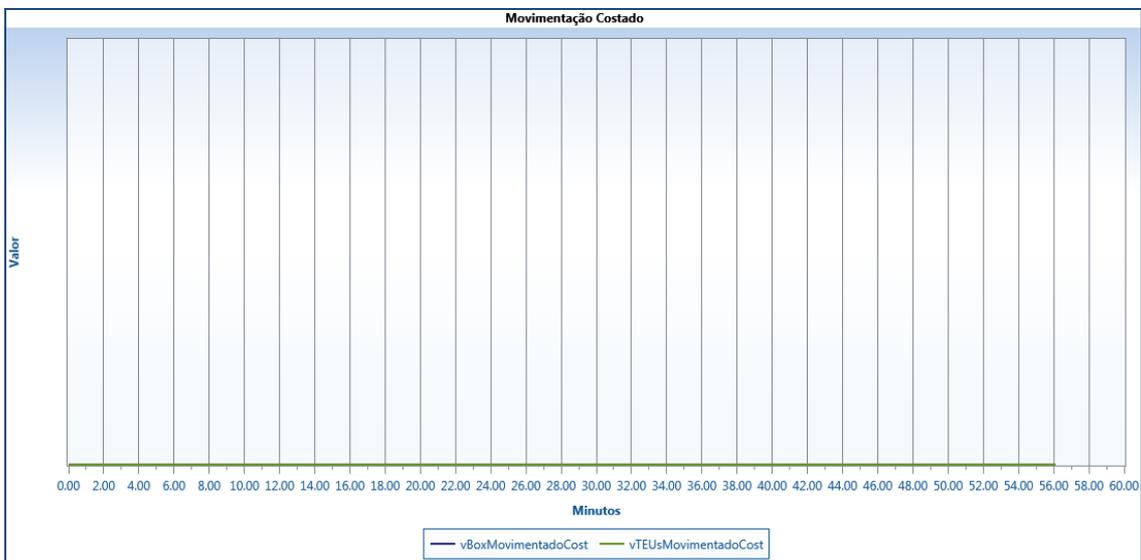
## x. Mov. Pátio



Fonte: Resultados do Output Viewer  
Figura A2.27 - Gráfico com a Movimentação no Pátio

- Este indicador representa o número de contêineres e TEUs movimentados no pátio por dia.

## xi. Mov. Costados



Fonte: Resultados do Output Viewer  
Figura A2.28 - Gráfico com a Movimentação no Costado

- Este indicador representa o número de contêineres e TEUs movimentados no costado por dia.

### **ANEXO 3: TERMINAIS DE CONTEINERES NO BRASIL – CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS**

Neste anexo são descritas as principais características dos 17 terminais de contêineres mencionados anteriormente.

#### a) Tecon Santos (Santos Brasil - Tecon 1)

A Tecon Santos conta com quatro berços que juntos somam 980 m contínuos de cais acostável, calado de 15 m e 596 mil m<sup>2</sup> de área total. Sua infraestrutura também inclui dois armazéns cobertos que ocupam uma área de 12 mil m<sup>2</sup> e três quilômetros de trilhos dentro do terminal, divididos em quatro linhas de 750 m, com capacidade para receber qualquer tipo de trem. Contando com 2.500 funcionários capacitados e 2 mil tomadas *reefer*, 46 RTGs, 22 *reach stackers*, 13 guindastes PT, 1 MHC e 30 *Terminal Tractors* possui capacidade de movimentação anual de 2 milhões de TEU e estrutura para operar navios *Super Post Panamax*. Além disso, possui sistema operacional de última geração, com controle online de todos os processos, com 150 câmeras de vídeo instaladas em locais estratégicos do terminal e 100% dos equipamentos controlados por GPS.

#### b) Libra (Terminais 35 e 37 em Santos)

A Libra Terminais Santos conta com 155 mil m<sup>2</sup> de área total, sendo 105 m<sup>2</sup> de área abrigada para conferência aduaneira, contando com salas exclusivas para a Receita Federal, para os Ministérios da Saúde e da Agricultura e para Despachos Aduaneiros, e com 11 mil m<sup>2</sup> de armazém coberto com área exclusiva para cargas perigosas e equipamentos para suas operações (empilhadeiras contrabalanceadas e articuladas, sistema de filmagem com balança integrada e implantação de *software* de gestão, e equipamentos para monitoramento e segurança). O terminal possui três berços de atracação, somando 1.085 m de extensão e 13,3 m de calado. Conta com 1.200 tomadas para contêineres *reefer*, monitoramento eletrônico de contêineres refrigerados, 11 portaineres, sendo 6 *post-panamax*, 17 RTGs e 19 *reach stacker Kalmar* tendo uma capacidade estática de 15.600 TEU.

#### c) TECONDI

O Tecondi totaliza 150 mil m<sup>2</sup> de área, com 703 m de área de costado e três berços privativos de atracação e mais três berços públicos contíguos e até 17 m de calado, além de 6.750 m<sup>2</sup> de armazéns para abrigar cargas, e escritórios de apoio aos órgãos anuentes

do setor portuário. O terminal conta com 8 portaineres munidos de *spreader* automático Bromma, 4 com alcance *super post-panamax* e 4 com alcance *post-panamax*, 32 empilhadeiras tipo *reach stacker*, 1 empilhadeira tipo *reach stacker CVS-Ferrari*, 2 empilhadeiras garfo, 2 empilhadeiras tipo *reach stacker Kalmmar*, 2 *Tug masters*, 38 empilhadeiras de pequeno porte, 12 balanças eletrônicas rodoviárias e 420 tomadas para contêineres *reefer* tendo uma capacidade de operar 700 mil TEUs/ano. Além disso, seu parque tecnológico inclui controle informatizado de todas as operações, intercâmbio de dados via EDI e pela internet e dispositivos de segurança com circuito fechado de TV. O Tecondi possui também 1.150 m de ramais férreos diretamente ligados à malha ferroviária do Porto de Santos.

#### d) RODRIMAR

O Terminal Portuário de Contêineres do Sabó possui uma área total de 70.000 m<sup>2</sup>, com 3.000 m<sup>2</sup> de área coberta para carga geral e 890 m<sup>2</sup> de área coberta para produtos químicos e perigosos. Tem 325 m de extensão no cais e calados variando entre 10,80 a 11,50 m na baixa, e máximo de 12,20 m. Conta com 220 tomadas *reefers*, 3 guindastes MHC, 14 *reach stackers* e 18 empilhadeiras, tendo uma capacidade estimada para 230 mil TEUs/ano e 6.500 TEUs de capacidade estática.

#### e) Libra Rio (Terminal 1)

A Libra Terminais Rio de Janeiro possui uma área total de 136 mil m<sup>2</sup>, sendo 100% alfandegada, contando com salas exclusivas para a Receita Federal, para os Ministérios da Saúde e da Agricultura e para Despachantes Aduaneiros, com 9,6 mil m<sup>2</sup> de armazém coberto, possuindo área segregada para cargas perigosas, um calado de 13 m com 3 berços de atracação que correspondem a 545 m de extensão de cais. O terminal conta com 270 tomadas para contêineres refrigerados, 4 portaineres, sendo 2 *post-panamax*, 4 RTG, 13 *reach stacker Kalmar*, 1 MHC- *Fantuzzi* tendo uma capacidade estática de 11.200 TEU. Além disso, o terminal possui monitoramento de contêineres refrigerados e câmara com temperatura controlada.

#### f) MultiRio

O Terminal de Contêineres MultiRio possui uma área total de 185 mil m<sup>2</sup>, com 20 mil m<sup>2</sup> de armazém e dois berços com extensão de 533 m e 13 m de calado. Com 200 tomadas para contêineres refrigerados apresenta uma capacidade de armazenamento estática de 12.144 TEU.

g) Sepetiba Tecon

O terminal possui 3 berços de atracação com calados de 14,3 m e 13,5 m, totalizando um cais de 810 m de comprimento, sendo 540 contínuos. Ele está dividido em duas áreas, na primeira onde estão localizados o edifício central da administração, a oficina de manutenção, o prédio de controle e inspeção e os *Gates* tem uma área total de 200 mil m<sup>2</sup>. A segunda, local de armazenagem de contêineres, produtos siderúrgicos e outras cargas, também possui 200 mil m<sup>2</sup>. Ambas são atendidas por dois ramais ferroviários. Conta com 2 *Mobile Harbour Cranes*, 4 portaineres *post-panamax*, 20 *reach stackers*, 2 transtêineres RTG e 26 empilhadeiras.

h) Vila Velha

O Terminal de Vila Velha possui uma área de 113 mil m<sup>2</sup>, com 13.500 m<sup>2</sup> de área coberta, 450 m de comprimento dos berços e um calado de 10,67 m. Conta com 3 guindastes, 3 portaineres *panamax*, 3 transtêineres sobre pneus, 1 transtêiner sobre trilho, 2 guindastes *takraf*, 7 *reach stackers* e empilhadeiras. Este terminal, escolhido para o estudo de caso, será melhor detalhado no próximo item.

i) Tecon Rio Grande

O terminal possui um cais com 900 m de comprimento e um calado de 14,5 m, com uma área total de 735 mil m<sup>2</sup> e armazém com área de 17 mil m<sup>2</sup>. Contando com 2 mil tomadas para contêineres refrigerados, 6 guindastes móveis, 18 *reach stackers*, 7 *front loaders*, 22 *fork lifts*, 48 tratores de pátio e 8 guindastes RTG tendo uma capacidade estática de 39 mil TEU. Além disso, também tem acesso interno à malha ferroviária e 10 in/out *gates* para caminhões.

j) Paranaguá

O terminal possui 564 m de cais com dois berços de atracação e um calado de 12 m, com 320 mil m<sup>2</sup> de pátio para armazenagem de contêineres e 12 mil m<sup>2</sup> de armazém alfandegado e área de contenção específica de cargas químicas ou perigosas, além de um ramal ferroviário. Dispõe ainda de estrutura para abrigar a Receita Federal e Ministério da Agricultura. A estrutura conta com três subestações de 13.8 Kva para suportar as tomadas *reefer*, iluminação e equipamentos portuários e 2.812 tomadas para contêineres *reefer*, além de 6 STS (2 *Kone Cranes Panamax*, 2 *IMPSA pós-panamax*, e 2 *Liebherr pós-panamax*), 2 MHC, 20 RTG (16 *Kone Cranes* e 4 *Kalmar*), 5 *reach*

*stackers* (3 *Kone Cranes* e 2 *Terex*), 3 empilhadeiras de vazios (2 *Kalmar* e 1 *Kone Cranes*), 29 *terminal tractors* (12 *Sisu Magnum* e 12 *Terberg*), scanner (raio-x) *Heimann Cargo System Silhouette*, *Scanner Smiths HCVP* e *OCR– Optical Character Recognition*.

k) Teconvi

A APM Terminals Itajaí S.A responde por 100% da movimentação de contêineres no Porto de Itajaí, o qual possui quatro berços de atracação somando 1.035 m de comprimento e com calado homologado em 10,5 m. A área de ocupação da empresa possui cerca de 180 mil m<sup>2</sup> e conta com 744 tomadas para contêineres refrigerados em área privada e 628 em área pública. Além disso, a operação de cargas é realizada por 4 guindastes do tipo MHC, 16 empilhadeiras do tipo *reach stacker* e 2 portaineres pós-Panamax.

l) Santa Catarina – TESC

O Terminal de Santa Catarina possui uma área em uso de 57 mil m<sup>2</sup>, área de expansão de 10 mil m<sup>2</sup>, área de armazenagem de contêineres de 50 mil m<sup>2</sup> e armazém com 4 mil m<sup>2</sup>. Nele são encontrados dois berços, um com 383 m e calado de 13 m, outro com 220 m e calado de 8 m. Com uma capacidade estática de 3 mil TEU.

m) TECON Suape

O Tecon Suape está implantado uma área de 280 mil m<sup>2</sup>, com dois berços de atracação com extensão total de 660 m e calado de 15,5 m, contando ainda com o berço público do Porto de Suape com 275 m. A estrutura do terminal inclui um escritório da alfândega, um galpão para inspeção das Autoridades Fiscalizadoras, um armazém alfandegado, uma plataforma ferroviária e uma completa estrutura para fornecimento de energia e monitoramento de temperatura para contêineres refrigerados.

n) TECON Salvador

A Tecon Salvador possui dois cais em sua estrutura, o Cais Água de Meninos com 377 m, calado de 15 m e 3 portaineres super *post Panamax*, e o Cais de Ligação com 240 m, calado de 12 m e 3 portaineres Panam. Com uma área total de 118 mil m<sup>2</sup>, e 4 mil m<sup>2</sup> de armazém alfandegário, o terminal opera com 8 RTGs (6 RTGs elétricos e 2 RTGs diesel), 8 *reach stackers*, 3 empilhadeiras para contêineres vazios, 1 transtêiner, 32 tratores de pátio, 684 tomadas para contêineres frigoríficos e 7 empilhadeiras. A 20 km

do porto existe um local de *Depot* com área total de 150 mil m<sup>2</sup>, área de PTI e vistoria, oficina para reparo de maquinário e estrutura contando com 5 empilhadeiras, 210 tomadas para PTI, 2 empilhadeiras de pequeno porte e 4 tratores de pátio. O terminal tem capacidade de movimentação de 500 mil TEU por ano.

o) Convicon

O Tecon Vila do Conde possui 103 mil m<sup>2</sup> de área total, 7,5 mil m<sup>2</sup> de armazéns cobertos, cais acostável de 254 m e um calado de 13 m. Contando com 171 funcionários, 1 câmara de inspeção de mercadorias refrigeradas que atende a 4 contêineres, 250 tomadas *refeer*, 4 *reach stackers*, 2 guindastes MHC e 1 empilhadeira Asa Delta. Tem uma capacidade anual de movimentação de 120 mil TEU.

p) Pecém

O Terminal Pecém possui 380 mil m<sup>2</sup> de pátio e 16,250 mil m<sup>2</sup> de armazéns cobertos. Sua área acostável está dividida em três, são elas a área do Píer 1, com 350 m de comprimento, 2 berços e calado de 15 m, o Píer 2, com 336,56 m de comprimento, 2 berços e calado de 15,5 m, e o Píer de Rebocadores com 76,55 m de comprimento e 2 berços. Para seu funcionamento o terminal conta com um guindaste e um descarregador, ambos sobre trilhos, dois guindastes *Gottwald*, esteira transportadora, quatro braços de carga de 12” de diâmetro, dois braços de carga de 10” de diâmetro, dois braços de carga de 8” de diâmetro e das balanças rodoviárias.

q) Super Terminais - AM

O Super Terminais possui uma área total de 104 mil m<sup>2</sup>, sendo destes 9 mil m<sup>2</sup> de armazéns, um cais acostável de 360 m e calado de 35 m com rio na seca e 50 m com rio na cheia. Para seu funcionamento conta com 3 *Reach stackers*, 2 empilhadeiras, 3 Top Loader, chassis de 20”02 e 03 eixos e de 40”02 e 03 eixos, carretas baú, cavalos mecânicos, veículos tracionadores, 280 tomadas *refeer* e 3 guindastes.