

**Estudo operacional do terminal de contêineres de Vila Velha – ES, utilizando simulação e recursos de otimização**

**Daniel Seda Vieira**

**Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil (Transportes)**

**Mestrado em Engenharia Civil (Transportes)  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Vitória, Fevereiro de 2005**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

# **Estudo operacional do terminal de contêineres de Vila Velha – ES, utilizando simulação e recursos de otimização**

**Daniel Seda Vieira**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil.

Aprovada em 21/02/2005 por:

---

Prof. Gregório Coelho de Moraes Neto.  
UFES (Orientador)

---

Prof<sup>a</sup>. Marta Monteiro da Costa Cruz.  
UFES (Co-Orientadora)

---

Prof<sup>a</sup> Eliana Zandonade.  
UFES (Examinador Interno)

---

Prof Luiz Antonio Silveira Lopes.  
IME (Examinador Externo)

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

V658e Vieira, Daniel Seda, 1977-  
Estudo operacional do terminal de contêineres de Vila Velha, ES, utilizando simulação e recursos de otimização / Daniel Seda Vieira. – 2005.  
152 f. : il.

Orientador: Gregório Coelho de Moraes Neto.

Co-Orientadora: Marta Monteiro da Costa Cruz.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Terminais (Tranportes) - Vila Velha (ES). 2. Métodos de simulação. 3. Transporte marítimo. 4. Pesquisa operacional. 5. Teoria das filas. 6. Transporte por containers. I. Moraes Neto, Gregório Coelho de. II. Cruz, Marta Monteiro da Costa. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 624

---

"Numa sociedade com base no conhecimento, por definição,  
é necessário que você seja estudante a vida toda."  
Tom Peters

## AGRADECIMENTOS

Ao programa de Engenharia Civil – Transportes – PGECIVIL/UFES, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao professor Gregório Coelho de Moraes Neto, pela dedicação a minha orientação, pela paciência, pelo incentivo e pelos conhecimentos transmitidos ao longo deste trabalho.

A professora Marta Monteiro da Costa Cruz pela co-orientação, e pelos questionamentos construtivos que ajudaram na realização deste trabalho.

A professora Eliana Zandonade pelos ensinamentos transmitidos.

Ao professor Luiz Antonio Silveira Lopes, pela gentileza de tratamento e pela contribuição que prestou em minha defesa.

Ao Wilton Costa Drumond Sousa pelo apoio nos momentos necessários.

Aos meus pais pela educação que pude ter, e por sempre acreditarem em mim.

A Companhia Vale do Rio Doce que possibilitou cursar este curso e pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu amigo Pedro Zanandrea pelo seu imenso apoio e pela atenção que sempre me prestou.

E uma dedicação especial a minha avó, Helena, pelo incentivo e como uma forma de agradecimento a todas as alegrias que ela sempre me proporcionou.

Resumo da dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFES como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Transportes

ESTUDO OPERACIONAL DO TERMINAL DE CONTÊINERES DE VILA VELHA – ES,  
UTILIZANDO SIMULAÇÃO E RECURSOS DE OTIMIZAÇÃO

Daniel Seda Vieira

Fevereiro/2005

Orientador: Gregório Coelho de Moraes Neto - D.Eng.

Co-Orientadora: Marta Monteiro da Costa Cruz - D.Sc.

O presente trabalho apresenta um estudo operacional do terminal de contêineres de Vila Velha - ES, visando identificar nas atividades de embarque e desembarque uma melhor condição de operação e de utilização para os equipamentos envolvidos, utilizando a técnica de simulação de sistemas e recursos de otimização, através do ambiente de simulação ARENA, do otimizador OPTQUEST e de programas estatísticos.

Inicialmente, são apresentados os conceitos de pesquisa operacional, modelagem de sistemas, teoria das filas e simulação de sistemas. A seguir, é feita uma introdução aos terminais multimodais de contêineres, explicitando o local do estudo, os tipos de contêiner, os equipamentos utilizados, as atividades executadas no terminal e descrevendo alguns estudos operacionais realizados em terminais multimodais.

Após a análise dos fluxos de importação e exportação do terminal é desenvolvida uma aplicação no ARENA e no OPTQUEST com o intuito de propor alternativas para melhorar a produtividade do terminal.

Por fim os resultados encontrados e os ganhos obtidos com as novas propostas de operação para os fluxos de importação e exportação do Terminal de Vila Velha são apresentadas.

Abstract of the dissertation presented to Post-Graduation Program in Civil Engineering/UFES as partial requirements for obtaining of Master's Degree in Civil Engineering - Transportation

OPERATIONAL STUDY OF CONTAINER TERMINALS OF VILA VELHA-E.S. USING  
SIMULATION METHODOLOGY AND OPTIMIZATION TOOLS

Daniel Seda Vieira

February/2005

Advisor: Gregório Coelho de Moraes Neto - D.Eng.

Co-Advisor: Marta Monteiro da Costa Cruz - D.Sc.

This research presents an operational methodological analysis of Terminal de Vila Velha – TVV, a maritime container terminal in ES, identifying a better operation condition and use for the involved equipments in the activities of loading and discharging. The study uses the systems simulation methodology and optimization tools, through the ARENA simulator, OPTQUEST optimizer and statistical programs.

The study presents the concepts of operational search, systems modeling, queue theory and systems simulation. Then, it inserts the multimodal container terminal explaining the research area, the container's types, the used equipments, the terminal activities and also describes some realized operational studies in multimodal terminals around the world.

After the import and export operation analysis, the accomplishment of an application at ARENA and OPTQUEST was developed to present alternatives to improve the terminal productivity.

This research shows its results and which are the advantages to use the new operation proposal to the import and export activities at TVV.



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x	
LISTA DE TABELAS.....	xiii	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	01
1.2	OBJETIVO DO TRABALHO.....	05
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	05
<b>2</b>	<b>TERMINAIS MULTIMODAIS DE CONTÊINERES.....</b>	<b>07</b>
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	07
2.2	MULTIMODALIDADE E INTERMODALIDADE.....	08
2.2.1	INÍCIO DA UNITIZAÇÃO.....	09
2.2.2	TIPOS DE CONTÊINER .....	11
2.3	O LOCAL DE ESTUDO.....	12
2.3.1	PROCESSOS OPERACIONAIS.....	14
2.3.2	LOCAIS DE ESTOCAGEM.....	17
2.3.3	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	18
2.4	ALGUNS ESTUDOS OPERACIONAIS REALIZADOS EM TERMINAIS MULTIMODAIS.....	21
2.5	CONCLUSÃO.....	26
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>27</b>
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	27
3.2	A PESQUISA OPERACIONAL.....	27
3.2.1	CONCEITO DE SISTEMAS.....	29
3.2.2	MODELAGEM DE SISTEMAS.....	30
3.2.3	CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS.....	31
3.3	TEORIA DAS FILAS.....	33
3.3.1	SISTEMAS DE FILAS.....	34

3.3.2	MODELOS DE FILAS APLICADOS AO SETOR PORTUÁRIO.....	37
3.4	SIMULAÇÃO DE SISTEMAS.....	39
3.4.1	CONCEITO DE SIMULAÇÃO.....	40
3.4.2	EVOLUÇÃO DA SIMULAÇÃO.....	41
3.4.3	VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SIMULAÇÃO.....	43
3.4.4	METODOLOGIA PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS.....	44
3.4.5	MÉTODO DE MONTE CARLO.....	47
3.5	FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO.....	49
3.5.1	O SIMULADOR ARENA.....	50
3.5.2	O OTIMIZADOR OPTQUEST.....	53
3.6	CONCLUSÃO.....	56
<b>4</b>	<b>MODELO DE SIMULAÇÃO PROPOSTO.....</b>	<b>57</b>
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	57
4.2	ETAPAS DA SIMULAÇÃO.....	57
4.3	ANÁLISE DOS FLUXOS DE IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO.....	61
4.4	ANÁLISE DAS ÁREAS DO TERMINAL.....	67
4.5	AMBIENTE ARENA PARA MODELAGEM.....	68
4.5.1	CONSTRUÇÃO DO MODELO DE IMPORTAÇÃO.....	68
4.5.2	CONSTRUÇÃO DO MODELO DE EXPORTAÇÃO.....	71
4.6	AMOSTRAGEM E COLETA DOS DADOS.....	73
4.7	TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.....	74
4.7.1	TESTES DE ADERÊNCIA.....	76
4.7.2	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA.....	78
4.8	VALIDAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO.....	84
4.8.1	CONFIABILIDADE ESTATÍSTICA.....	86
4.9	CONCLUSÃO.....	87
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO.....</b>	<b>88</b>
5.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	88
5.2	CENÁRIOS PROPOSTOS.....	88
5.3	DETERMINAÇÃO DO INTERVALO DE CONFIANÇA.....	90

5.4	INSERÇÃO DAS DISTRIBUIÇÕES ESTATÍSTICAS.....	92
5.4.1	RESULTADOS DOS CENÁRIOS DE IMPORTAÇÃO.....	94
5.4.2	RESULTADOS DOS CENÁRIOS DE EXPORTAÇÃO.....	97
5.5	ANÁLISES DOS CENÁRIOS.....	100
5.5.1	CLASSIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS DE EXPORTAÇÃO.....	101
5.5.2	CLASSIFICAÇÃO DOS CENÁRIOS DE IMPORTAÇÃO.....	104
5.6	OTIMIZAÇÃO DOS RESULTADOS.....	107
5.6.1	PASSOS DA OTIMIZAÇÃO NO OPTQUEST.....	108
5.7	ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO OTIMIZADOR.....	112
5.8	CONCLUSÃO.....	114
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>116</b>
6.1	CONCLUSÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS.....	116
6.2	CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA PROPOSTA.....	118
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>119</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>124</b>
8.1	ANEXO I - TABELA DOS DADOS COLETADOS EM CAMPO.....	124
8.2	ANEXO II - TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO.....	131
8.3	ANEXO III - TABELA DE VALORES DE COMPARAÇÃO PARA <i>Chi-quadrado e Kolmogorov-Smirnov</i> .....	151
8.4	ANEXO IV - TABELA COM OS VALORES DE <i>t</i> PARA VERIFICAÇÃO DA CONFIABILIDADE ESTATÍSTICA.....	152

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1 – Movimentação de Contêineres
- Figura 1.2 – Vista do Berço do Porto de Vila Velha
- Figura 2.1 – Contêineres de 20 e 40 pés
- Figura 2.2 – Terminal de Vila Velha
- Figura 2.3 – Berços do Terminal de Vila Velha
- Figura 2.4 – Fluxograma de Importação do terminal de Vila Velha
- Figura 2.5 – Fluxograma de Exportação do terminal de Vila Velha
- Figura 2.6 – Locais de Estocagem do terminal de Vila Velha
- Figura 2.7 – Equipamentos do terminal de Vila Velha
- Figura 2.8 – *Portainer* do terminal de Vila Velha
- Figura 2.9 – Figura do *Reach Stacker* – A
- Figura 2.10 – Figura do *Reach Stacker* – B
- Figura 3.1 – Representação esquemática de um modelo de sistemas
- Figura 3.2 – Sistema de Filas
- Figura 3.3 – Etapas da Pesquisa Operacional
- Figura 3.4 – Tela inicial do ARENA
- Figura 3.5 – Módulos presentes no “templates basic process” do ARENA
- Figura 3.6 – Janela de diálogo padrão (Default) do módulo Create
- Figura 3.7 – Controles de diálogo padrão (Default) do OPTQUEST
- Figura 3.8 – Controles da função-objetivo do OPTQUEST
- Figura 3.9 – Controles de definição das opções de busca

Figura 4.1 – Fluxograma da 1ª ETAPA

Figura 4.2 – Fluxograma da 2ª ETAPA

Figura 4.3 – Fluxograma da 3ª ETAPA

Figura 4.4 – Fluxograma do fluxo de Importação

Figura 4.5 – Fluxograma do fluxo de Exportação

Figura 4.6 – Divisão das áreas do Terminal de Vila Velha

Figura 4.7 – Modelo de Importação elaborado no ambiente ARENA

Figura 4.8 – Modelo de Exportação elaborado no ambiente ARENA

Figura 4.9 – Ordenação dos dados no programa BESTFIT

Figura 4.10 – Distribuições Estatísticas do programa BESTFIT

Figura 4.11 – Testes de Aderência do programa BESTFIT

Figura 4.12 – Distribuição da operação de importação com *portainer*

Figura 4.13 – Distribuição da operação de Exportação com *portainer*

Figura 4.14 – Distribuição da operação de Importação com GEP

Figura 4.15 – Distribuição da operação de Exportação com GEP

Figura 4.16 – Distribuição da op. de mov. das Carretas (Costado-Área de Estoc.1)

Figura 4.17 – Distribuição da op. de mov. das Carretas (Costado-Área de Estoc.2)

Figura 4.18 – Distribuição da op. de mov. das Carretas (Costado-Área de Estoc.3)

Figura 4.19 – Distribuição da op. de mov. das Carretas (Área de Estoc.1 - Costado)

Figura 4.20 – Distribuição da op. de mov. das Carretas (Área de Estoc.2 - Costado)

Figura 4.21 – Distribuição da op. de mov. das Carretas (Área de Estoc.3 - Costado)

Figura 4.22 – Distribuição da op. de mov. das Carretas (Retorno Importação e Exportação)

Figura 5.1 – Recursos dos processos operacionais

Figura 5.2 – Caixa de Diálogo da op. do *Portainer* (Importação)

Figura 5.3 – Caixa de Diálogo da op. das carretas (Importação)

Figura 5.4 – Recursos da otimização para o cenário de importação

Figura 5.5 – Recursos da otimização para o cenário de exportação

Figura 5.6 – Restrições dos recursos para os cenários de importação

Figura 5.7 – Restrições dos recursos para os cenários de exportação

Figura 5.8 – Seleção e identificação da função objetiva e outras condicionantes para os cenários de importação e exportação

Figura 5.9 – Período de processamento do otimizador

Figura 5.10 – Precisão do processamento no otimizador

Figura 5.11 – Algoritmo de processamento do otimizador

Figura 5.12 – Tela de resultados da simulação de importação do OPTQUEST

Figura 5.13 – Tela de resultados da simulação de exportação do OPTQUEST

Figura 5.14 – Análise dos resultados da simulação de importação

Figura 5.15 – Análise dos resultados da simulação de exportação

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1.1 – Movimentação de contêineres

Tabela 3.1 – Evolução do avanço da Simulação de Sistemas

Tabela 5.1 – Intervalo de confiança

Tabela 5.2 – Média das medições para o cenário de Importação C4-R1-P2

Tabela 5.3 – Média das medições para o cenário de Importação C4-R2-P2

Tabela 5.4 – Média das medições para o cenário de Importação C6-R1-P2

Tabela 5.5 – Média das medições para o cenário de Importação C6-R2-P2

Tabela 5.6 – Média das medições para o cenário de Importação C8-R1-P2

Tabela 5.7 – Média das medições para o cenário de Importação C8-R2-P2

Tabela 5.8 – Média das medições para o cenário de Importação C10-R1-P2

Tabela 5.9 – Média das medições para o cenário de Importação C10-R2-P2

Tabela 5.10 – Média das medições para o cenário de Importação C12-R1-P2

Tabela 5.11 – Média das medições para o cenário de Importação C12-R2-P2

Tabela 5.12 – Média das medições para o cenário de Exportação C4-R1-P2

Tabela 5.13 – Média das medições para o cenário de Exportação C4-R2-P2

Tabela 5.14 – Média das medições para o cenário de Exportação C6-R1-P2

Tabela 5.15 – Média das medições para o cenário de Exportação C6-R2-P2

Tabela 5.16 – Média das medições para o cenário de Exportação C8-R1-P2

Tabela 5.17 – Média das medições para o cenário de Exportação C8-R2-P2

Tabela 5.18 – Média das medições para o cenário de Exportação C10-R1-P2

Tabela 5.19 – Média das medições para o cenário de Exportação C10-R2-P2

Tabela 5.20 – Média das medições para o cenário de Exportação C12-R1-P2

Tabela 5.21 – Média das medições para o cenário de Exportação C12-R2-P2

Tabela 5.22 – Tempos de espera pela operação da carreta – Cen. Imp.

Tabela 5.23 – Tempos de espera pela operação no reach stacker – Cen. Imp.

Tabela 5.24 – Taxa de utilização da carreta – Cen. Imp.

Tabela 5.25 – Taxa de utilização do reach stacker – Cen. Imp.

Tabela 5.26 – Taxa de utilização do portainer – Cen. Imp.

Tabela 5.27 – N° de contêineres esperando na fila da carreta – Cen. Imp.

Tabela 5.28 – N° de contêineres esperando na fila da reach stacker – Cen. Imp.

Tabela 5.29 – Tempo médio total de operação por contêiner – Cen. Imp.

Tabela 5.30 – Análise de prioridades – Cen. Imp.

Tabela 5.31 – Tempos de espera pela operação da carreta – Cen. Exp.

Tabela 5.32 – Tempos de espera pela operação no portainer – Cen. Exp.

Tabela 5.33 – Taxa de utilização da carreta – Cen. Exp.

Tabela 5.34 – Taxa de utilização do reach stacker – Cen. Exp.

Tabela 5.35 – Taxa de utilização do portainer – Cen. Exp.

Tabela 5.36 – N° de contêineres esperando na fila da carreta – Cen. Exp.

Tabela 5.37 – N° de contêineres esperando na fila do portainer – Cen. Exp.

Tabela 5.38 – Tempo médio total de operação por contêiner – Cen. Exp.

Tabela 5.39 – Análise de prioridades – Cen. Exp.



## 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os terminais são elementos essenciais do sistema de transporte intermodal. Eles devem garantir a transferência da carga de uma modalidade de transporte para outra sem a quebra da continuidade na transferência (BUSTAMANTE, 1999a). São, ainda, pontos iniciais ou finais de percursos modais, com instalações e equipamentos para partida, chegada, carga e descarga de veículos servindo o trecho, com ênfase na maximização da operação de transporte (BUSTAMANTE, 1999b).

Nos terminais, os transportes de cargas têm seus pontos críticos, pois geralmente ocorrem congestionamentos nos sistemas de manuseio, de armazenamento e de consolidação e desconsolidação. Por isto, se faz necessário a existência de terminais especializados em cada tipo de carga, com equipamentos adequados e funcionários treinados para que se possa realizar o serviço no menor tempo possível, resultando assim em um melhor nível de serviço ao cliente (BALLOU, 2001).

A questão dos portos nacionais vem sendo amplamente discutida e questionada por importantes segmentos da população nacional em seus aspectos de planejamento e políticos. Hoje em dia, cada vez mais se entende que a capacidade de gerar riquezas de um país está intimamente ligada a sua capacidade e infraestrutura de transportes, e, também, a sua capacidade de atingir os níveis de produtividade e eficiência requeridos pelo comércio internacional e nacional.

Sendo os terminais portas de entrada e saída de produtos, eles normalmente influenciam as capacidades de produção das empresas, o que leva a entender que para alcançar os níveis de produtividade requeridos pelos clientes, com a maior economia possível, estes terminais devem estar dimensionados corretamente, tanto em suas instalações físicas como em equipamentos, e, ainda, organizados administrativamente.

As novas formas de organização industrial e de comercialização, advindas com a consolidação das redes de empresas globais e a introdução do “just-in-time”, exigem o transporte de mercadorias entre as empresas, ou até aos mercados consumidores, no mais curto espaço de tempo possível, evitando a formação de estoques. Conseqüentemente, o tempo em que o navio gasta no porto, nas operações de carga e descarga, deve ser o menor possível (CRUZ, 1997).

Com esta nova tendência, as operações portuárias foram forçadas a mudar os seus padrões buscando acompanhar o novo perfil da carga. Os equipamentos existentes nos terminais de carga geral tiveram de ser modificados e alguns substituídos para atender as novas exigências.

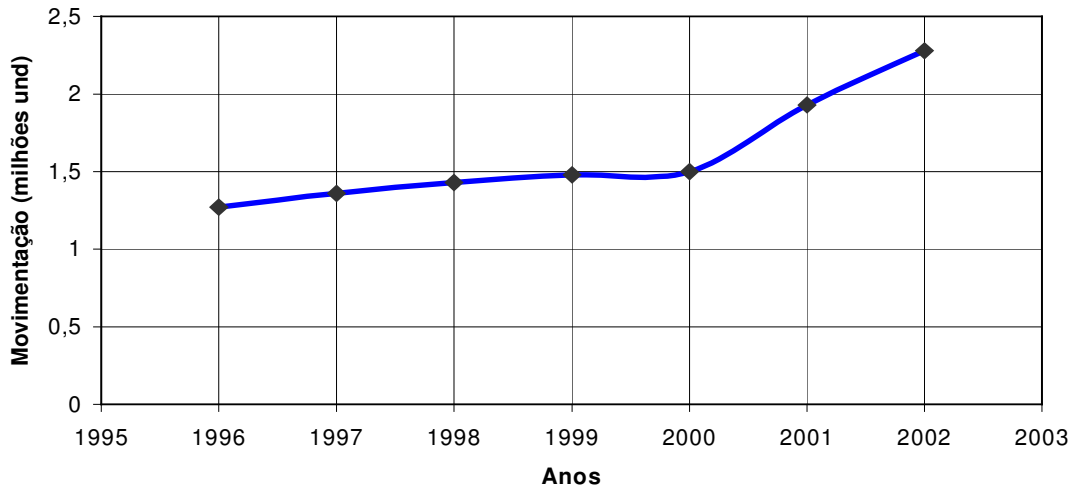
Os administradores portuários observaram que não somente eram necessárias mudanças de maquinário e “lay out” de seus terminais, mas, também, melhoras na sua forma de administração. Para isto, seria necessário investir em novas ferramentas capazes de analisar os terminais e indicar uma melhor forma de gestão dos mesmos.

Nos últimos anos, dentre todas as movimentações de carga, as que mais sofreram mudanças foram as movimentações de carga geral, devido à utilização dos contêineres e de outras embalagens unitizadas, que modificaram totalmente as operações de manuseio e transporte destas cargas.

A containerização é um ponto a ser destacado em termos de inovação da estrutura dos serviços de carga geral, que acabou por gerar um aumento no porte de algumas empresas, induzindo-as a aumentar suas áreas de operação, resultando na criação de grandes terminais especializados para movimentação de contêineres (MARQUES, 1997).

No Brasil, terminais especializados em contêineres vêm crescendo rapidamente e com isto necessitando cada vez mais de técnicas apuradas para o controle das suas operações. Somente nas operações de movimentação de contêineres, houve um

acréscimo de cerca de 55% nas unidades movimentadas entre os anos de 1999 a 2002 como visto a seguir na figura 1.1.



**Figura 1.1 – Movimentação de Contêineres**

Fonte: ANTAQ (2004)

Apesar do crescimento, quando comparado aos outros países do mundo, o Brasil se encontra bastante atrasado em termos de volumes movimentados, eficiência e qualidade das operações de seus portos de contêineres (PEREIRA, 2001).

Para que se possa avançar e aumentar a quantidade de contêineres movimentados pelos portos brasileiros, é preciso que se invista muito em melhorias operacionais e melhorias nas formas de gestão destes portos.

A realização de pesquisas em busca de alternativas para o crescimento dos portos nacionais e de melhora na movimentação de contêineres, se torna cada vez mais importante, visto que é através destas pesquisas que se pode obter respaldo técnico para as transformações e modernizações na área portuária.

No Brasil, dentre os portos preparados para a movimentação de contêineres, o de maior movimento é o Porto de Santos, o qual responde por cerca de 32% da movimentação nacional de contêineres, segundo dados da ANTAQ (2004), constantes da tabela a seguir.

MOVIMENTAÇÃO DE CONTÊINERES - QUADRO COMPARATIVO - 1999 - 2002 - (Em t)												
PORTO	1999			2000			2001			2002		
	QUANT.	TEU	PESO	QUANT.	TEU	PESO	QUANT.	TEU	PESO	QUANT.	TEU	PESO
MANAUS-AM	31.683	48.553	431.886	53.734	88.807	781.290	61.760	102.448	877.611	77.623	128.688	1.222.940
BELÉM-PA	28.263	47.283	361.366	29.559	49.108	437.838	28.928	48.420	419.387	32.768	52.527	446.590
FORTALEZA-CE	35.979	51.626	558.595	46.592	69.030	773.991	36.540	43.194	523.117	51.229	72.491	810.774
SUAPE-PE	28.255	39.142	359.471	42.215	62.822	645.705	49.708	75.816	787.933	69.556	108.958	1.176.761
SALVADOR-BA	54.521	79.116	852.645	62.935	95.307	1.007.550	68.005	106.761	1.095.476	87.454	134.664	1.392.496
TERM. TUBARÃO-ES	22.464	27.778	364.037	11.745	14.794	169.985	20.784	25.262	302.615	24.609	28.413	447.096
VITÓRIA-ES	64.845	86.810	911.591	68.783	91.738	968.397	72.203	93.203	1.102.580	103.482	128.451	1.406.165
RIO DE JANEIRO-RJ	161.858	204.289	2.393.120	169.994	217.333	2.605.989	187.773	252.071	2.695.131	202.716	271.589	2.881.247
TERM. CUBATÃO-SP	-	-	-	-	-	-	108.378	154.883	1.844.320	104.648	155.748	1.841.704
SANTOS-SP	546.972	774.959	8.651.320	554.263	800.898	8.746.920	605.382	892.802	9.490.694	727.509	1.068.606	11.614.482
PARANAGUÁ-PR	113.524	194.939	1.721.099	147.033	252.879	2.357.955	161.672	281.891	2.826.329	155.200	269.882	2.583.982
S. F. DO SUL-SC	96.489	151.111	1.443.675	110.273	168.334	1.625.039	112.633	176.222	1.644.864	160.187	258.826	2.359.483
ITAJAÍ-SC	86.975	136.062	1.316.765	106.899	176.815	1.698.352	142.191	243.554	2.285.669	192.496	334.726	3.068.835
RIO GRANDE-RS	162.416	261.929	2.163.425	195.087	316.972	2.498.956	211.577	346.321	2.866.859	264.105	438.196	3.530.051
OUTROS	48.595	62.747	692.354	48.686	64.813	747.671	60.484	81.991	965.564	26.427	40.575	446.097
<b>TOTAL</b>	<b>1.482.839</b>	<b>2.166.344</b>	<b>22.221.349</b>	<b>1.647.798</b>	<b>2.469.650</b>	<b>25.065.638</b>	<b>1.928.018</b>	<b>2.924.839</b>	<b>29.728.149</b>	<b>2.280.009</b>	<b>3.492.340</b>	<b>35.228.703</b>

### Tabela 1.1 – Movimentação de Contêineres

Fonte: ANTAQ (2004)

OBS: TEU – Twenty Equivalent Unit (Unidade equivalente de 20 Pés)

Os portos de contêineres da Grande Vitória são responsáveis por boa parte destas cargas movimentadas no País, sendo o Terminal de Vila Velha, que além de operar contêineres também opera carga geral, produtos siderúrgicos, papel e celulose, granito e veículos, um dos portos de grande expressão para o Estado.

A tendência natural deste porto é se especializar cada vez mais em operações com contêineres, deixando de movimentar outras cargas, pois elas dificultam a melhora na operação de contêineres em função dos tipos de equipamentos utilizados serem diferentes para os diversos tipos de carga.



**Figura 1.2 – Vista do Berço do Terminal de Vila Velha**

Fotos cedidas pela administração do Terminal de Vila Velha (2004)

O aumento das cargas movimentadas no País e o crescimento da competição entre os terminais incentivam o presente estudo visando analisar alternativas para um aumento em sua capacidade de embarque e desembarque de contêineres, buscando torná-lo mais representativo e mais competitivo no cenário nacional.

## 1.2 - OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo do presente trabalho é realizar um estudo operacional no Terminal de Vila Velha, utilizando a técnica de Simulação e recursos de otimização de Sistemas, visando a melhoria de produtividade.

O estudo tem como foco específico a simulação dos fluxos de importação e exportação de contêineres do Terminal, para identificar o número ideal de equipamentos a serem utilizados e propor combinações alternativas para melhora na operação.

As simulações dos fluxos de importação e exportação serão modeladas e executadas no ambiente ARENA e os seus resultados serão otimizados no programa OPTQUEST.

## 1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

O Capítulo 1 é composto pela introdução, objetivo da pesquisa, justificativa do tema e estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 é realizada uma revisão sobre os terminais de contêineres, apresentando os conceitos de multimodalidade, intermodalidade e unitização de cargas e, ainda, descrevendo as atividades que serão estudadas, como o embarque e o desembarque. São apresentados também os principais componentes, as máquinas utilizadas nestas atividades e o terminal em estudo.

No Capítulo 3 é apresentada uma revisão bibliográfica voltada para análises operacionais em terminais multimodais de contêineres, contendo uma introdução sobre a Pesquisa Operacional, conceitos de sistemas, conceitos de modelagem, apresentação da Teoria das Filas, conceitos de simulação de sistemas, e outros temas relacionados.

No Capítulo 4 é apresentado o modelo da simulação operacional do Terminal de Vila Velha, identificando a forma de coleta e tratamento de dados para criação no ambiente ARENA. Apresenta também o desenvolvimento das distribuições estatísticas, as representações gráficas obtidas e os seus respectivos testes de aderência.

O Capítulo 5 mostra a aplicação do modelo e sua verificação de aderência com a realidade operacional do terminal, bem como as comparações entre cenários construídos, a utilização do otimizador OPTQUEST e as análises dos resultados obtidos.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões e recomendações do trabalho.

No Capítulo 7 são apresentadas as referências bibliográficas.

No anexo I são apresentados os dados coletados nas operações de importação e exportação do Terminal de Vila Velha.

No anexo II são apresentadas as tabelas de replicações das simulações de importação e exportação efetivadas.

No anexo III são apresentadas as tabelas de valores de comparação para os testes Chi-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov.

No anexo IV é apresentada a tabela do teste de confiança para valores de  $t$ .

## 2 – TERMINAIS MULTIMODAIS DE CONTEINERES

### 2.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Ao longo dos séculos, o transporte de mercadorias pelo mar tem evoluído de acordo com as necessidades do comércio mundial e com a capacidade técnica de construir navios maiores e estruturas portuárias adequadas à manipulação de mercadorias (RODRIGUEZ, 2001).

Em decorrência da própria operação portuária, os portos são estruturas dinâmicas em permanente evolução, caracterizando-se como elementos fundamentais com influências relevantes na economia mundial.

Hoje em dia, os veículos aquaviários são os de maior capacidade unitária de transporte e os fluxos da modalidade representam cerca de 95% do comércio internacional, constituindo-se uma peça indispensável da economia mundial (BUSTAMANTE, 1999a).

Internamente, nos países em que a rede fluvial e/ou lacustre é significativa, o transporte por água costuma representar parcela ponderável nos fluxos de grãos minerais e agrícolas, bem como nos de combustíveis líquidos. É o caso dos Estados Unidos da América, Rússia, Alemanha e França. No Brasil, os transportes hidroviários utilizando as embarcações de cabotagem, como as de longo curso, vem crescendo muito nos últimos anos.

A evolução da economia, a introdução de novos modais de transporte e o melhoramento dos modais existentes forçaram as autoridades portuárias e os administradores portuários a encararem o problema de coordenação técnica e operacional entre modais distintos. Este fato propiciou um aumento nos estudos envolvendo terminais intermodais ou multimodais e o desenvolvimento de novos terminais capazes de responder às novas exigências do mercado.

O transporte intermodal consiste na utilização de mais de um modo entre origem e destino, e necessita que todas as etapas do processo de transporte estejam eficientemente conectadas e coordenadas. Para garantia da apropriada conexão e coordenação dos modais, é necessária a existência de terminais intermodais eficientes.

Segundo DATZ (2004), um terminal intermodal é o principal elo do transporte entre modais distintos, sendo responsável pelos mais significativos custos e pelos pontos de congestionamentos. Suas funções são receber o veículo, conferir a documentação e a carga, arrumar a carga a ser transferida, processar o veículo para transferência de modal, executar a operação, preparar a documentação de entrega e ordenar o transporte até o destino.

## 2.2 - MULTIMODALIDADE E INTERMODALIDADE

A partir da década de 70, a necessidade de agilizar a movimentação das mercadorias estimulou a redução das impedâncias entre modais que se conectavam, através da maximização das quatro coordenações: técnica, operacional, comercial e tarifária. A pressão por maior produtividade e menor custo vinha, sobretudo, do comércio internacional, fato que levou às Nações Unidas a promulgar em 1980 a Convenção Internacional do Transporte Multimodal.

Esclareça-se que naqueles primórdios da multimodalidade fazia-se uma distinção entre “multimodalidade” e “intermodalidade”, reservando-se este último termo para quando o transporte de uma mesma carga por modais diferentes era regido por um único documento do transporte, o conhecimento intermodal, que fundamentava-se pela figura de um único operador responsável por todo o conjunto das operações de transporte e transferência entre modais.

Atualmente, os dois termos são tomados como praticamente sinônimos, ignorando-se a diferença anterior. No Brasil, o termo considerado é o “multimodal” e nos Estados Unidos encontram-se os dois nomes, multimodal e intermodal.



Segundo VELASCO et al. (1998), duas revoluções ocorreram no setor de transportes desde o início dos anos 80:

- a difusão das tecnologias de informação, que permite o acompanhamento de todas as fases de movimentação de uma mercadoria, desde a aquisição dos insumos, passando por todo o processo de manufatura, até sua entrega ao consumidor final.
- a adoção maciça do contêiner, criado pela unitização das cargas, que, por um lado elevou a produtividade das operações portuárias, proporcionando também o desenvolvimento da multimodalidade, e por outro, viabilizou a redução nos valores dos fretes.

### 2.2.1 – INÍCIO DA UNITIZAÇÃO

As cargas unitizadas são formadas a partir do agrupamento de várias cargas, de diferentes pesos e tamanhos, em unidades de manuseio homogêneas, de forma a facilitar sua manipulação. Evidentemente que, além de maior rapidez na manipulação, tem-se também maior segurança para as cargas e racionalização dos custos de sua movimentação (PEREIRA, 2001).

Algumas das vantagens da unitização das cargas, segundo BALLOU (2001), são:

- Facilitar a estocagem e o manuseio;
- Promover melhor utilização dos equipamentos de transporte;
- Fornecer proteção aos produtos;
- Maior agilidade e rapidez nas movimentações;
- Padronização.

Dentre os vários sistemas existentes para unitização das cargas, os mais utilizados são o *big bag*, o *pallets* e o contêiner. Entre eles, o contêiner se destaca por proporcionar grande eficiência e economia na movimentação da carga.

Ao longo dos anos, o contêiner vem confirmando sua utilidade na integração das modalidades de transporte. Com ele obtém-se menores tempos de transbordo nos terminais e, como conseqüência, a diminuição dos custos de transporte, com benefícios para o transportador, clientes e os consumidores.

O movimento de frete containerizado começou em 1956, quando Malcom McClean movimentou cargas, navegando em um navio tanque da II Guerra Mundial de Newark, New Jersey, até Houston, Texas. Ele acreditou na idéia que as cargas transportadas deveriam ser manuseadas apenas duas vezes, sendo acomodadas em um único compartimento a ser movido inteiro para o interior da embarcação, atravessando o oceano e sendo levadas até a porta do cliente (LACERDA and RODRIGUES, 2003). Logo após, um navio foi especialmente convertido para empilhar caixas do tamanho de vans em seu interior. O serviço containerizado espalhou-se de Porto Rico até a Europa, pelo Pacífico. Sua idéia diminuiu o tempo de manuseio nos terminais, os furtos e os custos com seguro. Agora, 75% das trocas de mercadorias dos oceanos dos EUA com o resto do mundo são puxados em grandes contêineres em vez dos engradados, tubos, sacos e caixas usadas anteriormente (BALLOU, 2001).

Com a introdução dos contêineres nos anos sessenta, a determinação de uma melhor forma de competitividade e o fato de se poder transportar maiores volumes de carga em menos tempo revolucionaram os pensamentos dos administradores portuários em todo o mundo.

No Brasil, a utilização do contêiner tem intensificado nos últimos anos, à semelhança do resto do mundo, o que tem acelerado o processo de obsolescência dos portos. Os pátios, armazéns e antigos guindastes (adequados ao manuseio de cargas soltas) passaram, em muito pouco tempo, a ter menor utilidade para as operações de

embarque e desembarque e, o que é pior, em muitos casos têm dificultado a movimentação da nova carga, o contêiner.

O contêiner apesar de ter aspectos negativos, como facilitar o contrabando, é considerado hoje o sistema de unitização de carga mais moderno do mundo. Atualmente, não há armador que o ignore, nem exportador que não o admire, porque o contêiner é eficiente no manuseio de carga, propiciando maior economia na movimentação em navios, terminais e cais, e ainda resultando em sensível proteção contra avarias, roubos e intempéries.

### 2.2.2 – TIPOS DE CONTEINER

Com o avanço da movimentação de cargas através da unitização foram criados padrões de tamanhos para os contêineres, sendo mais utilizados os de 8x8x20 pés e 8x8x40 pés. Ambos são compatíveis com o semi-reboque padrão de 40 pés para auto-estrada, com as plataformas de vagões e com a maioria dos outros modais.



**Figura 2.1 – Contêineres de 20 e 40 pés**

Fonte: COPPEAD-Centro de Estudos em Logística (2003)

Existem também os contêineres refrigerados de 20 e 40 pés para as mercadorias que necessitam de controle de temperatura e umidade. Estes contêineres refrigerados exigem locais específicos para estocagem com tomadas elétricas.

### 2.3 – O LOCAL DE ESTUDO

O Terminal de Vila Velha (TVV) está localizado no município de Vila Velha e faz parte do Porto de Vitória, no Espírito Santo, com Latitude Sul 20°19'40" e Longitude Oeste 40°19'08".



**Figura 2.2 – Terminal de Vila Velha**

Fotos cedidas pela administração do Terminal de Vila Velha (2003)

No Terminal de Vila Velha são realizados os serviços de desembarque e embarque de contêineres, produtos siderúrgicos, veículos, granito e carga geral, sendo que nos anos de 2002 e 2003 as maiores movimentações foram de contêineres e granito. Outros serviços prestados são: estocagem, consolidação (ova) e desconsolidação (desova) de contêineres, armazenagem, pesagem, recepção e remoção.

Os terminais marítimos funcionam como coordenadores do transporte intermodal da carga containerizada e, geralmente, são divididos em duas áreas, uma primária e outra secundária chamada retroporto.

A área primária, constituída pelo porto propriamente dito, é composta basicamente de um cais para a atracação dos navios, onde são realizadas a carga e a

descarga do navio. Deve conter também os equipamentos especializados para a realização das funções de embarque e desembarque, empilhamento e desempilhamento e transporte interno dos contêineres. A área primária deve ainda: ser plana e pavimentada; conter espaços destinados à armazenagem, consolidação e desconsolidação dos contêineres; conter espaços para setores de administração e serviços, compreendendo escritórios e instalações para manutenção de equipamentos; e, por fim, possibilitar o acesso por veículos rodoviários e ferroviários.

O retroporto é a área fora da área primária, que pode ser alfandegada ou não alfandegada, destinado ao recebimento das cargas para exportação ou de importação. Nesta área podem estar situados os Terminais Retroportuários Alfandegados (TRA) e os Depósitos Alfandegados Públicos (DAP) (PEREIRA, 2001).

O Terminal de Vila Velha é constituído de dois berços chamados de 203 e 204. O berço 204 é utilizado, normalmente, para o desembarque e embarque de contêineres devido ao equipamento utilizado ser um *portainer*, o qual propicia uma maior agilidade ao processo. O berço 203 possui dois guindastes e é utilizado para o desembarque e embarque de contêineres, produtos siderúrgicos, cargas gerais e granito.



**Figura 2.3 – Berços do Terminal de Vila Velha**  
Fotos cedidas pela administração do Terminal de Vila Velha (2003)

### 2.3.1 – PROCESSOS OPERACIONAIS

Os processos operacionais que ocorrem normalmente no terminal em estudo são:

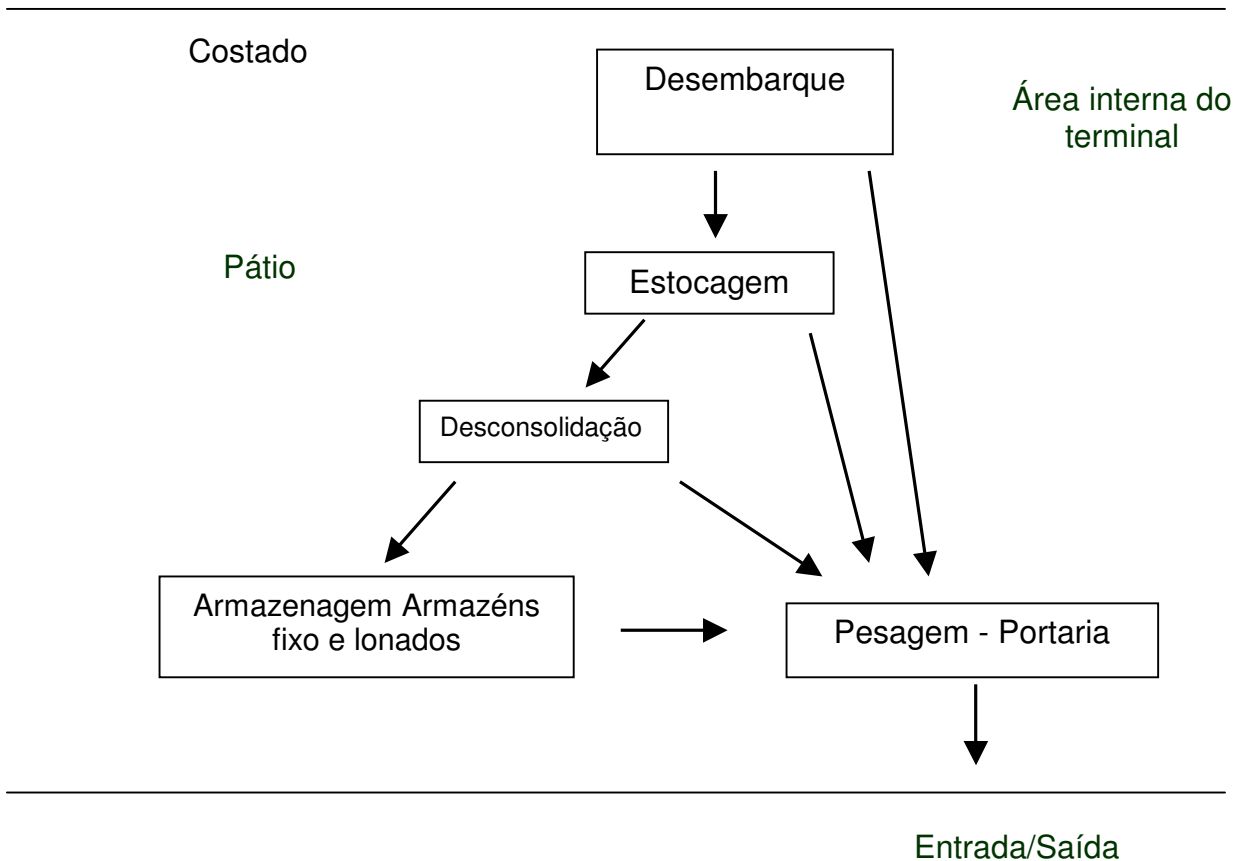
- Desembarque e embarque de contêineres;
- Desembarque e embarque de granito em blocos;
- Desembarque e embarque de carga geral;
- Desembarque e embarque de produtos siderúrgicos;
- Desembarque e embarque de veículos;
- Estocagem;
- Consolidação e desconsolidação de contêineres;
- Armazenagem;
- Pesagem;
- Remoção;
- Recepção e expedição.

Estes processos se interagem dentro do terminal, influenciando toda a sua cadeia de operações. Este fato faz com que a ocorrência de um problema em um processo possa comprometer a operação em outro processo do terminal.

Geralmente, devido aos altos custos de investimentos em novos equipamentos, os terminais operam com uma interdependência dos mesmos equipamentos em diversos processos. Para que não ocorra nenhum problema de congestionamento dentro do terminal devido a esta interligação dos processos, faz-se necessário que os equipamentos, além de bem dimensionados, tenham suas alocações bem planejadas para atender as demandas do terminal. Com isso, obtém-se uma maior produtividade com a mesma quantidade de equipamentos disponíveis.

O fluxo de importação ocorrido no Terminal de Vila Velha, será apresentado, a seguir, esquematicamente para entendimento das operações do terminal.

## Fluxos de Importação

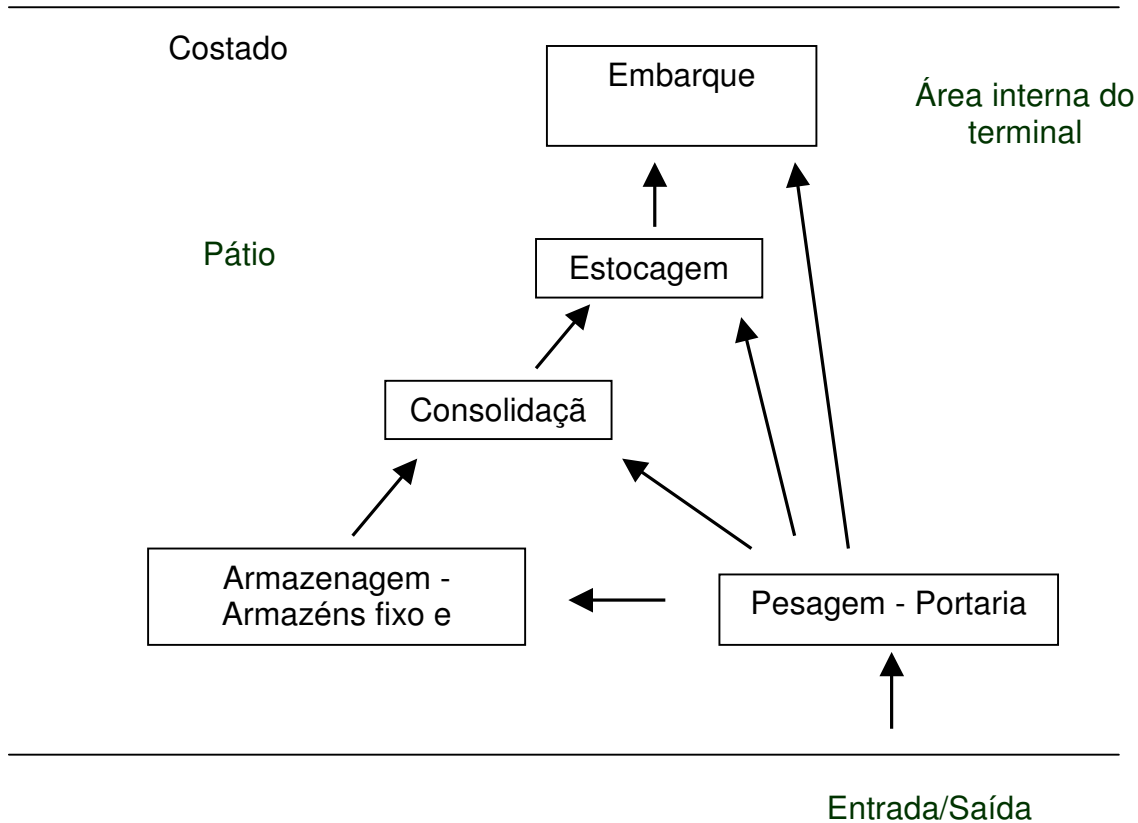


**Figura 2.4 – Fluxograma de Importação do Terminal de Vila Velha**

Nos fluxos de importação, as cargas e mercadorias descarregadas podem ir sucessivamente para estocagem, desconsolidação, armazenagem, pesagem e saída, ou deixar o terminal após qualquer destas etapas.

A operação de desembarque inicia com o recebimento prévio de uma relação contendo dados do grupo de contêineres que serão embarcados. O terminal, baseado nessas informações, faz uma reserva de área para a armazenagem das unidades, normalmente em função de dados como local de destino, tipo específico (frigoríficos e não frigoríficos), vazios, cheios, tara e peso bruto dos contêineres (PEREIRA, 2001).

## Fluxos de Exportação



**Figura 2.5 – Fluxograma de Exportação do Terminal de Vila Velha**

Nos fluxos de exportação, as cargas e mercadorias embarcadas entram no terminal, vão para pesagem e podem ir sucessivamente para armazenagem, consolidação, estocagem e embarque, ou para qualquer destas etapas após a pesagem do caminhão.

A operação de embarque de contêineres, nas embarcações, consiste: na retirada da unidade de carga requisitada da área de armazenagem, com o auxílio de equipamentos adequados para esta atividade; na sua colocação no veículo de transporte interno (caminhão); e no seu transporte interno até o costado, onde é realizado o embarque propriamente dito no veículo que irá fazer o transporte da carga (PEREIRA, 2001).



Geralmente, a operação de carga do navio é realizada após a operação de descarga, devido ao rearranjo necessário dos contêineres no interior do navio (FERNANDES, 2001).

### 2.3.2 – LOCAIS DE ESTOCAGEM

O terminal está dividido em pátios de importação e exportação, dentro dos quais existem áreas específicas para os contêineres vazios, cheios e refrigerados e, ainda, três galpões lonados e um galpão fixo para armazenagem

Nos pátios, os contêineres são controlados pelo sistema COSMOS, que orienta quanto ao melhor local de estocagem, objetivando uma maior agilidade nas operações e um melhor aproveitamento do espaço. Nos armazéns, as mercadorias são controladas pelo sistema WMS, que é uma ferramenta que possibilita um maior controle das informações sobre a mercadoria estocada, indicando as datas e setores de armazenagens.



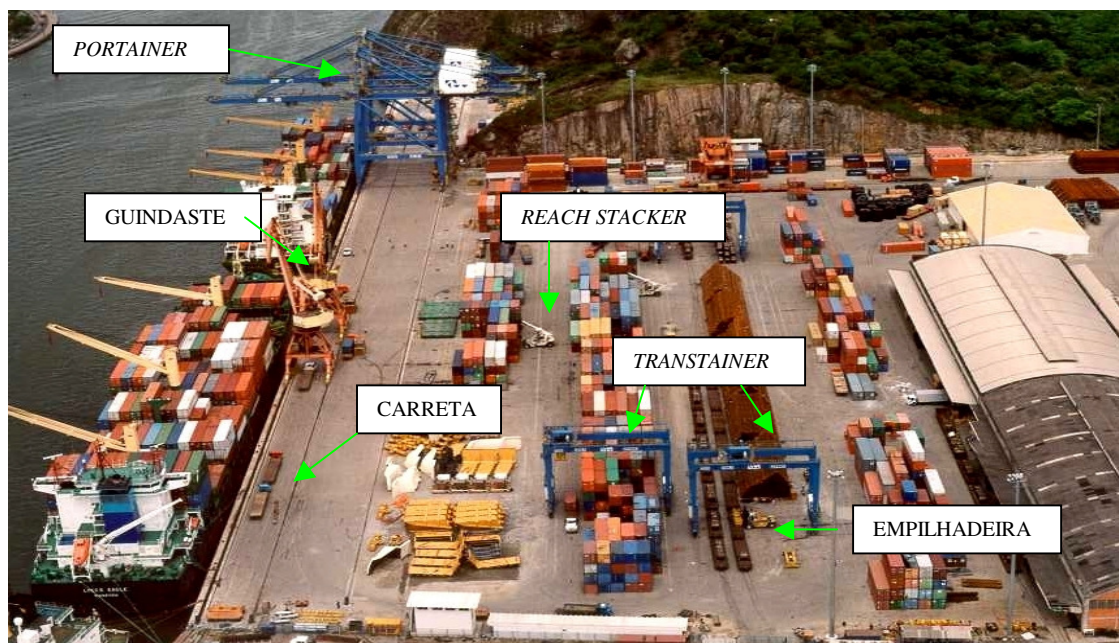
**Figura 2.6 – Locais de Estocagem do Terminal de Vila Velha**  
Fotos cedidas pela administração do Terminal de Vila Velha (2003)

### 2.3.3 – EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

No terminal em estudo existem diversos equipamentos para movimentação e transporte das cargas, que diferem nas suas capacidades de carga e em suas possibilidades de movimentação. Inicialmente, serão apresentados todos os equipamentos envolvidos na operação do terminal, para depois detalhar os principais equipamentos envolvidos nas atividades de embarque e desembarque dos navios no terminal, como os *Portainers* e os *Reach Stackers*.

Os equipamentos envolvidos na operação do terminal são:

- *Portainers* – 2 unidades
- Guindastes – 2 unidades
- *Reach Stackers* – 4 unidades
- *Transtainers* – 4 unidades
- Empilhadeiras pequenas – 12 unidades
- Empilhadeiras médias – 9 unidades
- Empilhadeiras grandes – 2 unidades
- Caminhões – Diversos
- Balanças – 2 unidades



**Figura 2.7 – Equipamentos do terminal de Vila Velha**  
Fotos cedidas pela administração do Terminal de Vila Velha (2003)

Os *portaineres*, geralmente, são os equipamentos mais caros de um terminal. Como exemplo, no terminal em estudo os dois *portaineres* representam cerca de 45% do custo de capital total do terminal, ou seja, a maximização das operações de embarque e desembarque do terminal, que utilizam estes equipamentos, estará contribuindo em muito para um menor custo operacional do terminal como um todo.



**Figura 2.8 – Portainer do Terminal de Vila Velha**

Fotos cedidas pela administração do Terminal de Vila Velha (2003)

Em grandes terminais é comum que se utilize dois ou até três *portaineres* por berço para embarcar ou desembarcar contêineres (MARQUEZ, 1997). Isto ocorre devido a grande necessidade de agilidade nestas operações por causa dos custos de estiva inerentes ao processo. Como a estiva é cobrada pelo número de movimentações realizadas e pelo tempo disponível dos estivadores, o terminal tenta realizar os embarques e desembarque o mais rápido possível para diminuir seu custo variável com esta mão-de-obra.

Os outros equipamentos que participam da atividade de embarque e desembarque, como o *Reach Stacker* e as carretas, são contratados, não impactando no custo de capital do terminal e sim no seu custo fixo, pelo fato de serem contratados por período e não por produtividade. Com este entendimento, pode-se observar que um

melhor dimensionamento da quantidade de carretas e *Reach Stackers* poderia trazer menores gastos com custos fixos para o terminal, o que poderia gerar ofertas de serviços a preços menores aos clientes.



**Figura 2.9 – Figura do Reach Stacker - A**

Fonte: PEREIRA (2001)

A velocidade de deslocamento, de empilhamento e de transbordo do *Reach Stacker* supera todos os outros equipamentos do mesmo tipo com autonomia de içamento e, por isso, tem sido muito utilizado nos terminais de contêineres brasileiros. Porém, possui custo elevado de aquisição e manutenção em relação às outras empilhadeiras. Além disso, seu raio de giro muito largo, em torno de 15 metros, faz com que os corredores entre as pilhas de contêineres sejam muito largas, diminuindo a capacidade de armazenamento do pátio de estocagem (MARQUEZ, 1997).



**Figura 2.10 – Figura do Reach Stacker - B**

Fonte: PEREIRA (2001)

Com uma movimentação anual de cerca de 100.000 unidades de contêineres, o Terminal de Vila Velha vem se caracterizando como um dos principais portos do Estado nesta especialidade. Junto a essa importância, cresce também os fatores de restrições operacionais do Terminal, como espaço para armazenamento dos contêineres e o número de equipamentos envolvidos no processo. Estes fatores determinam a competitividade do Porto no cenário nacional e com isto se faz necessário, cada vez mais, estudos operacionais que contribuam para o aprimoramento dos processos e minimizem os seus custos portuários.

Hoje, administradores portuários de todo o mundo compreendem a importância de estudos voltados à maximização dos processos e à redução dos custos. Alguns destes estudos serão apresentados e comentados quanto as suas finalidades, objetivos e importâncias.

#### 2.4 – ALGUNS ESTUDOS OPERACIONAIS REALIZADOS EM TERMINAIS MULTIMODAIS

O transporte tem um papel preponderante na qualidade dos serviços logísticos, pois impacta diretamente no tempo de entrega, na confiabilidade e na segurança dos produtos. Administrar o transporte significa tomar decisões sobre um amplo conjunto de aspectos e, segundo FLEURY (2003), estas decisões podem ser classificadas em dois grandes grupos:

- decisões estratégicas;
- decisões operacionais.

As decisões estratégicas se caracterizam pelos impactos de longo prazo e se referem basicamente a aspectos estruturais. As decisões operacionais são geralmente de curto prazo e se referem às tarefas diárias dos responsáveis pelo transporte.

Segundo RIBEIRO (2000), desde 1980 a capacidade dos navios de contêiner quase triplicou. Um dos fatores que contribuíram para isso foi à introdução dos navios “Pós-Panamax”, maiores que 8000 TEUS. Com estas evoluções, os volumes transportados pelos navios encontraram como limitantes ao seu crescimento fatores tecnológicos, naturais e de economia de escala nos portos.

Os principais fatores limitantes são as profundidades dos cais, o alcance dos *portaineres* e a quantidade de contêineres que tem que ser movimentada pelos terminais em um espaço de tempo muito curto. O principal problema decorrente é o tempo gasto nos terminais portuários, o que pode ser enfrentado com uma melhor adequação entre as características desses grandes navios e os projetos dos guindastes, além da introdução de novas tecnologias, como a que permite que *portaineres* movimentem mais contêineres por vez, e com o planejamento e adequação da operação do terminal no serviço ofertado aos clientes.

Hoje, os gerentes de terminais privados e públicos têm tentado cada vez mais avançar nos estudos de suas operações, procurando melhorá-las para aumentar suas competitividades no mercado. Com isto, cada vez mais busca-se por profissionais e consultorias especializadas para realização de estudos na área portuária, objetivando a maximização dos processos e a diminuição dos custos. Os sistemas portuários, normalmente, são sistemas operacionais complexos. Uma das técnicas muito utilizadas para análise destes sistemas é a Simulação, que é apresentada em diversos trabalhos como uma técnica que facilita a análise destes sistemas.

Em 1999, YUN and CHOI já comentavam que a Simulação é considerada como uma das melhores ferramentas usadas para analisar qualquer sistema real não trivial. A Simulação é freqüentemente usada antes da operação com o sistema real, como um mediador para uma situação dinâmica e para análise de sistemas complexos.

Como o Terminal de Vila Velha é um sistema dinâmico com processos e atividades interligados, tornando-os complexos e difíceis de serem estudados individualmente, a técnica de simulação é recomendada para o estudo.

Visando mostrar a aplicabilidade da Simulação, serão apresentados alguns estudos operacionais realizados na área portuária, procurando o dimensionamento de gargalos operacionais, a determinação do melhor arranjo para os equipamentos dos terminais e a identificação das modificações a serem efetuadas para alteração das capacidades do terminal.

Um dos estudos foi desenvolvido por SHABAYEK and YEUNG (2001), da Universidade de Pokfulam, sobre um modelo de simulação para o terminal de Kwai Chung, em Hong Kong, na China, que em 1998 movimentou 66% das cargas de contêineres da Ásia.

O objetivo era investigar até que ponto um modelo de simulação poderia prever a operação portuária com a melhor precisão possível. Em confirmação à técnica utilizada, o modelo criado mostrou-se útil para verificação de importantes parâmetros como médias dos tempos de utilização do sistema, para análises de custo, para o planejamento de futuras instalações e berços de atracação e para verificações do desempenho do terminal quanto à capacidade de movimentação das mercadorias.

Outro trabalho com o foco de investigar a capacidade do terminal, analisando o desempenho do terminal de contêineres em relação as suas técnicas de manipulação, foi apresentado por KIA, et al. (2002). Nele, os autores analisam o terminal de contêineres através da técnica de simulação, comparando dois sistemas operacionais diferentes, o atual e o proposto. Em sua análise é descrito que, antes de se promover a criação do modelo para estudo, é essencial ter uma compreensão completa dos elementos mais importantes do sistema do porto. O fracasso operacional em qualquer etapa do processo terá um impacto direto na operação dos navios, inclusive ocasionando filas de navio para atracação no porto. Em geral, o sistema de filas em um terminal marítimo pode ser avaliado analiticamente sob algumas condições. Porém, como os dados e a configurações das filas são mais sofisticadas neste caso, os autores tiveram que recorrer à técnica de simulação.

No trabalho de KIA et al. (2002), foram verificados vários softwares de simulação, como Simview Versão 2.31, Simview (1995), GPSS/H, Simprocess, Simfactory e concluiu-se que o uso da Simulação tornou-se uma ótima aproximação da realidade para se avaliar *layout* e operações complexas. A simulação permitiu investigar o impacto positivo do descarregamento dos navios para a área de estocagem, identificar a área congestionada do terminal e comparar dois sistemas operacionais que conduzem a economizar significativamente a área de utilização do porto.

LEGATO and MAZZA (2000), também ilustram o emprego da técnica da simulação probabilística para o dimensionamento de um sistema portuário. Em sua pesquisa sobre o planejamento e a otimização de recursos em um terminal de contêineres falam da necessidade da utilização de técnicas modernas de simulação para uma boa administração das atividades logísticas em um terminal de contêineres moderno. Eles explicam que as atividades de logística são caras e particularmente complexas, requerendo o uso combinado de vários recursos caros (berços, guindastes, força de trabalho especializada, e outros). Por outro lado, a competitividade de um terminal é medida em termos de um nível de serviço adequado oferecido a companhias de navegação. Assim, uma meta primária para o gerente do terminal está em reduzir os tempos de operação dos contêineres e diminuir o tempo que eles gastam no terminal, desde o momento de atracação dos navios até o momento que deixam o terminal. Para ilustrar estas afirmações, eles realizaram o estudo no terminal Gioia Tauro, na Itália, projetando um modelo quantitativo especializado para análise de filas no terminal, buscando uma melhor administração das operações, e uma otimização da capacidade do terminal. Após a análise dos gráficos com a linguagem visual do SLAM, concluíram que a modelagem mostrou-se efetiva para desenvolver decisões sobre um terminal de contêineres marítimo. Apesar da grande quantidade de dados a serem manipulados, a validação atesta que as medidas do sistema são satisfatórias.

Em outro trabalho, KOSAN and PRESTON (1999), desenvolveram um modelo com o objetivo de determinar a melhor estratégia de armazenagem. O resultado da pesquisa apresentou a análise de diferentes níveis de recursos e uma comparação dos tipos de atendimento com a disciplina FIFO, LIFO e Randômica na operação praticada



pelo porto de Brisbane, na Austrália. A conclusão obtida com o estudo foi de que as disciplinas de atendimento apresentaram pequenas diferenças nos tempos de processo. Outro item observado é que o tempo de processo decresce exponencialmente com o aumento de máquinas para o atendimento

Em SALIBY et al. (2003), é apresentado um trabalho que descreve um modelo de simulação de operações portuárias para um porto que atende plataformas de petróleo localizadas no litoral brasileiro. Foram feitos experimentos para testar diferentes políticas operacionais e estratégicas. Além disso, foram tratadas questões relacionadas à demanda e ao perfil da frota e seus efeitos no desempenho do sistema. A operação de suprimento às plataformas requer grandes investimentos e possui custos operacionais muito altos, principalmente no que se refere às diárias pagas às embarcações de apoio e na operação do porto que atende estas embarcações. Em sistemas como este é fundamental a utilização eficiente dos recursos e, ainda, é necessário desenvolver instrumentos capazes de lidar com tal complexidade, de maneira que se possa determinar de forma mais precisa as necessidades de expansão de capacidade em função do aumento de demanda. Tais instrumentos devem permitir fazer avaliações de alternativas possíveis no arranjo dos atuais recursos e mesmo na avaliação dos efeitos de mudanças no modo de operação e na tecnologia empregada no sistema.

O trabalho relatou alguns aspectos do desenvolvimento de uma ferramenta elaborada para apoiar o planejamento de capacidade de um terminal portuário de apoio a operações off-shore. A técnica empregada foi a simulação computacional, que se aplica quando as relações que compõem o sistema em estudo não são simples o suficiente para que possam ser utilizados métodos otimizantes. Além disto, permite estudar a operação de sistemas como o porto em questão, da forma como ele funciona atualmente e também da forma como poderia vir a funcionar. A abordagem torna-se muito útil quando se estuda a adoção de novas tecnologias, quando se experimentam novos arranjos dos recursos e quando o custo de implementação de um novo processo (implementar e observar seu desempenho) é muito alto para que se assuma o risco do insucesso.

No modelo computacional desenvolvido por SALIBY et al. (2003) no software ARENA, as embarcações são os "clientes" do porto, que terão um tempo de atendimento maior ou menor, dependendo da quantidade e do tipo de recursos disponíveis, bem como da disponibilidade de materiais demandados pelas embarcações no momento da sua chegada. Os experimentos mostraram que a simulação das operações portuárias permitiu a identificação do ponto de saturação do porto, ou seja, até que demanda o porto poderia atender a um determinado nível de serviço. Além disso, foi possível identificar se existia alguma vantagem no deslocamento de embarcações exclusivas para um outro porto. Através do modelo, também se testou a possibilidade de reestruturação do perfil da frota. O resultado indicou que esta mudança não faria efeito para um aumento de demanda de até 10%. Os outros experimentos buscaram responder perguntas relacionadas aos investimentos necessários à melhoria do nível de serviço. As características tecnológicas dos equipamentos foram avaliadas, bem como as mudanças nas características operacionais do sistema. O dimensionamento de recursos foi visto de forma a contemplar não somente à questões tecnológicas, mas também a quantidade a ser utilizada.

## 2.5 – CONCLUSÃO

Neste capítulo, destinado à caracterização do local de estudo, foi apresentada uma breve evolução dos terminais multimodais e descrito os conceitos sobre unitização, cargas unitizadas e os tipos de contêineres utilizados.

Foram a seguir apresentados os processos operacionais realizados e os equipamentos geralmente utilizados, nos terminais multimodais e, ainda, apresentadas as características, tipos de cargas movimentadas e locais de atracação do terminal.

Por fim, foram apresentadas pesquisas realizadas em terminais marítimos, apresentando algumas metodologias de análise.

A metodologia de simulação através da criação de um modelo lógico – matemático será apresentada no capítulo seguinte identificando suas características, formas de criação e análise dos dados envolvidos no processo.

### **3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Atualmente, as empresas enfrentam constantes mudanças nos padrões gerenciais geradas pelo aumento das exigências dos consumidores, aumento da automação, abertura da economia e globalização (GAVIRA, 2003). Dentre as mais importantes medidas adotadas pelas empresas para enfrentar estas situações estão a utilização de novas formas de gestão, novas técnicas de apoio à decisão e principalmente a busca pelo aprimoramento de suas operações.

Em diversas situações gerenciais, somente a intuição e a experiência não propiciam informações suficientes à tomada de decisões. Portanto, se faz necessário uma análise mais profunda onde se possa indicar as soluções para os problemas. Estas análises são normalmente realizadas com o auxílio das técnicas da Pesquisa Operacional (LIEBERMAN e HILLIER, 1988), com as quais são criados modelos ajustados à realidade para apoiar a tomada de decisão.

Segundo GAVIRA (2003), o crescimento da utilização das técnicas de Pesquisa Operacional em empresas industriais e de serviços demonstra o esforço de seus administradores em manter estas empresas sólidas e competitivas no mercado, e também a confiança na utilização destas técnicas para tomadas de decisões.

Uma das técnicas muito utilizada da Pesquisa Operacional é a Simulação de Sistemas, que será a ferramenta utilizada para análise deste estudo no Terminal de Contêineres de Vila Velha.

#### **3.2 – A PESQUISA OPERACIONAL**

Segundo GAVIRA (2003), o avanço da Pesquisa Operacional no mundo pode ser dividido em três fases distintas:

- Antes da Segunda Guerra Mundial: Onde era utilizada em aplicações isoladas, somente por poucos que conheciam suas teorias.
- Durante a Segunda Guerra Mundial: Onde foi utilizada em problemas militares de natureza logística, tática, estratégia e de alocação de recursos.
- No Período Pós-Guerra: Onde a utilização da técnica da Pesquisa Operacional foi estendida para as empresas que se viram com problemas de decisão de grande complexidade. Estas técnicas passaram a ser utilizadas em problemas de gerenciamento de atividades produtivas, ocasionando com isto sua popularização.

Nos últimos anos, as técnicas e as aplicações da Pesquisa Operacional diversificaram-se, abrangendo a indústria, o comércio, serviços e setores governamentais. Atualmente, as áreas de expressiva importância estratégica que mais utilizam a Pesquisa Operacional são ligadas à energia, gestão industrial, gestão da qualidade, administração de operações, logísticas, finanças, marketing, planejamento, gestão de serviços e informação.

No Brasil, a Pesquisa Operacional surgiu por volta dos anos 50 nos cursos de graduação, como Engenharia, Economia, Matemática e Estatística, implantadas por professores da Universidade de São Paulo (USP), Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC). Em 1960, com a criação de cursos de pós-graduação na área de Pesquisa Operacional e a aquisição dos primeiros computadores, multiplicaram-se as possibilidades de sua utilização. Assim, diversas empresas começaram a utilizar a Pesquisa Operacional em suas atividades, com o apoio do conhecimento das universidades (GAVIRA, 2003).

Os primeiros setores a utilizar-se das técnicas de Pesquisa Operacional na época foram os de siderurgia, eletricidade, transportes, petróleo e telecomunicações, nos quais foram desenvolvidos os grandes projetos das estatais.

Segundo KELTON et al. (1998), resultados de pesquisas sobre a utilização de análise quantitativa em empresas norte-americanas revelam que as técnicas mais utilizadas são: Análise Estatística, Programação Linear, Simulação, Modelos de Rede, PERT-CPM e Teoria das Filas.

No Brasil, existem poucas pesquisas sobre o grau de utilização dessas técnicas da modelagem de sistemas. Com exceção de algumas empresas, as evidências parecem demonstrar um grau muito baixo de uso desses modelos e técnicas no processo decisório em geral. No campo da Logística, entretanto, muitas empresas especializadas já começam a utilizar modelos básicos de Pesquisa Operacional.

No presente estudo serão descritas detalhadamente duas técnicas da Pesquisa Operacional, que são a “Teoria das Filas” e a “Simulação”. Elas procuram representar os processos e atividades de um sistema através de modelos.

### 3.2.1 – CONCEITO DE SISTEMAS

O termo “Sistemas” tem sido usado em tantas situações que é difícil criar uma definição suficientemente ampla e ao mesmo tempo concisa e útil. Segundo CRUZ (1993), Sistema é um conjunto de elementos ou componentes interligados capazes de realizar uma atividade comum.

Para PRADO (1999a), Sistema pode ser definido como: “Uma agregação de objetos que possuem alguma interação ou interdependência”. Como exemplo, dentro de uma usina siderúrgica podem existir vários sistemas, os quais são constituídos por processos que determinam os subsistemas. Sistema pode ser todo o complexo de uma empresa ou somente um único setor. A escolha dos limites para o sistema em estudo irá depender do interesse do estudo.

Os sistemas podem ser contínuos ou discretos. Os discretos são constituídos de componentes discretos ou inteiros como, por exemplo, caminhões, pessoas, navios e outros. Nos sistemas contínuos a principal entidade em estudo existe em quantidades

contínuas, como o fluxo de uma determinada substância líquida por uma tubulação (PRADO, 1999a).

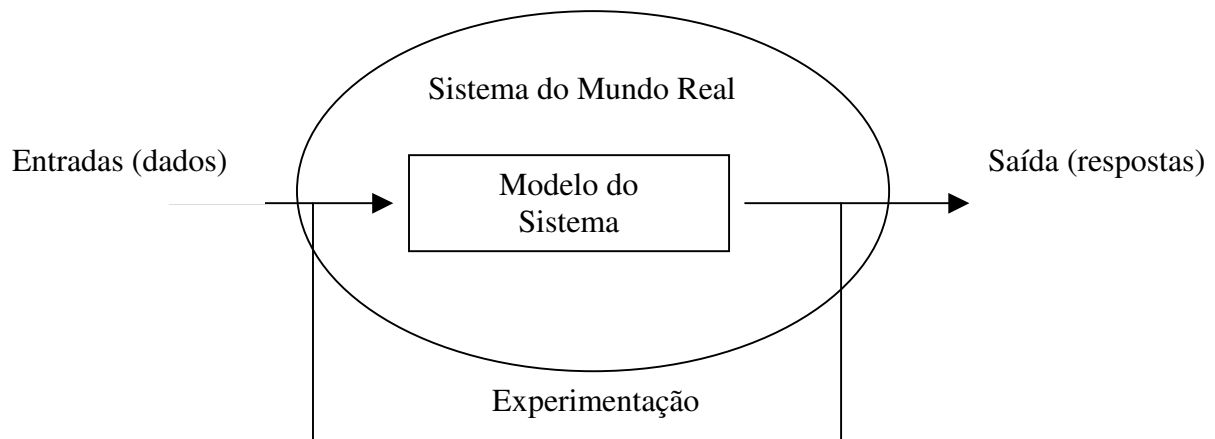
A simulação de sistemas contínuos tem sido utilizada na Engenharia Eletromecânica em processos que possuem um número pequeno de variáveis que podem ser descritas por equações diferenciais. A simulação de sistemas discretos encontra aplicações principalmente na Engenharia de Produção e na Engenharia de Sistemas. Alguns dos diversos tipos de sistemas possíveis de serem modelados e simulados são:

- Sistemas de Produção
- Sistemas de Transporte
- Sistemas Computacionais
- Sistemas Administrativos
- Sistemas de Prestação de Serviços

### 3.2.2 – MODELAGEM DE SISTEMAS

Como apresentado, a Pesquisa Operacional se propõe a estudar sistemas para tentar aferir algumas hipóteses sobre os relacionamentos entre os diversos componentes, ou para concluir sobre o desempenho do sistema exposto a novas condições.

Estudos de novas hipóteses ou alterações em sistemas reais seriam os ideais, se não desestabilizassem o sistema e nem fossem muito caros. Como geralmente o estudo destas modificações ou hipóteses não podem ser realizados sobre o sistema real, cria-se um modelo capaz de reproduzir o sistema real em suas características, para que nele se possa efetuar as análises das novas condições.



**Figura 3.1 – Representação esquemática de um modelo de sistemas**

Fonte: Adaptado de FREITAS (2001)

Em diversos casos, os estudos de sistemas sob determinadas condições somente se tornam possíveis mediante o uso da modelagem, que é uma ferramenta que o analista dispõe para representar o sistema em estudo e através desta representação gerar as alterações necessárias à sua análise, que não seriam possíveis de proceder sobre o sistema real.

Segundo MENEZES (2002), modelo é o elemento que faz o trabalho de ligação entre o observável e o não observável. Assim sendo, a elaboração de um modelo pressupõe um processo de abstração.

Normalmente, os modelos são utilizados como veículos para experimentação, muitas vezes em procedimentos do tipo de tentativa e erro, onde se pode mostrar o efeito de diversas políticas de gerenciamento (FREITAS, 2001).

### 3.2.3 – CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS

Segundo MENEZES (2002), os modelos podem ser classificados como:

#### **Normativos ou Descritivos:**

Um modelo normativo estabelece o que deve ser feito, ou seja, apresenta a um padrão a ser seguido (ex: a melhor distribuição de tempo entre duas máquinas). Os

modelos descritivos retratam os fatos como eles são de fato, não dando soluções para os problemas, mas mostrando o que acontece se as variáveis do problema forem alteradas (ex: simulação de uma operação no pátio de um terminal).

**Físicos ou Abstratos (matemáticos):**

Os modelos físicos são réplicas físicas de formas, conteúdo, peso, etc e normalmente são feitos em escalas reduzidas (ex: uma maquete de um laboratório de informática). Os modelos abstratos são compostos por representações do sistema (ex.: equações matemáticas que determinam o comportamento dos elementos físicos do sistema).

**Estáticos ou Dinâmicos:**

Os modelos estáticos descrevem situações em que relações entre as variáveis são constantes ao longo do tempo (ex: um organograma da estrutura de uma empresa). O modelo dinâmico apresenta a possibilidade de alteração das relações entre as variáveis (ex: o modelo de movimentação de cargas no porto).

**Determinísticos ou Probabilísticos (Estocásticos):**

Um modelo determinístico estabelece um relacionamento exato entre o conjunto de suas variáveis, supondo que todas as variáveis não variem em relação ao tempo ou a outros fatores. Já um modelo probabilístico considera a possibilidade de risco ou do aparecimento de um evento estocástico no seu relacionamento interno, levando-se em consideração as incertezas das condições de uma ou mais variáveis aleatórias.

**Estáveis e Não-Estáveis:**

Os sistemas estáveis apresentam condições iniciais que o sistema volta a assumir ao início de cada ciclo de repetição do processo, com atividades ou eventos finais a cada processo. Os sistemas não-estáveis não voltam a assumir as mesmas condições iniciais anteriores e nem contemplam um evento que determina o fim do processo.



Estas classificações de modelos se aplicam a todas as técnicas da Pesquisa Operacional, incluindo a de simulação, que no presente trabalho estará efetuando a modelagem do Terminal de Vila Velha, através de um modelo classificado como: probabilístico, dinâmico, abstrato, descritivo e estável.

O objetivo de simular sistemas estáveis é compreender seu comportamento ao longo de um período predeterminado e com duração fixa. Como as condições iniciais fixas e o período simulado fixo, o único fator controlável é o número de repetições.

Segundo FERREIRA (2002), o modelo abstrato (ou matemático) permite o tratamento de problemas estruturados e não-estruturados, com as seguintes vantagens:

- Permite analisar, descobrir e entender os fatos de uma dada situação;
- Evidencia relações entre os vários aspectos do problema;
- Indica quais dados devem receber tratamento quantitativo;
- Permite estabelecer medidas sobre a eficácia do sistema;
- Permite tratar o problema no seu conjunto, considerando todas as variáveis principais simultaneamente;
- Permite o processamento de dados, proporcionando respostas imediatas e em grande escala.

### 3.3 - TEORIA DAS FILAS

Quando a demanda por um serviço cresce além da sua capacidade de atendimento, forma-se uma fila de espera. Exemplos clássicos destas filas são: aviões aguardando para aterrissagem; navios aguardando para serem carregados ou descarregados; pessoas aguardando em restaurantes, em hospitais, em caixas de banco, entre outros.

A Teoria das Filas permite o estudo matemático destas filas de espera, determinando fatores tais como: comprimento médio da fila, tempo médio de espera do usuário por serviço e outros (SINAY, 2002). Para isto, utiliza conceitos básicos de processos estocásticos e de matemática aplicada para analisar o fenômeno da formação

de filas e suas características, tratando os tempos como variáveis aleatórias, que não têm valores individualmente previsíveis, porém possuem regularidade estatística.

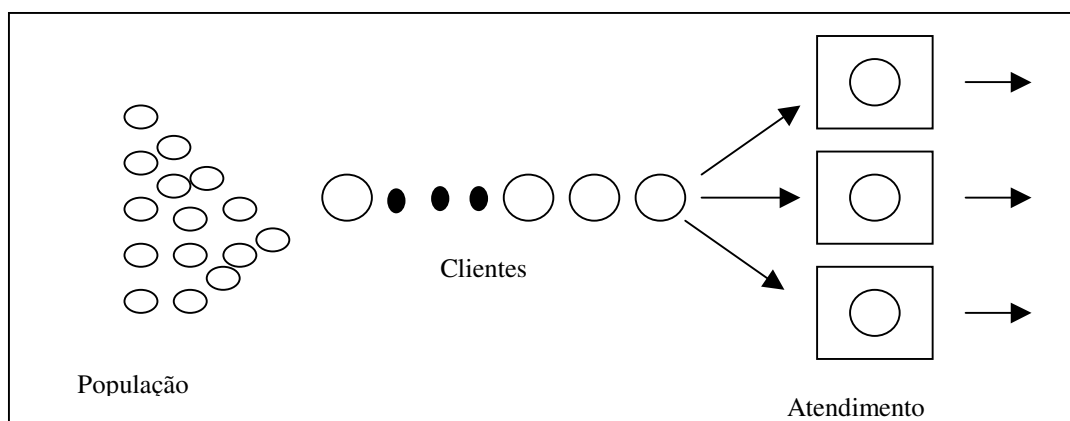
A abordagem matemática das filas iniciou no princípio do século XX (1908) em Copenhague, Dinamarca, através de A. K. Erlang, considerado o pai da Teoria das Filas, quando trabalhava em uma companhia telefônica estudando o problema de redimensionamento de centrais/telefônicas. Somente a partir da Segunda Guerra Mundial a Teoria foi aplicada a outros problemas de filas. Apesar do progresso alcançado, vários problemas não podem ser adequadamente resolvidos pela Teoria das Filas por causa das complexidades matemáticas envolvidas.

### 3.3.1 – SISTEMAS DE FILAS

Dentre os elementos que compõe um sistema de filas estão:

- os clientes que formam as filas, aguardando por algum tipo de serviço;
- os servidores que formam os canais de serviço para atendimento dos “clientes”;
- a população que é formada pelos indivíduos ou mercadorias que possivelmente podem ser atendidos pelo sistema.

Clientes são a forma genérica de se designar uma pessoa, um navio ou uma mercadoria e os servidores são chamados de pontos de atendimento.



**Figura 3.2 – Sistema de Filas**

Fonte: Adaptado de FREITAS (2001)

Um sistema de filas é caracterizado por:

- Processo de chegadas dos usuários ao sistema;
- Processo do serviço de atendimento realizado;
- Disciplina da fila;
- Capacidade do sistema;
- Número de postos de atendimento em paralelo;
- Número de serviços realizados.

Em um sistema de filas, pode-se identificar as seguintes variáveis:

- Variáveis referentes ao sistema:

TS = Tempo médio de permanência no sistema

NS = Número médio de clientes no sistema

- Variáveis referentes ao processo de chegada:

$\lambda$  = Ritmo médio de chegada

IC = Ritmo médio de chegada

Por definição, tem-se que:

$$IC = 1/\lambda \quad \text{eq(1)}$$

- Variáveis referentes à fila:

TF = Tempo médio de permanência na fila

NF = Número médio de clientes na fila

- Variáveis referentes ao processo de atendimento:

TA = Tempo médio de atendimento ou de serviço

M = Quantidade de atendentes

NA = Número médio de clientes que estão sendo atendidos

$\mu$  = Ritmo médio de atendimento de cada atendente

Por definição, tem-se que:

$$TA = 1/\mu, \quad \text{eq(2)}$$

Segundo SINAY (2002), a caracterização das chegadas é, normalmente, função da média das chegadas por unidade de tempo ou, do tempo médio entre chegadas sucessivas. Se as chegadas forem conhecidas, e se o processo for determinístico, uma destas médias determina completamente o processo de chegadas. Se houver incerteza, e se o processo for probabilístico ou estocástico, estas médias não são suficientes para a caracterização das chegadas, sendo necessário definir a distribuição de probabilidade da variável aleatória que representa o tempo entre chegadas sucessivas ou o número de usuários chegando para atendimento.

As chegadas ao sistema podem ser individuais ou por grupos, sendo que o número de cada grupo pode ser também probabilístico. Portanto, conforme visto, é necessário o estudo em particular de cada operação, pois cada processo operacional tem suas peculiaridades.

As notações utilizadas na Teoria das Filas são as notações de Kendall, em homenagem ao criador David Kendall, a qual é universalmente adotada por todos que estudam e aplicam a os modelos da Teoria das Filas. O modelo pode ser descrito da seguinte forma:

$$A/B/c/K/m/Z, \quad \text{eq(3)}$$

onde:

- A - descreve a distribuição dos intervalos entre chegadas;
- B – descreve a distribuição do tempo de serviço;
- c – é a quantidade de atendentes;
- K – é a capacidade máxima do sistema (número máximo de clientes no sistema);
- m – é o tamanho da população que forneceu os clientes;
- Z – é a disciplina da fila.

Os valores para A e B dependem do tipo de distribuição a que elas se referem:

- M: Exponencial Negativa ou Marcoviano ou Poisson;

- $E[k]$ : Erlang de estágio  $k$ ;
- $H[k]$ : Hiper-exponencial de estágio  $k$ ;
- $D$ : Determinística, se o processo de chegada estiver associado a uma distribuição constante;
- $G$ : Geral se o processo de chegada estiver associado a uma distribuição qualquer.

Outra característica importante é a prioridade de atendimento, ou seja, o critério de decisão ou disciplina da fila sobre a ordem de atendimento. Existem três principais formas de atendimento:

- FIFO – O primeiro que chega é o primeiro a ser atendido (ex: fila única);
- LIFO – O último que chega é o primeiro a ser atendido (ex: sistema de pilhas);
- SIRO – Seleção aleatória (ex: sorteio de senhas), entre outras.

Segundo SINAY (2002), o objetivo de um analista de sistemas de filas é projetar sistemas ótimos segundo algum critério previamente definido. Todos estes critérios normalmente estão em função de três medidas : número ideal de elementos na fila; tempo de espera ideal para cada usuário; e tempo ocioso dos servidores. Usualmente, tende-se a diminuir na medida do possível estes três valores. Observa-se que existe um conflito nesta tarefa pois, por exemplo, a diminuição dos dois primeiros valores pode ser obtida pelo aumento de postos de atendimento em paralelo, o que pode implicar em aumento de tempo ocioso de cada servidor. Para poder chegar a uma conclusão sobre a operacionalidade do processo, deve-se associar a cada um dos números ideais um custo e compor esses custos seguindo algum critério que otimize o resultado.

### 3.3.2 – MODELOS DE FILAS APLICADOS AO SETOR PORTUÁRIO

O estudo dos sistemas através da Teoria das Filas tem sido empregado em vários setores como em linhas de produção, comunicação, bancos, supermercados,

transporte e outros vários segmentos. Nos transportes, a modelagem de filas tem sido usada no transporte ferroviário, rodoviário, marítimo e no transporte dentro de prédios, através de elevadores.

No estudo da modelagem analítica de portos através da Teoria das Filas, pode-se observar a existência de diversas aplicações para apoiar análises econômicas, outras para determinação do número de berços e outras mais abrangentes.

Segundo CARVALHO (2003), na década de 70, o aspecto da operação portuária que primeiro atraiu atenção dos estudiosos foi a espera dos navios nos portos. Em uma conferência da UNCTAD, realizada em Genebra em 1976, foi apresentado um balanço da retenção dos navios em 30 portos do mundo, em um período de pesquisa de 1971 a 1976, no qual os tempos médios de espera dos navios com carga geral nesses portos foram de 2.2 dias até 40.5 dias no último ano da pesquisa.

Constata-se que os processos de chegadas e de atendimento observados nos portos podem ser representados por três principais tipos de filas, mais usados para fornecer medidas de tempo de espera e de atendimento necessários no estabelecimento das taxas de ocupação dos berços. Estes modelos de filas são apresentados abaixo, utilizando a notação condensada  $A/B/c$ , na qual se pressupõe o tamanho da fila e população infinitas e a disciplina de atendimento da fila sendo FIFO.

- $M/M/c$ , onde:

$M$  – Tempo de chegada, representado por uma distribuição Exponencial Negativa ou a de Poisson;

$M$  – Tempo de atendimento, representado por uma distribuição Exponencial Negativa ou a de Poisson;

$c$  – Número de postos de atendimento.

- $M/E(k)/c$ , onde:

$M$  – Tempo de chegada, representado por uma distribuição Exponencial Negativa ou a de Poisson;

$E(k)$  – Tempo de atendimento, representado por uma distribuição tipo Erlang de índice  $k$ ;

$c$  – Número de postos de atendimento.

- $E(k)/E(k)/c$ , onde:

$E(k)$  – Tempo de chegada, representado por uma distribuição tipo Erlang de índice  $k$ ;

$E(k)$  – Tempo de atendimento, representado por uma distribuição tipo Erlang de índice  $k$ ;

$c$  – Número de postos de atendimento.

### 3.4 –SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

O aumento da competitividade entre as empresas por novos clientes tem gerado uma reorganização, para que as decisões cada vez mais complexas possam ser tomadas de forma científica. Hoje, já existem métodos que possibilitam somar a lógica matemática ao empirismo e à experiência dos analistas: um destes métodos é a Simulação de Sistemas.

De acordo com FREITAS (2001), a Simulação computacional de sistemas consiste na utilização de determinadas técnicas matemáticas, empregadas em computadores digitais, as quais permitem imitar o funcionamento de praticamente qualquer tipo de operação ou processo (sistemas) do mundo real.

Devido ao surgimento de ferramentas cada vez mais acessíveis, tanto em termos de custo quanto em facilidade de uso, a simulação tem se popularizado e fornecido importantes resultados.

### 3.4.1 – CONCEITO DE SIMULAÇÃO

A simulação é uma ferramenta da Pesquisa Operacional que permite a geração de cenários, a partir dos quais pode-se orientar o processo de tomada de decisão, proceder às análises e avaliações de sistemas e propor soluções para a melhoria de performance, podendo todos estes procedimentos ter por conotação parâmetros técnicos e/ou econômicos.

Diversos autores e professores classificam e conceituam a simulação de sistemas de vários modos diferentes:

PRADO (1999a), diz que “Simulação é a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema, usando um computador digital”.

Segundo FERREIRA (2002), a simulação de sistemas é uma técnica cujas ferramentas permitem efetuar experimentos sobre um sistema sem que necessariamente sejam realizados sobre o sistema real. Ela constitui-se da elaboração de um modelo lógico-matemático que represente as características do sistema que se deseja estudar. Uma vez que este modelo responda pelas características da realidade, pode-se então obter dados da realidade, submetê-los ao modelo e analisar o comportamento do sistema. A operação do modelo permite testar modificações e outras hipóteses, avaliando-as através de análises dos resultados das simulações.

Conforme KELTON et al. (1998), a simulação é uma coleção de métodos e aplicações que imitam o comportamento do sistema real.

Logo, pode-se concluir que a Simulação é uma técnica de modelagem e análise, que é utilizada para avaliar e aprimorar os sistemas dinâmicos e estáticos de todos os tipos.



### 3.4.2 – EVOLUÇÃO DA SIMULAÇÃO

Segundo GAVIRA (2003), a partir da definição de que simular é construir modelos de sistemas reais, experimentá-los e aprender com eles, pode concluir que a simulação é uma técnica muito antiga, pois desde os primórdios o homem vem utilizando-se das pinturas e desenhos para simular suas caçadas e rituais. Com o avanço do tempo, a procura pela solução de problemas através de uma analogia com a realidade teve um grande crescimento, que somado a impossibilidade cada vez maior de testar hipóteses de resolução diretamente no sistema real, levaram o homem a criar técnicas como a Simulação.

A partir dos primeiros computadores, no início da década de 50, a idéia do estudo através da simulação foi ampliada para solução de problemas probabilísticos de caráter mais amplo, como é o caso das filas de espera. Nascia assim a simulação de Monte Carlo (SALIBY, 1989). Este método será mais detalhadamente explicado oportunamente.

Segundo GAVIRA (2003), a Simulação se tornou uma abordagem de estudo cada vez mais utilizada nas mais variadas áreas de conhecimento, devido à crescente complexidade dos problemas e à maior disponibilidade de recursos.

Outro fator importante para o avanço da Simulação de Sistemas é a crescente competição entre as empresas de informática responsáveis por apresentar cada vez mais e melhores equipamentos. A indústria de softwares também vem acompanhando esta evolução e tornando seus produtos (programas e linguagens) mais acessíveis, contribuindo fortemente para o avanço da utilização desta técnica. Alguns aplicativos computacionais de simulação são mundialmente conhecidos como: Arena, Promodel, Automod, Taylor, Gasp, Gpss, Simscript, Siman.

Anos	Tipo	Características	Software
50 e 60	Linguagens de propósito geral	Aplicação em grandes corporações; Grandes investimentos em capital; Aplicáveis a qualquer contexto; Exigem conhecimento profundo da linguagem; Exigem muito tempo de desenvolvimento; Normalmente não são reutilizáveis;	PASCAL, FORTRAN e C
70 e começo dos 80	Linguagens de Simulação	Utilizado em um maior número de corporações; Desenvolvimento e uso dos pacotes de linguagem; Surgimento de linguagens de simulação baseadas em <i>System Dynamics</i> ; Comandos projetados para tratar lógica de filas; Já apresentam-se mais amigáveis, porém ainda necessitam de programadores especializados.	SIMSCRIPT, GPSS, GASP IV, DYNAMO, SIMAN e SLAM
80 e início dos 90	Simuladores de alto padrão	Introdução do PC e da animação; Facilidade de uso; Menos flexível que as linguagens de propósito geral e de simulação; Projetado para permitir a modelagem rápida Dispõe de elementos específicos para representar filas, transportadores e outros; Restringem-se a sistemas de certos tipos.	SIMFACTORY e XCELL
Após 90	Pacotes e programas de Simulação	Melhor animação e facilidade de uso; Fácil integração com outras linguagens de programação Usada na fase de projeto; Grande uso em serviços; Uso para controle de sistemas reais; Grande interação com outros pacotes (base de dados e processamento de textos); Modelagem rápida Integram a flexibilidade das linguagens de simulação, com a facilidade de uso dos pacotes de simulação.	PROMODEL FOR WINDOWS e ARENA v4.0 ou Superior

**Tabela 3.1 – Evolução da Simulação de Sistemas**

Fonte: Adaptado de GAVIRA (2003)

Apesar de todo o avanço já conquistado pelas ferramentas de simulação, elas continuam a se modernizar e a evoluir, tornando-se cada vez mais flexíveis e fáceis de usar, além de apresentarem melhores recursos gráficos, de comunicação e interação com o usuário (GAVIRA, 2003).

Neste presente estudo será utilizada a simulação computacional de sistemas através do programa ARENA, o qual roda na base do SIMAN, originário do início dos anos 80. Este simulador contém uma moderna gama de recursos para análises das filas, possibilitando ao usuário uma melhor visualização dos fluxos nos processos.

### 3.4.3 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SIMULAÇÃO

Alguns dos benefícios da simulação citados por FREITAS (2001) e GAVIRA (2003) são:

- Possibilidade de utilização de um modelo inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas propostas;
- Facilidades para aplicação da simulação em relação aos métodos analíticos;
- Possibilidade de avaliação de novas políticas e procedimentos operacionais, sem que o sistema real seja perturbado;
- O controle do tempo da simulação faz com que se possam reproduzir os fenômenos de maneira lenta ou acelerada, para que se possa melhor estudá-los;
- Compreende-se quais variáveis são mais importantes em relação à performance e como as mesmas interagem entre si e com os outros elementos do sistema;
- A facilidade na identificação de “gargalos”, como fluxos de materiais, informações e produtos, pode ser obtida de forma facilitada, principalmente com a ajuda visual.

Apesar de diversas vantagens, o processo de simulação também apresenta algumas desvantagens, como:

- Dificuldade na elaboração dos modelos, necessitando de pessoal treinado;
- Os resultados da simulação são, muitas vezes, de difícil interpretação;
- A modelagem, a coleta de dados e a experimentação consomem muitos recursos e tempo.

### 3.4.4 – METODOLOGIA PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

De acordo com FREITAS (2001), a metodologia científica utilizada na simulação de sistemas é composta das seguintes etapas:

ETAPA DE PLANEJAMENTO, envolvendo as seguintes atividades:

- **Formulação do Problema:** É o estudo do problema, com a formulação clara da questão a ser resolvida e a definição das metas e objetivos a serem alcançados.
- **Definição do Sistema e Planejamento do Projeto:** É a definição dos procedimentos a serem executados para resolução do problema. O planejamento é realizado através da elaboração de uma rotina de atividades a serem seguidas para obtenção da solução desejada. Ele se faz necessário para que seja possível levantar os recursos necessários em relação a pessoal, suporte, programas e hardware.
- **Formulação do Modelo Conceitual:** É a elaboração do modelo do sistema de forma gráfica ou algorítmica para entendimento do problema. O modelo é desenvolvido através de ambientes específicos para modelagens de sistemas, onde pode-se compreender as características do sistema e testar propostas de alterações para o sistema.
- **Coleta de macro informações:** É a coleta de informações gerais, visando o entendimento dos processos executados pelas operações que ocorrem no sistema.

ETAPA DE MODELAGEM, envolvendo:

- **Coleta de dados:** É a coleta de informações sobre o sistema em estudo, através de medições em campo ou dados de históricos. Deve ser realizada

com cuidado, pois a qualidade do resultado depende diretamente da precisão dos dados.

- **Tradução do modelo:** É a implementação do modelo numa linguagem simulação apropriada, ou seja, é a implementação do modelo conceitual dentro do ambiente de simulação.
- **Verificação e Validação do Modelo:** É o teste de aderência do modelo, através de testes estatísticos como Kolmogorov-Smirnov e Chi-quadrado e do estudo da confiança estatística, para garantia dos resultados obtidos com a modelagem, em busca da afirmação de que o modelo está operando e produzindo resultados confiáveis e representativos da realidade, em acordo com as premissas iniciais.

ETAPA DE EXPERIMENTAÇÃO, envolvendo:

- **Projeto Experimental:** É a programação do conjunto de experimentos que produzam os resultados desejados, determinando como cada um dos testes deve ser realizado.
- **Experimentação:** É a extração dos resultados do modelo através da execução de simulações.
- **Análise Estatística dos Resultados:** É o entendimento e a análise dos resultados obtidos pela modelagem e simulação do sistema, em busca da visualização das novas perspectivas apresentadas para esta configuração e política simulada.

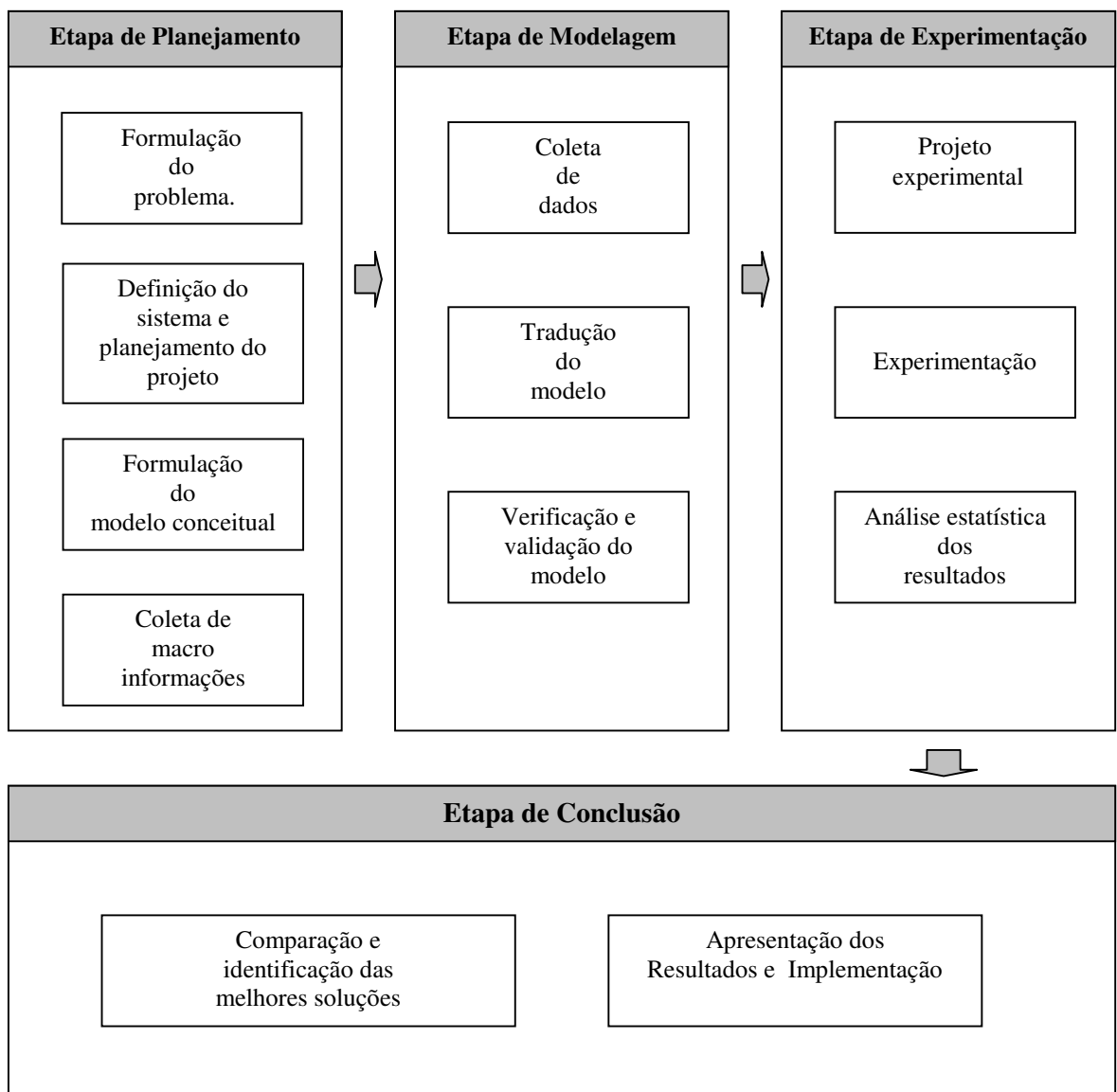
ETAPA DE CONCLUSÃO DO PROJETO, envolvendo:

- **Comparação e Identificação das Melhores Soluções:** É a identificação das diferenças existentes entre as diversas alternativas de sistemas, com

base nas premissas iniciais adotadas para cada simulação, objetivando a definição do melhor resultado e da melhor política gerencial para o sistema.

- **Apresentação dos Resultados e Implementação:** É a documentação e apresentação dos resultados do estudo de simulação para posterior implementação da melhor solução encontrada para o sistema, estudado.

A Figura 3.3, a seguir, apresenta esquematicamente estas etapas e atividades.



**Figura 3.3 – Etapas da Pesquisa Operacional**

Fonte: Adaptado de FREITAS (2001)

### 3.4.5 – MÉTODO DE MONTE CARLO

O método de Monte Carlo teve sua origem em pesquisas realizadas no século passado, durante trabalhos secretos de cientistas para o desenvolvimento da bomba atômica dos aliados na segunda guerra mundial.

O método consiste na geração artificial, através de um gerador, de números aleatórios independentes e uniformemente distribuídos no intervalo de 0 a 1, ou seja, todos os números com a mesma probabilidade de ocorrência para uma distribuição de freqüências da variável de interesse (FREITAS, 2001).

Segundo PRADO (1999a), o Método de Monte Carlo pode ser definido como: “uma maneira de se transformar um conjunto de números aleatórios em outro conjunto de números (variáveis aleatórias), com a mesma distribuição da variável considerada”.

Segundo SALIBY (1989), o Método de Monte Carlo foi inicialmente idealizado para resolução de integrais múltiplas, porém, logo a seguir foi verificada sua aplicabilidade na solução de diversos outros problemas matemáticos complexos, nos quais havia dificuldade de se estabelecer expressões analíticas que representem suas características aleatórias.

A geração de números aleatórios pelo Método de Monte Carlo pode ser realizada por programas computacionais baseados em algoritmos que produzam valores independentes e uniformemente distribuídos.

A procura por estes algoritmos geradores de números aleatórios se desenvolveu plenamente somente após o advento dos computadores digitais, e, atualmente, a grande maioria das novas linguagens e pacotes para simulação de sistemas faz uso de algoritmos consagrados.

Como exemplo, abaixo é apresentada uma função de um gerador de números aleatórios do tipo *Método Congruente Linear Multiplicativo*, que é um método muito popular dentre os métodos de geradores de números aleatórios (FREITAS, 2001).

$$x_n = ax_{n-1} \bmod m \quad \text{eq (4)}$$

onde os parâmetros  $a$  e  $m$  são chamados de multiplicador e módulo, respectivamente.

Além disto, sabe-se que:

- Os valores gerados de  $x$  sempre estarão entre 0 e  $m-1$ . Logo, o período nunca será maior que  $m$ ;
- Para a computação de  $m$  ser eficiente,  $m$  deve ser uma potência de 2, isto é,  $2^k$ ;
- Um gerador será mais eficiente quando o multiplicador  $a$  for uma raiz primitiva do módulo  $m$ . Por definição,  $a$  será uma raiz primitiva do módulo  $m$  se, e somente se,  $a^n \cdot \bmod m \neq 1$ , para  $n = 1, 2, \dots, m-2$ .

Outro ponto importante descrito por FREITAS (2001), referente à aplicação do Método de Monte Carlo, é que as amostragens das distribuições de probabilidades devem ser realizadas durante o processo de simulação. Estas distribuições podem ser de natureza teórica ou baseada em dados empíricos coletados no sistema real.

Utilizando o Método de Monte Carlo, é possível reproduzir no modelo o comportamento das inúmeras variáveis aleatórias que compõem os sistemas do mundo real. Este comportamento pode ser reproduzido de duas formas:

- Descrevendo a distribuição de frequências das variáveis aleatórias;
- Verificando se o comportamento dos valores associados às variáveis são compatíveis e semelhantes ao de variáveis aleatórias descritas por distribuições teóricas de probabilidades. Sendo compatíveis, pode-se usar



no modelo computacional as funções matemáticas que geram valores de acordo com a distribuição teórica específica.

Todos os programas de simulação contêm uma função para a geração de números aleatórios, além de inúmeras outras funções matemáticas, descritas como funções geradoras de variáveis aleatórias.

Para cada tipo de distribuição teórica de probabilidade existe uma função geradora de variável aleatória apropriada (FREITAS, 2001). Logo, se os dados coletados para a análise forem semelhantes a uma das distribuições teóricas existentes, basta utilizar a função correspondente, fornecendo os parâmetros necessários para sua execução. Este procedimento foi utilizado neste estudo, onde os dados reais foram coletados e analisados, verificando em qual distribuição teórica eles mais se adequavam, para posterior utilização desta função no programa de simulação.

### 3.5 – FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO

Vários trabalhos sobre terminais de contêineres têm sido elaborados utilizando a simulação. Ela possibilita a verificação do sistema real do porto através de modelos que reproduzem a operação portuária em detalhes, obtendo assim resultados que não poderiam ser obtidos por outros recursos.

Existem diversos programas de modelagem em simulação. Segundo YUN and CHOI (1999), há poucos anos atrás os mais conhecidos para portos de contêineres eram o UNCTAD, o PORTSIM e o MIT.

O UNCTAD foi um modelo de simulação desenvolvido em 1969 e usado para analisar transações e operações portuárias com cargas livres, “soltas”; o PORTSIM foi desenvolvido pelo Banco Mundial em 1970 como ferramenta de avaliação de projetos, sendo útil para avaliar os custos e benefícios de mudar a configuração de um porto; o MIT, desenvolvido no início dos anos 80, permite a análise de mutipósitos em um

porto com cargas fracionadas, com cargas refrigeradas, cargas granéis e cargas containerizadas.

Estes modelos não são suficientes para analisar as operações dos terminais de contêineres de hoje. Atualmente, os modernos terminais de contêineres são equipados com sofisticados equipamentos de controle, o que torna necessário à utilização de modelos mais precisos para analisar eficientemente as operações atuais dos terminais de contêineres (YUN and CHOI, 1999).

Hoje, já existem sistemas de simulação mais sofisticados como o PROMODEL e o ARENA, que possibilitam ao usuário visualizar o modelo em forma de desenhos ou blocos, facilitando assim a compreensão dos processos e equações. Permitem, ainda, a incorporação de formas de operações, decisões, tipos diferenciados de processo, número de atendimentos, número de atendentes em diferentes fases do processo, tempos pré-determinados de operação, entre outros fatores, permitindo a formulação de um modelo bem próximo à situação real do sistema em estudo.

### 3.5.1 – O SIMULADOR ARENA

O ARENA foi lançado pela empresa americana Systems Modeling em 1993 e é o sucessor de dois outros produtos de sucesso da mesma empresa, o SIMAN (primeiro software de simulação para PC) e CINEMA, os quais foram desenvolvidos em 1982 e 1984, respectivamente. O SIMAN é uma evolução da arquitetura do GPSS, lançado pela IBM em 1961 e que, durante anos, foi o melhor dos produtos de simulação de uso geral no mercado mundial (PRADO 1999b). Em 1984, o SIMAN recebeu um complemento chamado CINEMA (primeiro software de animação para PC), que adicionava habilidades de animação gráfica. Este conjunto foi continuamente melhorado e, a partir de 1993, os dois programas foram unificados e aperfeiçoados em um único software, que se chamou ARENA.

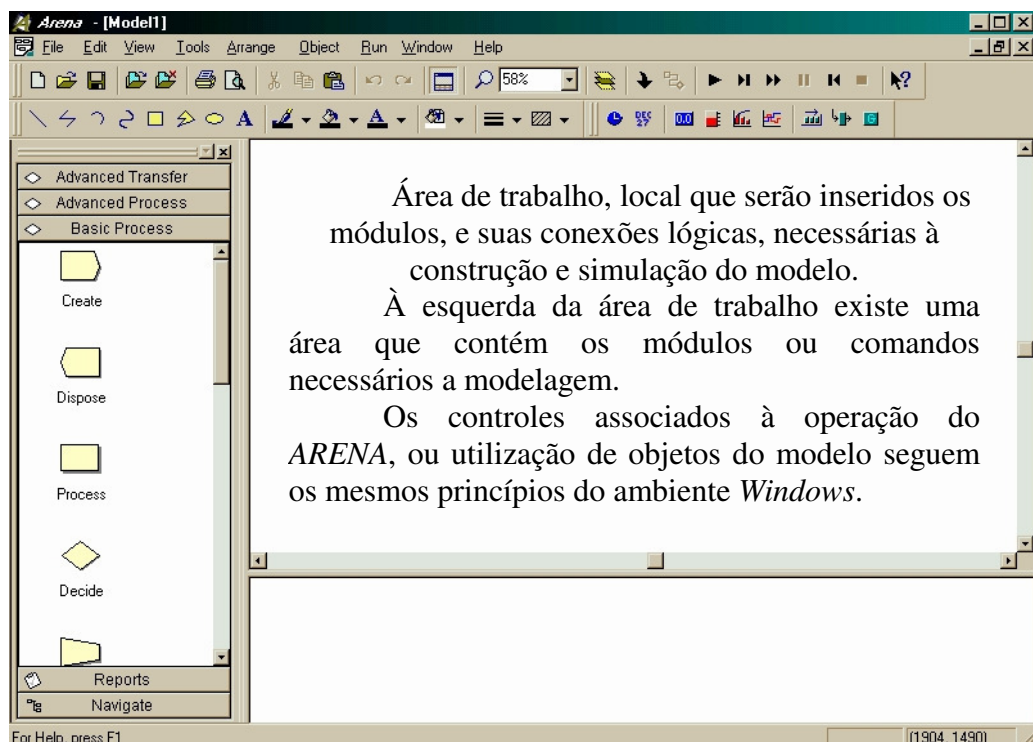
O ambiente de simulação ARENA foi escolhido, porque o ARENA e a linguagem de simulação nele embutida (SIMAN V) enquadram-se na classe das linguagens ou ambientes de modelagem e simulação de propósito geral, ou seja, os

sistemas a serem modelados podem pertencer a qualquer área de aplicação, tais como: manufatura, serviços, sistemas de transportes, logística, redes de computadores e outros.

Para simplificar o processo de construção dos modelos, segundo PRADO (1999b), o ARENA utiliza uma interface gráfica com o usuário, que em muito automatiza o processo e reduz a necessidade do teclado, sendo o mouse mais utilizado. Além de permitir a construção dos modelos de simulação, o ARENA possui ainda ferramentas muito úteis, tais como:

- Analisador de dados de entrada (Input Analyser);
- Analisador de resultados (Output Analyser);
- Visualizador da simulação (Arena Viewer).

Na figura abaixo, pode-se observar algumas das características do ambiente de simulação ARENA, como a tela da área de trabalho, onde serão inseridos todos os módulos, e suas conexões lógicas, necessárias à construção do modelo.

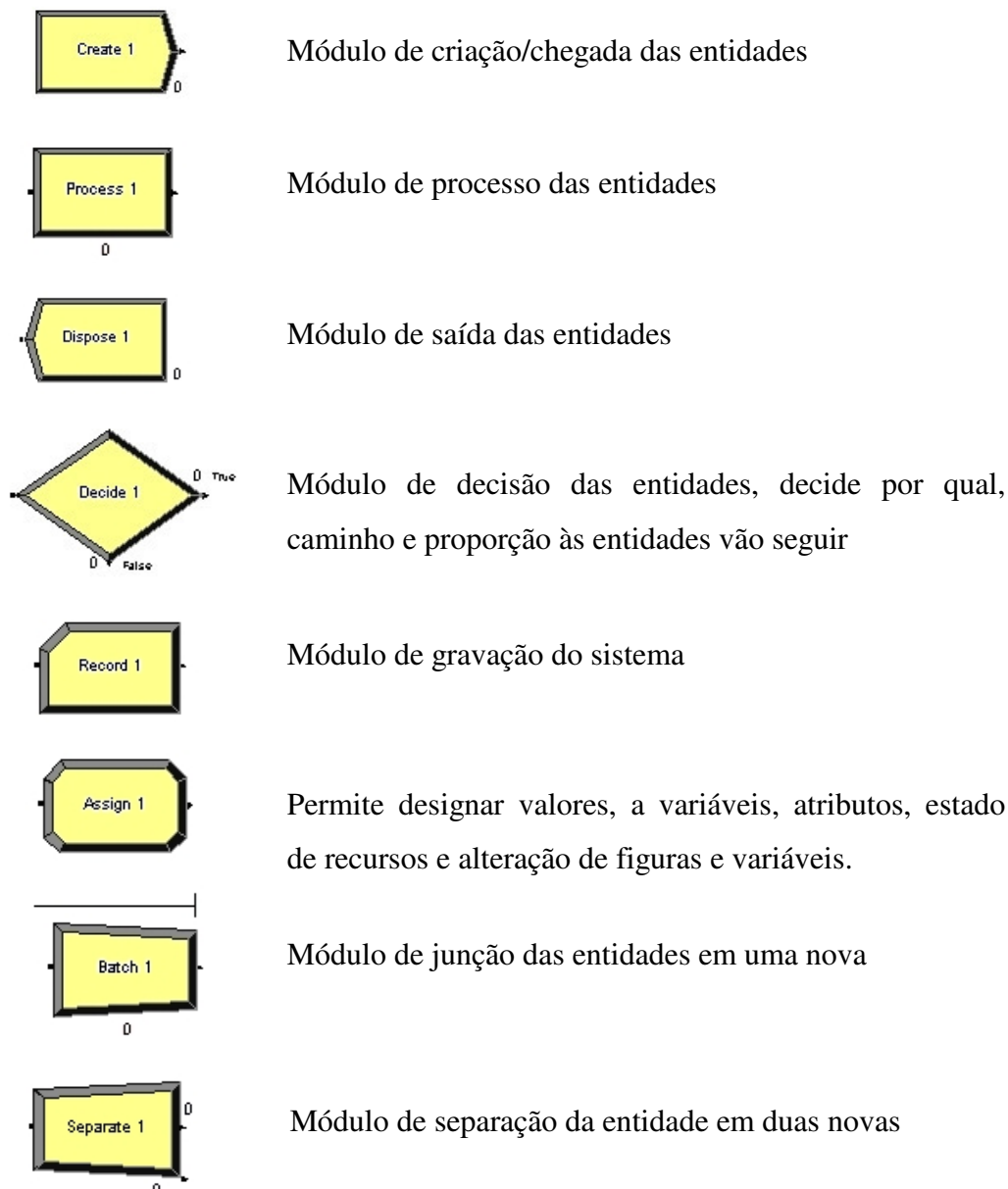


**Figura 3.4 – Tela inicial do ARENA**

Fonte: Adaptado do Programa ARENA, Versão 4.0

O ARENA é um ambiente no qual o usuário desenvolve a modelagem considerando uma visão dos processos do sistema. A forma mais fácil de compreender este método de modelar é assumindo o lugar de uma entidade dinâmica e entendendo como esta interage com o sistema.

Neste ambiente pode-se modelar tudo o que ocorre com uma entidade no sistema, como seu processo de chegada, serviço ou processamento e sua partida. Alguns dos principais módulos, contidos no “*templates basic process*” do ARENA, que possibilitam a implementação lógica do sistema, são:

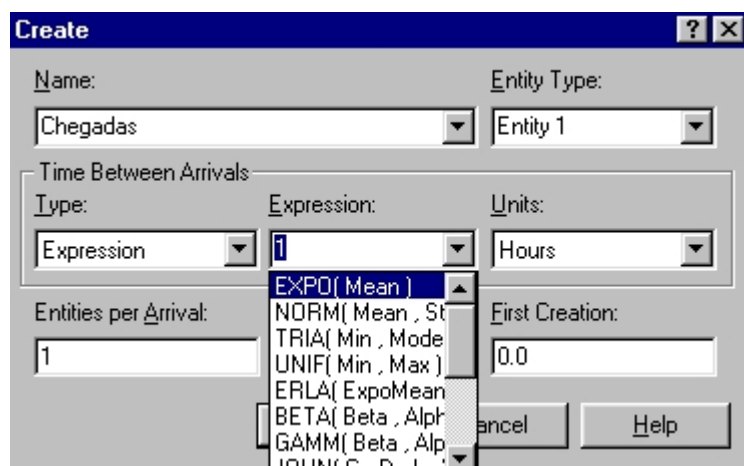


**Figura 3.5 –Módulos presentes no “templates basic process” do ARENA**

Fonte: Adaptado do Programa ARENA, Versão 4.0

Cada módulo tem suas particularidades e funções para criação dos modelos. Dentro dos módulos *create*, *process* e *assing* são inseridas as distribuições estatísticas para as variáveis de interesse, objetivando o modelo assemelhar a variabilidade ocorrida na operação.

Como exemplo, mostra-se na figura abaixo alguns tipos de distribuições estatísticas possíveis de serem utilizadas na modelagem de um processo de chegadas, através do ARENA.



**Figura 3.6 – Janela de diálogo padrão (Default) do módulo Create**

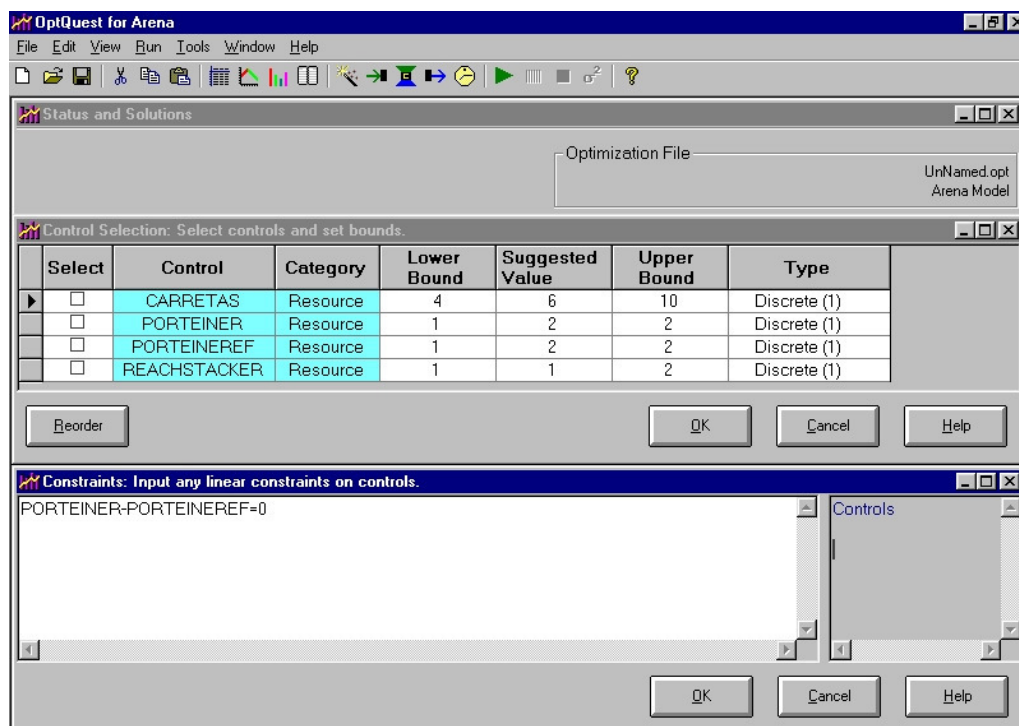
Fonte: Adaptado do Programa ARENA, Versão 4.0

### 3.5.2 – O OTIMIZADOR OPTQUEST

O software OPTQUEST é um programa de otimização de modelagem que é executado no ambiente de simulação ARENA. Ele é uma ferramenta capaz de analisar as possíveis combinações de recursos para determinados cenários, objetivando atender a uma função otimizadora definida previamente.

No ambiente da Informática, ele é conhecido como um programa Add-in, ou seja, uma vez instalado é adicionado ao conjunto de ferramentas disponíveis no ambiente de modelagem ARENA.

No software OPTQUEST, os parâmetros do modelo a serem otimizados são definidos de forma que possam ser controlados e ajustados pelo programa. A fim de verificar quais os seus efeitos sobre o desempenho do sistema, todas as variáveis e recursos definidos no modelo são candidatos a parâmetros controláveis. Outro aspecto importante deste programa é que também é possível definir restrições que podem estabelecer um menor conjunto de soluções para o sistema. Para determinação destas restrições são montadas relações lógicas com as variáveis de controle.



**Figura 3.7 – Controles de diálogo padrão (Default) do Optquest**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

A utilização do OPTQUEST pressupõe a predefinição de uma função-objetivo, que representa os objetivos do sistema em estudo e é uma expressão do tipo minimizar ou maximizar uma determinada variável. O objetivo a ser alcançado pelo OPTQUEST é encontrar um valor ótimo para esta função, na medida em que são testadas diferentes soluções. Como trata-se de um modelo de simulação do ARENA, o OPTQUEST considera que as possíveis candidatas à função-objetivo sejam as próprias variáveis que estão sendo adotadas pelo modelo.

Pode-se observar, na Figura 3.8 a seguir, que somente uma variável é predefinida como sendo minimizada ou maximizada. Para as outras variáveis é possível restringi-las em função de parâmetros de níveis máximos e mínimos.

Select	Response	Value	Lower Bound	Upper Bound
Minimize Objective	OCUPA REACH STACKER.QUEUE.WAITINGTIME	Average		
Requirement	CARRETAS.UTILIZATION	Average	0,70	0,99
Requirement	PORTEINEREF.UTILIZATION	Average	0,70	0,99
Requirement	REACHSTACKER.UTILIZATION	Average	0,75	0,99
No	OCUPA REACH STACKER.QUEUE.NUMBERINQUEUE	Average		
No	CARRETAS.NUMBERBUSY	Average		
No	CARRETAS.NUMBERSCHEDULED	Average		

**Figura 3.8 – Controles da função-objetivo do Optquest**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

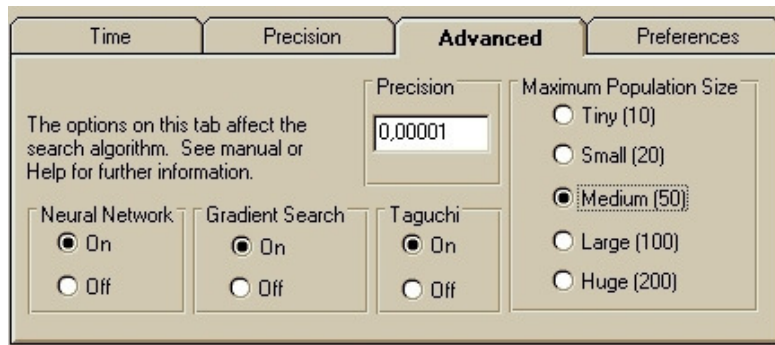
O programa possibilita também a escolha do método de busca que deve ser empregado. Três são os métodos que podem ser empregados: *Neural Networks*, *Gradient Search* e *Taguch* (FREITAS, 2001).

O primeiro, Redes Neurais, é uma espécie de ferramenta de aceleração do processo de busca do ótimo. Conforme as soluções parciais vão sendo obtidas, o OPTQUEST envia à rede um conjunto de parâmetros de entrada e de respostas do sistema, com o qual a rede tenta identificar o comportamento do sistema para ajudar na busca do ótimo.

O segundo, Método do Gradiente, é um indicador do melhor caminho a ser seguido. Depois de ativado e à medida que os resultados forem sendo obtidos, este algoritmo compara os progressos realizados na busca do ótimo, caminhando na direção das variações das variáveis de controle para busca da melhor solução.

O terceiro, Método de Taguchi, é uma ferramenta de auxílio à investigação. Quando o número de variáveis de controle são muito grandes, suas combinações implicam na realização de um grande número de experimentos. Por isto, o Método de Taguchi permite a montagem de um projeto fatorial fracionário, no qual apenas dois

valores são apontados para cada variável, ou seja, projeta um conjunto de experimentos a serem realizados considerando apenas parte do espaço de soluções. Estes valores considerados para as variáveis de controle são os seus extremos, ou seja, o maior e menor valor possível a aquela variável. Este método é aconselhável quando o número de combinações entre as diferentes variáveis for muito elevado.



**Figura 3.9 – Controles de definição das opções de busca**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

### 3.6 - CONCLUSÃO

Neste capítulo, destinado à revisão bibliográfica, foi apresentada uma introdução, descrevendo e conceituando os sistemas, modelagem e à metodologia da pesquisa operacional.

Foram também apresentadas as técnicas da Pesquisa Operacional, detalhando a Teorias das Filas e a metodologia da Simulação de Sistemas.

Por fim, foram apresentados o ambiente de modelagem ARENA e o software de otimização OPTQUEST, o qual servirá para se obter a otimização dos cenários do Terminal de Vila Velha.

Será apresentado no próximo capítulo o modelo de simulação proposto identificando suas etapas de criação, a coleta e o tratamento dos dados coletados.



## 4 – MODELO DE SIMULAÇÃO PROPOSTO

### 4.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo será apresentada a proposta metodológica para a simulação dos fluxos de importação e exportação de contêineres no Terminal de Vila Velha, que está baseado em três etapas: a primeira consiste na criação de um modelo de simulação dos fluxos de importação e exportação do terminal, no ambiente ARENA, englobando o desembarque e embarque no navio, a movimentação do costado até a área de estocagem e o descarregamento e carregamento das carretas pelas empilhadeiras; a segunda etapa consiste na otimização do modelo, através do uso do OPQUEST, usando algumas restrições e uma função objetivo; e a terceira etapa de conclusão, que consiste na verificação e comparação dos resultados obtidos na primeira e segunda etapas.

O ambiente utilizado para simulação do modelo será o ambiente ARENA, no qual serão descritas e representadas detalhadamente as operações acima descritas.

### 4.2 – ETAPAS DA SIMULAÇÃO

Para um melhor entendimento, são apresentadas abaixo as diversas atividades de cada etapa da simulação.

#### CRIAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

- Análises dos fluxos de importação e exportação;
- Análise das áreas do terminal;
- Construção dos modelos no ambiente ARENA;
- Amostragem e Coleta dos dados;
- Tratamento dos dados;
- Desenvolvimento e criação das distribuições estatísticas;
- Verificação das distribuições através de testes de aderência;

- Inserção das distribuições nos modelos criados para simulação;
- Experimentação da simulação do sistema em estudo;
- Validação dos dados obtidos;
- Conclusões.

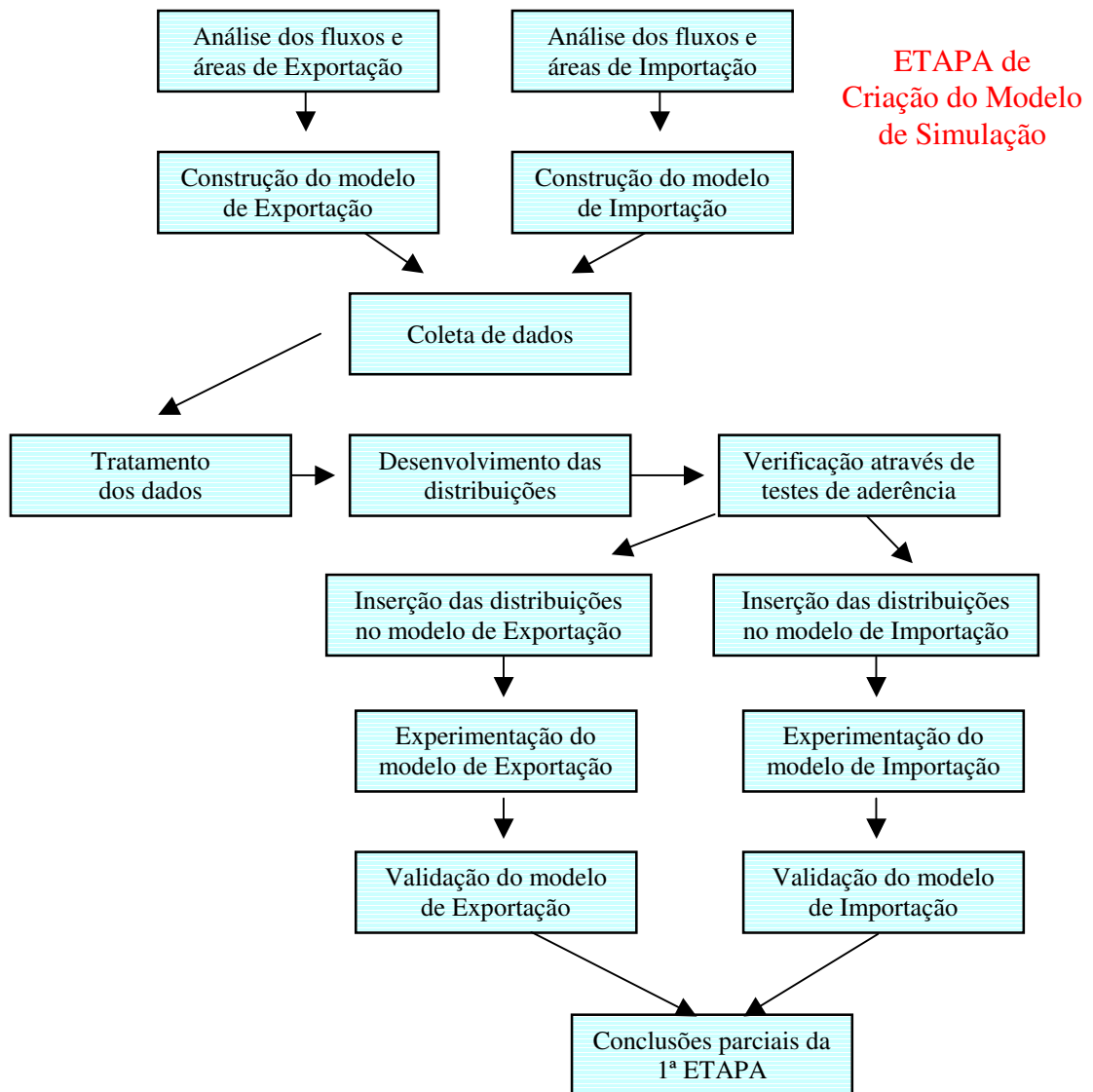
#### OTIMIZAÇÃO DO MODELO:

- Análise dos modelos de exportação e importação;
- Seleção dos controles no otimizador;
- Definição da função objetivo;
- Definição dos métodos de análise do otimizador;
- Execução das interações para otimização;
- Verificação dos resultados obtidos.

#### CONCLUSÃO:

- Análise dos resultados pela modelagem direta no ARENA e pelo uso do OPTQUEST;
- Conclusão Final.

Para uma melhor visualização, as etapas de desenvolvimento da simulação serão apresentadas esquematicamente, em fluxogramas.



**Figura 4.1 – Fluxograma da ETAPA de Criação do Modelo de Simulação**

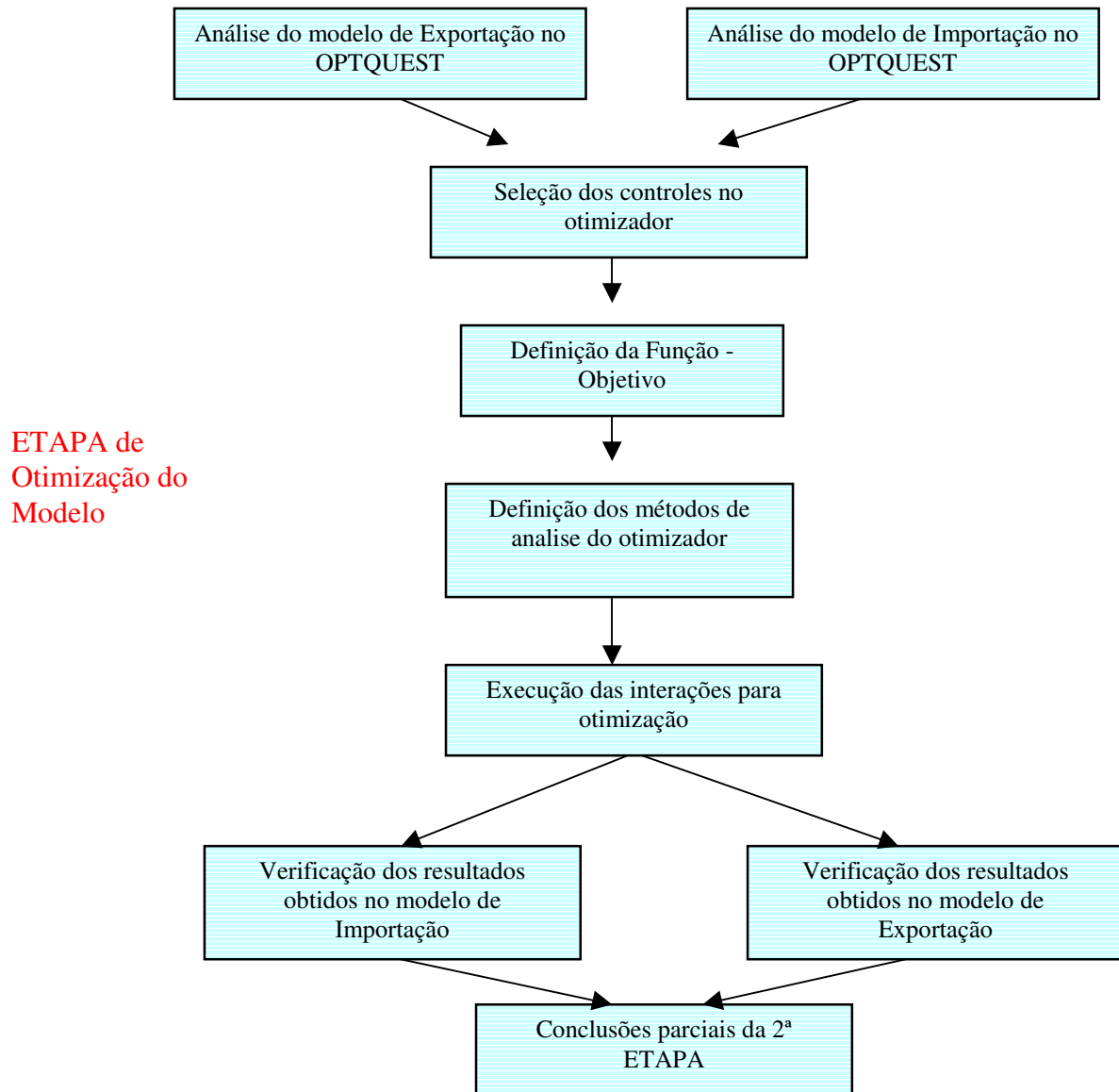


Figura 4.2 – Fluxograma da ETAPA de Otimização do Modelo

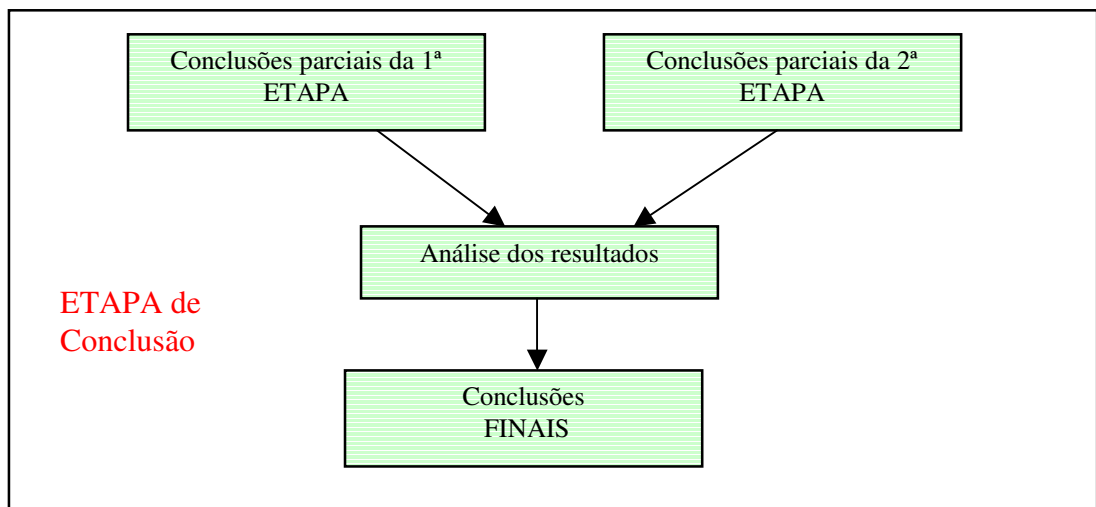


Figura 4.3 – Fluxograma da ETAPA de Conclusão

### 4.3 – ANÁLISE DOS FLUXOS DE IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO

Para criação do modelo de simulação, as operações de importação e exportação foram detalhadamente estudadas, identificando-se todos os equipamentos envolvidos e todas as etapas das atividades que compõe cada operação.

#### FLUXO DE IMPORTAÇÃO

No fluxo de importação, após atracão e liberação dos navios, os contêineres são descarregados pelos *portaineres*, colocados sobre os veículos de transporte (carretas) e movimentados até o local de estocagem para que as empilhadeiras possam descarregá-los e colocá-los empilhados em seus locais de estocagem.

Nem sempre os contêineres estão posicionados na ordem correta para seu descarregamento e empilhamento. No modelo criado, que será apresentado no item 4.4 deste capítulo, foi levado em consideração um percentual de 5% dos contêineres totais movimentados a serem removidos para movimentação de outros contêineres, com base nos dados estatísticos fornecidos pelo Terminal de Vila Velha.

#### **Etapas do Fluxo de Importação**

I – Descarga do contêiner pelo *portainer*:

- Engate do contêiner no navio;
- Movimentação do contêiner do navio ao costado;
- Posicionamento do contêiner no costado para conferência do lacre;
- Desengate do contêiner sobre a carreta.

II – Transporte do costado para área de estocagem:

- Conferência do contêiner pelo fiscal de pátio;
- Transporte até chegada na área de estocagem;

- Posicionamento do veículo na área de estocagem para descarga

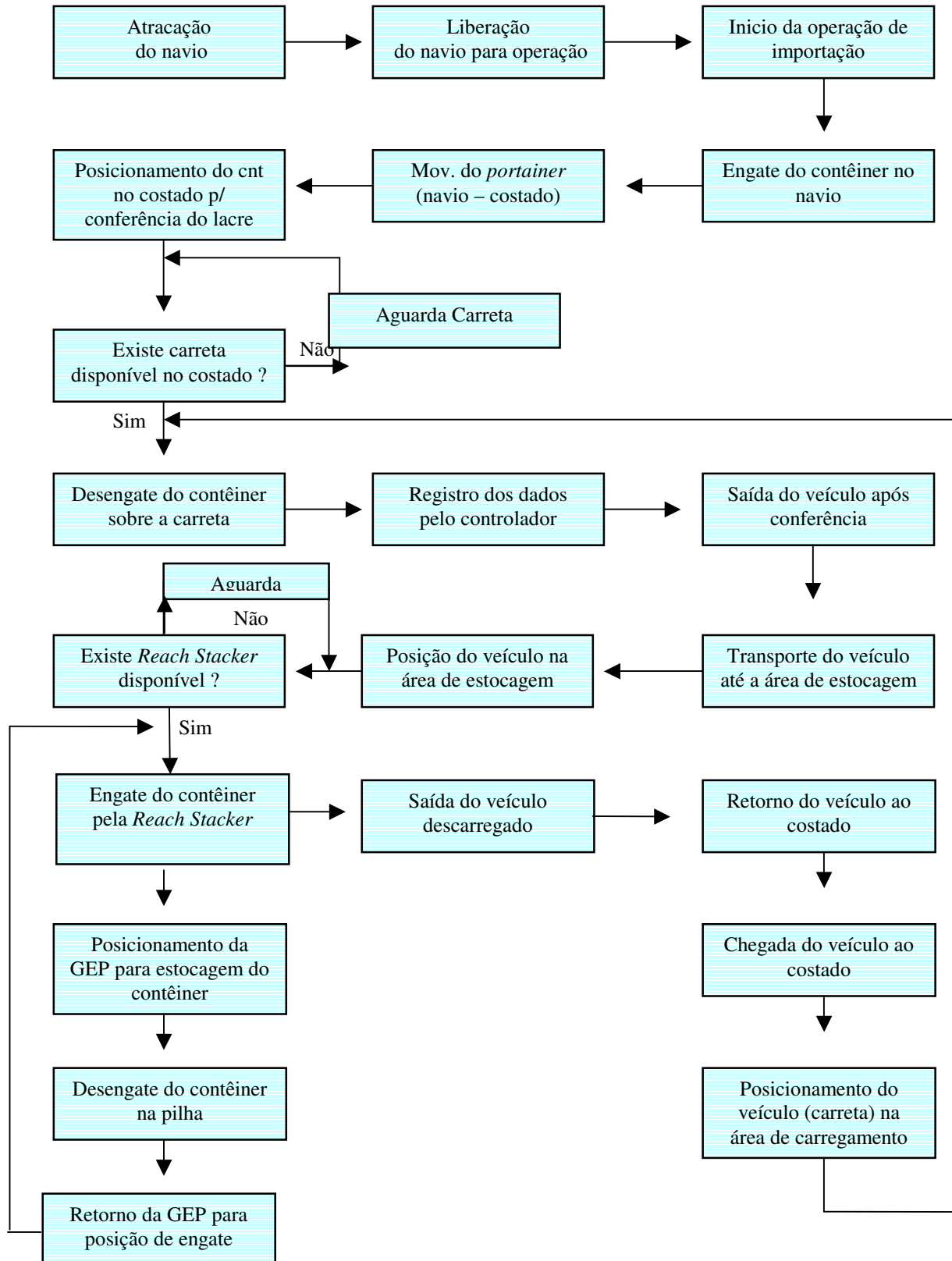
### III–Descarregamento na área de estocagem:

- Engate do contêiner para descarregamento;
- Saída do veículo;
- Posicionamento da *Reach Stacker* (GEP) para empilhamento do contêiner;
- Desengate do contêiner na pilha;
- Retorno da *Reach Stacker* (GEP) para engate de novo contêiner.

### IV –Retorno do veículo:

- Saída do veículo descarregado;
- Chegada do veículo no costado;
- Posicionamento do veículo na área de carregamento (embaixo do *portainer*).

Para um melhor entendimento, a figura a seguir apresenta o fluxo de importação, através de fluxogramas.



**Figura 4.4 – Fluxograma do Fluxo de Importação**

## FLUXO DE EXPORTAÇÃO

No processo de exportação, os contêineres são retirados das pilhas, carregados nas carretas pelas *Reach Stackers* (GEPS) e movimentados até o costado, onde são retirados das carretas e colocados no navio, pelos *portaineres*.

Assim como na importação, onde ocorrem casos de arrumação dos contêineres no interior do navio para sua retirada, na exportação também é necessário uma nova arrumação, para alguns contêineres que estão fora da posição ideal para carga que, é normalmente efetuada antes da chegada do navio ao porto. Entretanto, devido ao alto volume de movimentações realizadas no terminal, as vezes ocorrem de alguns contêineres não se encontrarem nas posições corretas acarretando o que se chama de remoção de contêineres. Este fator rearranjo, para cerca de de 5% dos contêineres totais movimentados, também foi inserido na modelagem do fluxo de exportação, segundo dados fornecidos pelo terminal em estudo.

### **Etapas do Fluxo de Exportação:**

#### I– Carregamento do veículo na área de estocagem:

- Posicionamento do veículo para carregamento;
- Posicionamento da *Reach Stacker* (GEP) para carregamento;
- Desengate do contêiner sobre o veículo;
- Saída do veículo para o costado;
- Retorno da *Reach Stacker* (GEP) para engate do contêiner na pilha;
- Engate do contêiner da pilha;
- Posicionamento da *Reach Stacker* (GEP) para carregamento.

#### II – Transporte da área de estocagem para o costado:

- Posicionamento do veículo na área de estocagem;
- Engate do contêiner pela *Reach Stacker* (GEP);
- Colocação do contêiner sobre o veículo;



- Saída do veículo carregado;
- Chegada do veículo no costado;
- Posicionamento do veículo na área de carregamento (embaixo do *portainer*);
- Saída do veículo após engate do spreader do *portainer*;
- Transporte do veículo vazio até chegada na área de estocagem;

### III – Embarque do contêiner pelo *portainer*:

- Engate do contêiner sobre a carreta;
- Movimentação do contêiner costado – navio;
- Desengatar o contêiner a bordo;
- Movimentação do *portainer* navio – costado;

### IV –Retorno do veículo:

- Saída do veículo descarregado;
- Chegada do veículo a área de estocagem;
- Posicionamento do veículo na área de carregamento (embaixo da *Reach Stacker*).

A figura a seguir apresenta, a operação de exportação, através de fluxogramas, para um melhor entendimento do descrito acima.

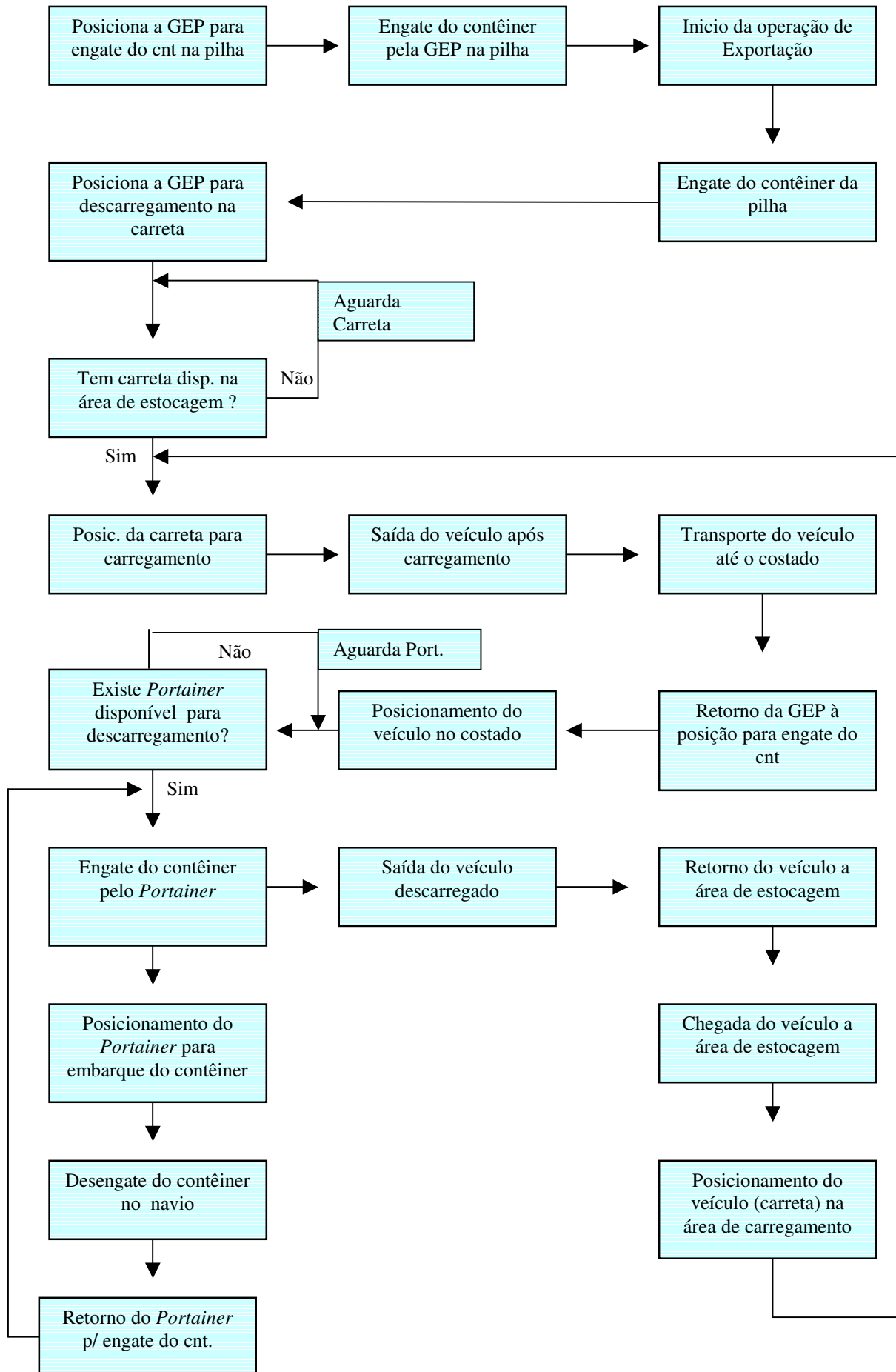


Figura 4.5 – Fluxograma do Fluxo de Exportação

#### 4.4 – ANÁLISE DAS ÁREAS DO TERMINAL

Devido à complexidade das operações de embarque e desembarque do Terminal de Vila Velha e da grande área de estocagem, para criação do modelo, o terminal foi dividido em 3 áreas, em função da diferença entre os tempos de percurso efetuados pelas carretas para movimentar os contêineres entre o costado e a pilha de estocagem, como demonstrado na figura 4.6.

Com esta divisão do pátio do terminal em três distintas áreas, pode-se obter uma maior precisão dos dados coletados e uma melhor representatividade das distribuições estatísticas obtidas, referentes às distâncias percorridas entre o costado e as áreas de estocagem no pátio do terminal. Esta divisão do terminal facilita a identificação das pilhas de estocagem e suas respectivas ordens nos modelos criados.



**Figura 4.6 – Divisão das áreas do Terminal de Vila Velha**

Fotos cedidas pela administração do Terminal de Vila Velha (2003)

Após o entendimento do procedimento de alocação de contêineres no terminal, foram utilizadas no modelo a mesma proporção obtida através do sistema COSMOS de alocação dos contêineres para cada área.

O programa COSMOS, como citado no capítulo anterior, é um programa que distribui os contêineres de importação e exportação pelo pátio de forma ordenada, buscando um melhor aproveitamento dos espaços e uma maior agilidade nas operações.

Assim, concluiu-se que, para efeito de simplificação na modelagem, as coletas de dados seriam distintas para as áreas 1, 2 e 3, apresentadas na figura 4.6.

Verificou-se que, devido à possibilidade de movimentação das carretas entre as pilhas, no sentido das pilhas para o costado, os tempos destas movimentações foram muito próximos, propiciando a simplificação e a identificação de uma única distribuição estatística para este sentido de fluxo.

Através dos modelos de simulação, pode-se acompanhar melhor a consideração utilizada, para representação das características das operações. Para isto, será apresentada a forma de modelagem no ambiente ARENA e as considerações efetuadas nos modelos de importação e exportação.

#### 4.5 – AMBIENTE ARENA PARA MODELAGEM

Na modelagem no ambiente ARENA, inicialmente, o modelo é desenvolvido conceitualmente e, em seguida, é criado o fluxograma das atividades que compõe o processo estudado, utilizando-se das ferramentas contidas no ARENA.

O fluxograma de atividades realizadas pela operação são apresentadas na modelagem efetuada no ARENA como apresentado nos itens 4.5.1 e 4.5.2 a seguir.

##### 4.5.1 – CONSTRUÇÃO DO MODELO DE IMPORTAÇÃO

O modelo foi desenvolvido procurando representar todos os equipamentos e aspectos da importação, para que o mesmo refletisse o mais aderente possível a

operação. Nele foram inseridas todas as atividades que compõe o processo pesquisado, incluindo a possibilidade de remoções para movimentação de outros contêineres.

O modelo, inicialmente, gera o número de contêineres (entidades) que serão movimentados para posteriormente começar a realizar a etapa de operação com o *portainer*. No modelo existem também diversos registradores para anotar em quais períodos os equipamentos estão ocupados e liberados para processo.

Através das medições pelos registradores do modelo é possível verificar qual o número de entidades esperando para serem processadas e o tempo de espera na fila de cada equipamento.

O modelo leva em consideração as áreas de estocagem do terminal, bem como a alocação proporcional dos contêineres nessas áreas realizadas pelo software COSMOS, conforme citado no item 3.3.2 do capítulo anterior.

A figura 4.7, a seguir, apresenta o modelo de importação do Terminal de Vila Velha, elaborado através dos módulos do ARENA que permitem a implementação lógica do sistema em variadas combinações de equipamentos e políticas gerenciais.

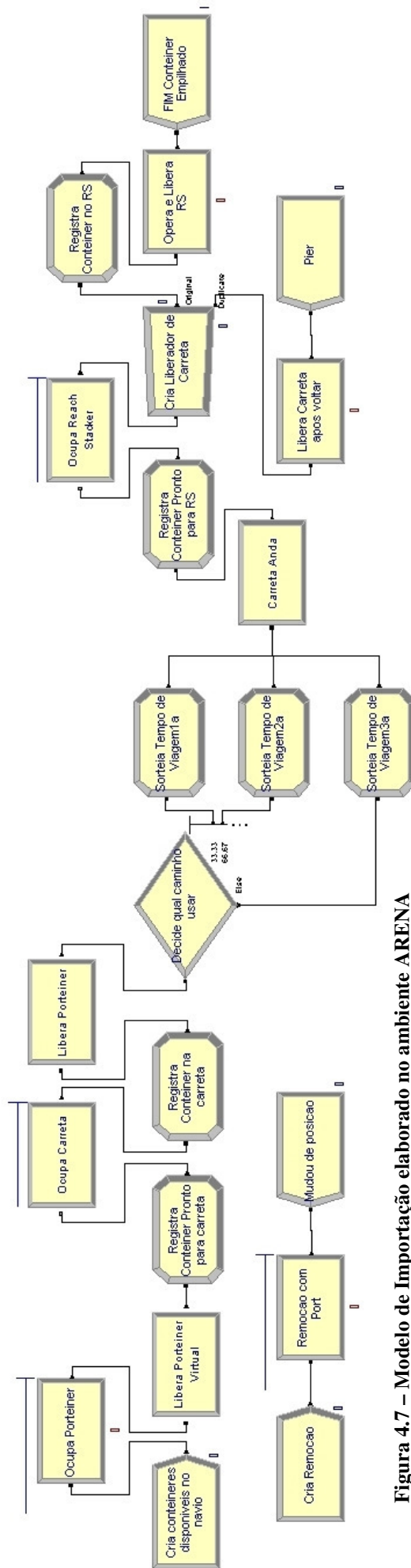


Figura 4.7 – Modelo de Importação elaborado no ambiente ARENA

#### 4.5.2 – CONSTRUÇÃO DO MODELO DE EXPORTAÇÃO

Para a construção do modelo de exportação foram analisados todos os fatores que interferem na movimentação dos contêineres no sentido da área de estocagem para o costado. As diversas áreas de estocagem foram contempladas para que o modelo ficasse o mais real possível, bem como o percentual de remoções para possibilitar a movimentação de outros contêineres, utilizando-se os dados históricos fornecidos pelo terminal.

Assim como no modelo de importação, o modelo de exportação gera os contêineres a serem levados até o costado e os disponibiliza para movimentação das *reach stackers*, que os colocam nas carretas para transporte da área de estocagem até o costado e posterior embarque no navio através dos *portaineres*.

O modelo de exportação também possui vários contadores, como marcadores de tempo de liberação e registro, para permitir a análise dos tempos de espera e do número de contêineres nas filas dos equipamentos.

Cabe ressaltar que, como é permitido o tráfego livre das carretas no percurso de ida da área de estocagem para o costado, não é necessária a distinção dos tempos gastos no caminho percorrido pelas carretas. Assim, para este sentido, o modelo considerou somente uma distribuição estatística para representar esta operação.

Para a volta das carretas do costado para a área de estocagem, o modelo contemplou a diferença na coleta dos tempos de percurso devido ao fato de haver um padrão de deslocamento interno para estas carretas que ocasiona diferentes tempos de percurso.

Em busca de um melhor entendimento, é apresentado a seguir o modelo de exportação do Terminal de Vila Velha elaborado no ambiente ARENA.

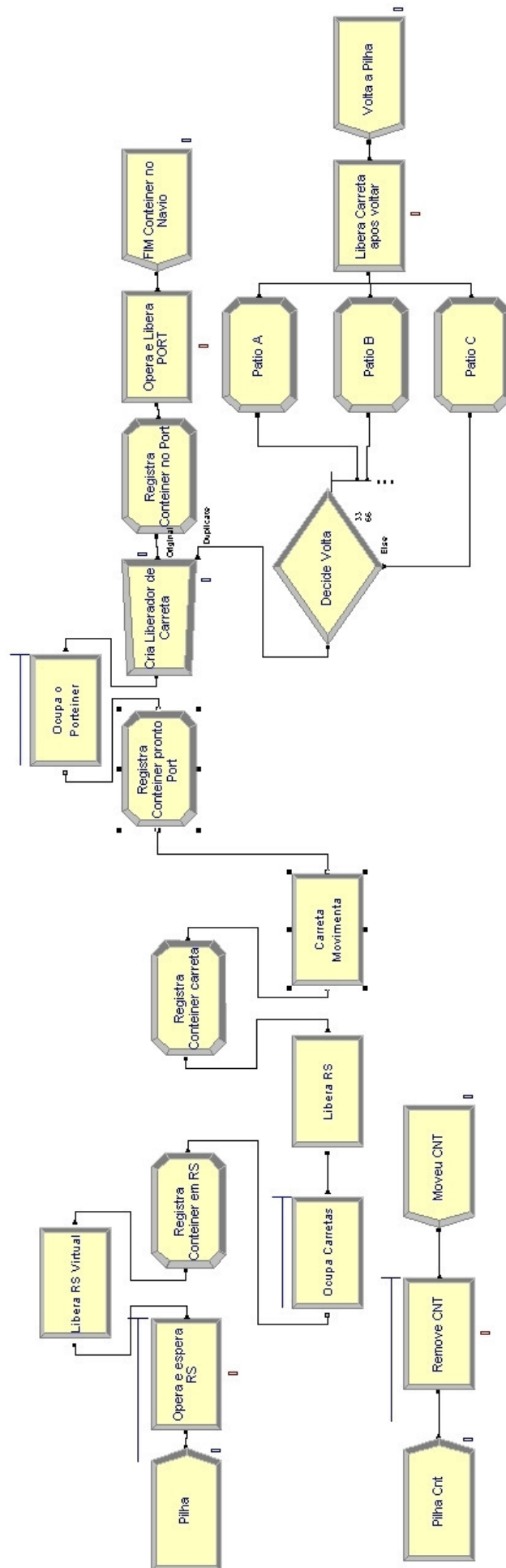


Figura 4.8 – Modelo de Exportação elaborado no ambiente ARENA



#### 4.6 – AMOSTRAGEM E COLETA DE DADOS

Nesta etapa deverão ser coletados os dados referentes aos tempos de operação em cada equipamento e atividade que compõe os processos de importação e exportação de contêineres do terminal.

Para poder simular as operações de importação e exportação de contêineres é necessário que se obtenha a distribuições estatística dos tempos de operação de cada equipamento. Para isto, foram coletados no campo os dados do tempo de operação do embarque e desembarque de contêineres pelo *portainer*, do carregamento e descarregamento dos contêineres da área de estocagem realizada pelas GEPS e dos tempos de movimentação das carretas para levarem os contêineres do costado até a área de estocagem e retornar ao costado. Portanto, foram coletados os seguintes tempos de:

Para Importação:

- operação do *portainer*;
- operação da GEP;
- transporte do costado até o setor 1 da área de estocagem pela carreta;
- transporte do costado até o setor 2 da área de estocagem pela carreta;
- transporte do costado até o setor 3 da área de estocagem pela carreta;
- transporte da área de estocagem até o costado pela carreta.

Para Exportação:

- operação do *portainer*;
- operação da GEP;
- transporte do setor 1 da área de estocagem até o costado, pela carreta;
- transporte do setor 2 da área de estocagem até o costado, pela carreta;
- transporte do setor 3 da área de estocagem até o costado, pela carreta;
- transporte da área de estocagem até o costado pela carreta;

Os dados coletados, contemplando as medições de três navios em turnos matutino, vespertino e noturno e no período de 3 dias, são apresentados no anexo V deste estudo.

As coletas de dados foram efetivadas em turnos, para que se pudesse ter uma melhor representatividade do comportamento destas operações no processo de importação e exportação do terminal.

Para a operação de importação (no sentido da área de estocagem para o cais) e na operação de exportação (no sentido do cais até a área de estocagem) foram verificadas semelhanças nos tempos de deslocamento das carretas. Por este motivo, foi adotada uma aproximação utilizada no modelo, observando-se alguns fatores, entre eles:

- O mesmo percurso percorrido, somente com sentidos opostos;
- Ambos os casos é operado com as carretas vazias.

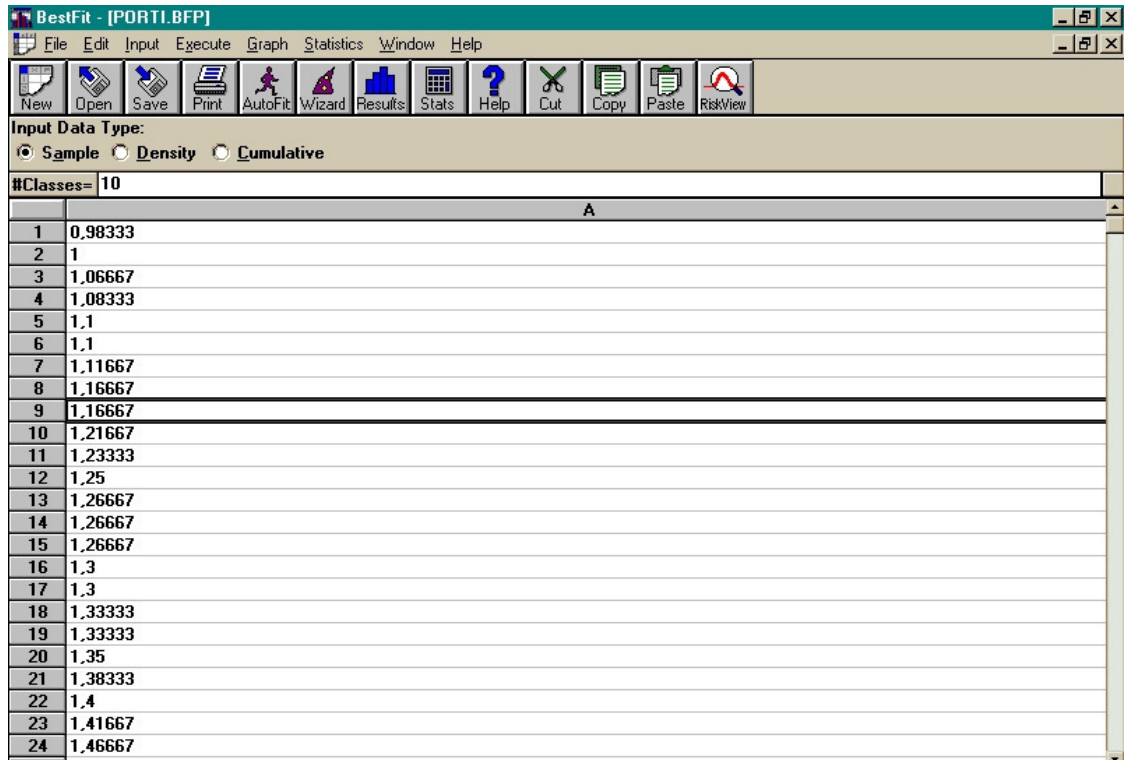
Portanto, no modelo foi efetuada a aproximação da utilização da mesma distribuição para representar os retornos das carretas vazias no sentido da importação e da exportação. Esta proposta mostrou-se aderente a realidade observada, através de medições empíricas dos tempos de processo nos retornos.

#### 4.7 – TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Após a coleta de dados, inicia-se a identificação das distribuições estatísticas. Para isso, é necessário submetê-las a um tratamento adequado de forma que se possa extrair as informações desejadas, ou seja, é preciso que toda informação contida nos dados se torne acessível e, principalmente, compreensível.

Para identificação das distribuições que melhor representam o conjunto de dados analisados, é utilizado o programa BestFit, que é uma ferramenta estatística que determina a distribuição que melhor se ajusta aos dados coletados pelo usuário,

seguindo critérios de verificação, como *Chi-quadrado*, *Kolmogorov-Smirnov* e *Anderson-Darling*.

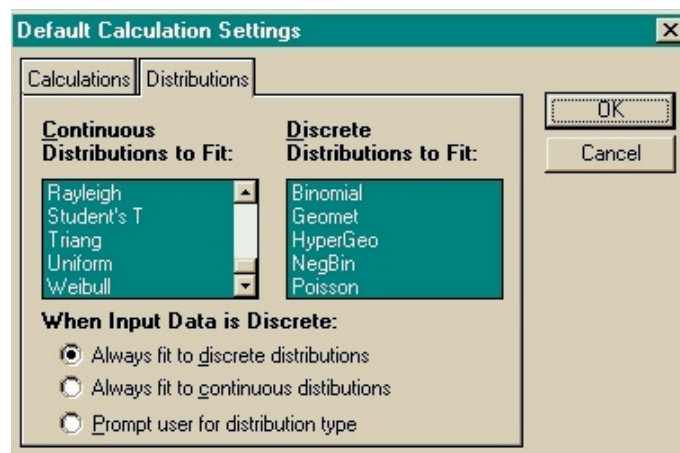


	A
1	0,98333
2	1
3	1,06667
4	1,08333
5	1,1
6	1,1
7	1,11667
8	1,16667
9	1,16667
10	1,21667
11	1,23333
12	1,25
13	1,26667
14	1,26667
15	1,26667
16	1,3
17	1,3
18	1,33333
19	1,33333
20	1,35
21	1,38333
22	1,4
23	1,41667
24	1,46667

**Figura 4.9 – Ordenação dos dados no programa BESTFIT**

Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

A metodologia utilizada pelo BestFit está baseada na verificação de semelhança da base de dados que foi inserida com uma das suas 26 distribuições pré-determinadas, através de alguns testes de aderência.



**Figura 4.10 – Distribuições Estatísticas do programa BESTFIT**

Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

## 4.7.1 – TESTES DE ADERÊNCIA

Os testes de aderência utilizados para balizamento deste trabalho foram os testes de *Chi-quadrado* e o teste de *Kolmogorov-Smirnov*.

Segundo FREITAS (2001), os procedimentos do teste *Chi-quadrado* têm início pelo arranjo das  $n$  (varias) observações em um conjunto de  $K$  classes de intervalos. Segue-se o cálculo do teste estatístico dado pela seguinte fórmula:

$$\chi^2 = \sum_k \frac{(fo - fe)^2}{fe} \quad \text{eq(5)}$$

onde:

$\chi^2$  = Valor de *Chi-quadrado*

$k$  = Número de classes ou intervalos

$fo$  = frequência observada nas classes

$fe$  = frequência esperada nas classes

$\sum_k$  = Somatório de todas as classes

Se a imagem  $\chi^2 = 0$ , então as duas distribuições estão perfeitamente iguais, isto é, não existe diferença entre a distribuição teórica e a observada. Quanto maior o valor de  $\chi^2$ , maior a discrepância entre as duas distribuições.

Para demonstrar que segue a distribuição *Chi-quadrado* com  $k-1-p$  graus de liberdade, onde  $p$  é o número de parâmetros da distribuição sob hipótese, as seguintes hipóteses devem ser testadas:

- H0: a variável aleatória X segue a distribuição sob hipótese, com os parâmetros estimados.
- H1: a variável aleatória X não segue a distribuição sob hipótese, com os parâmetros estimados.

Para a decisão, compara-se o valor calculado de  $\chi^2$  com os valores de  $\chi^2_{a,k-1-p}$ . Os valores críticos são fornecidos pela tabela da distribuição *Chi-quadrado* (vide anexo III). A hipótese nula  $H_0$  é rejeitada, se  $\chi^2 > \chi^2_{a,k-1-p}$ .

O teste de *Kolmogorov-Smirnov* é usado com a mesma intenção que o *Chi-quadrado*, isto é, testar se uma distribuição amostral segue uma determinada distribuição teórica contínua.

O teste baseia-se na comparação das probabilidades acumuladas das duas distribuições (observada e teórica). Para a consulta em uma tabela de valores críticos (vide anexo III), toma-se o maior valor K-S observado, isto é, o que corresponde ao maior desvio entre as duas distribuições.

Com o programa BestFit, foram realizados os testes referentes às verificações de aderência para cada amostra de dados dos equipamentos e operações envolvidas, mostradas no item 4.7, segundo os critérios acima mencionados. Com isto, pôde-se verificar a aderência das distribuições estatísticas para cada etapa do processo. Abaixo, mostra-se a verificação realizada pelo BestFit para a etapa de importação com o *portainer*.

Rank/Distribution	Chi-Square	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling
1. ExtremeValue	19,141574	0,126967	0,703754
2. Beta	12,329878	0,12687	1,312235
3. PearsonV	21,567457	0,130832	0,776866
4. Lognorm	22,647319	0,146523	0,953391

	Input Distribution	ExtremeValue	Beta	PearsonV	Lognorm
Parameter 1		1,314354	0,643003	15,764077	1,505773
Parameter 2		0,336063	1,25516	22,220312	0,399309
Parameter 3					
Formula		ExtremeValue(1,31;0,34)	Beta(0,64;1,26) * 1,55 + 0,98	PearsonV(15,76;22,22)	Lognorm(1,51;0,40)
Minimum	0,98333		0,983147		
Maximum	2,53333		2,533513		
Mean	1,508333	1,508333	1,508333	1,505026	1,505773
Mode	1,21583	1,314354	0,983147	1,325472	1,359837
Median	1,33333	1,437526	1,409967	1,439883	1,455466
Standard Deviation	0,431018	0,431018	0,431018	0,405668	0,399309
Variance	0,185777	0,185777	0,185777	0,164566	0,159448
Skewness	1,419313	1,139547	0,595167	0,989785	0,814206
Kurtosis	2,945039	5,4	3,078339	4,328535	4,201467
Histogram	Histogram(0,98333;2,53333)				
Minimum	0,98333	0,98333	0,98333	0,98333	0,98333
Maximum	2,53333	2,53333	2,53333	2,53333	2,53333
P1	7,0	4,445012	8,289009	4,337316	4,070408
P2	8,0	6,148513	5,446178	6,368527	5,842722
P3	8,0	6,362044	4,396159	6,728207	6,403895
P4	3,0	5,481941	3,758997	5,795723	5,811223

**Figura 4.11 – Testes de Aderência do programa BESTFIT**

Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

Como mostra a figura 4.11, o programa BestFit apresenta as distribuições que melhor representam os dados do conjunto coletado. Vale ressaltar que a distribuição a ser escolhida deve existir também no ambiente ARENA. Como a distribuição Beta existe no ambiente ARENA e pode representar os dados coletados, ela foi escolhida para ser inserida no modelo. Sua representação matemática é apresentada pela equação 6, abaixo:

$$B(x_1, x_2) = \int_0^1 t^{x_1-1} (1-t)^{x_2-1} dt \quad \text{eq(6)}$$

Para a operação de importação com o *Portainer*, a distribuição Beta que melhor representa este conjunto de dados é:

$$\text{Beta}(0,64;1,26) \times 1,55 + 0,98$$

onde:

0,64 = é o primeiro parâmetro  $\chi_1$

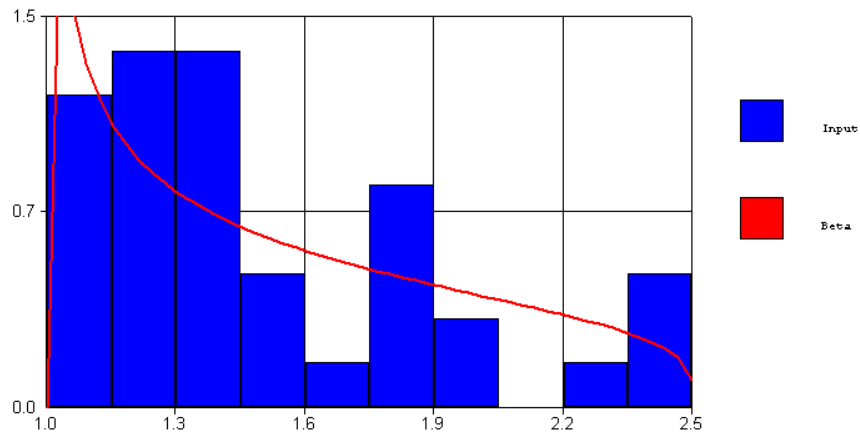
1,26 = é o segundo parâmetro  $\chi_2$

Este procedimento foi realizado para as outras amostras, verificando quais distribuições melhor se adequavam ao processo.

#### 4.5.2 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Segundo FREITAS (2001), a construção de uma distribuição de frequências e a utilização de gráficos, tais como um histograma, são muito úteis para a identificação ou delineamento da distribuição teórica de probabilidades. Assim, as figuras a seguir apresentam as distribuições de frequência para cada etapa do processo de importação e exportação.

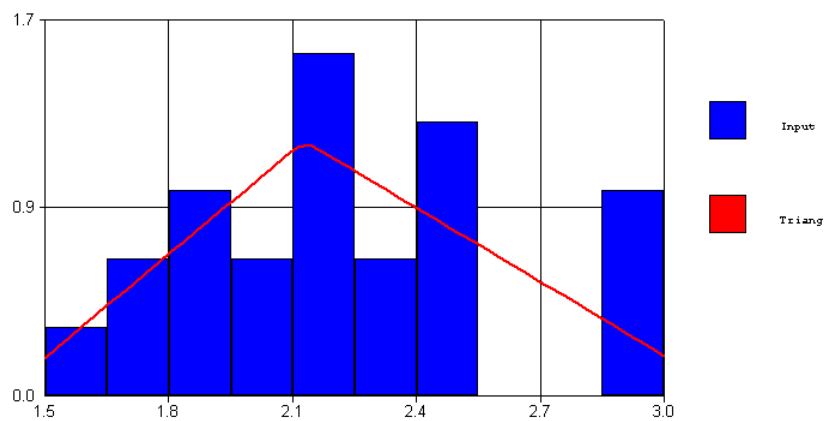
Distribuição de freq. (Port Import.) Beta(0,64;1,26) \*  
1,55 + 0,98



**Figura 4.12 – Distribuição da operação de Importação com *portainer***

Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

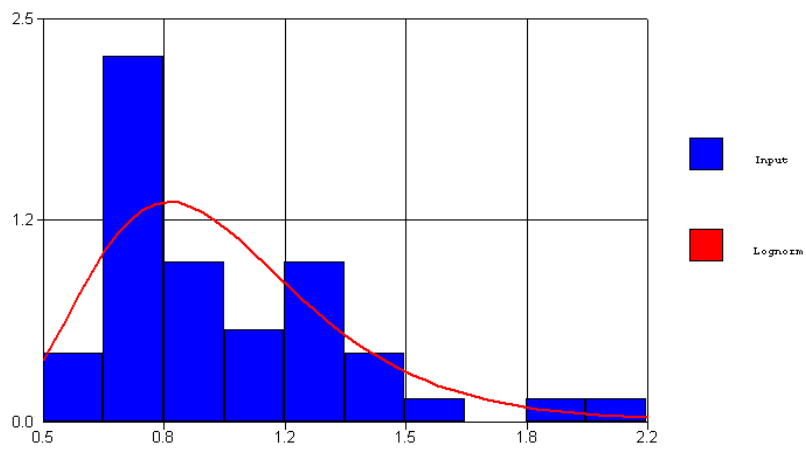
Distribuição de freq. (Port. Export.)  
Triang(1,42;2,15;3,16)



**Figura 4.13 – Distribuição da Exportação com *portainer***

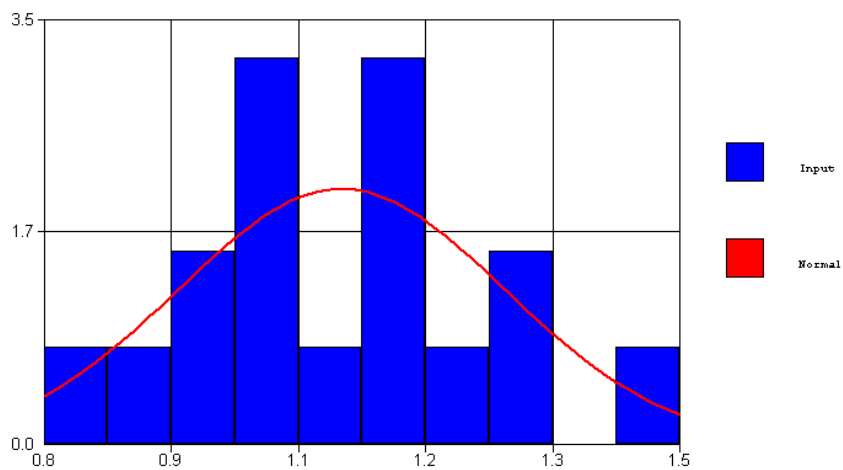
Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

Distribuição de freq. (GEP Import.) Lognorm(1,00;0,34)

**Figura 4.14 – Distribuição da Importação com GEP**

Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

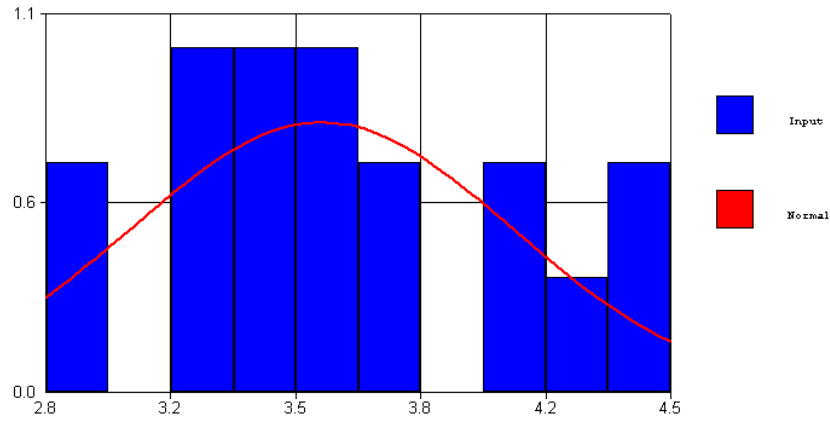
Distribuição de freq. (GEP export.) Normal(1,10;0,19)

**Figura 4.15 – Distribuição da Exportação com GEP**

Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

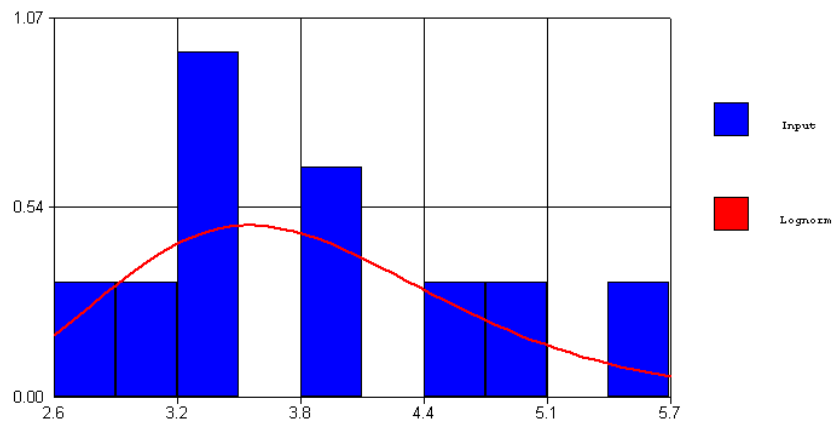


Distribuição de freq. (Costado - Área de estocagem 1)  
Normal(3,57;0,51)



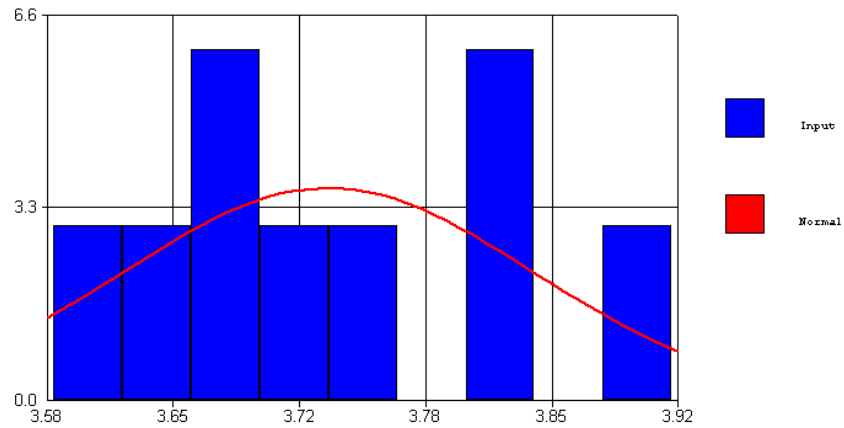
**Figura 4.16 – Distribuição das Carretas (Costado-Área de Estoc.1)**  
Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

Distribuição de freq. (Costado - Área de Estocagem 2)  
Lognorm(3,85;0,88)



**Figura 4.17 – Distribuição das Carretas (Costado-Área de Estoc.2)**  
Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

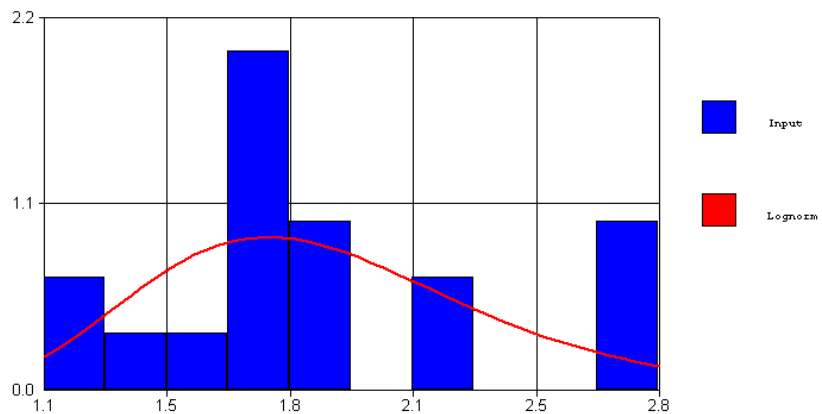
Distribuição de freq. (Costado - Área de Estocagem 3)  
Normal(3,73;0,11)



**Figura 4.18 – Distribuição das Carretas (Costado-Área de Estoc.3)**

Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

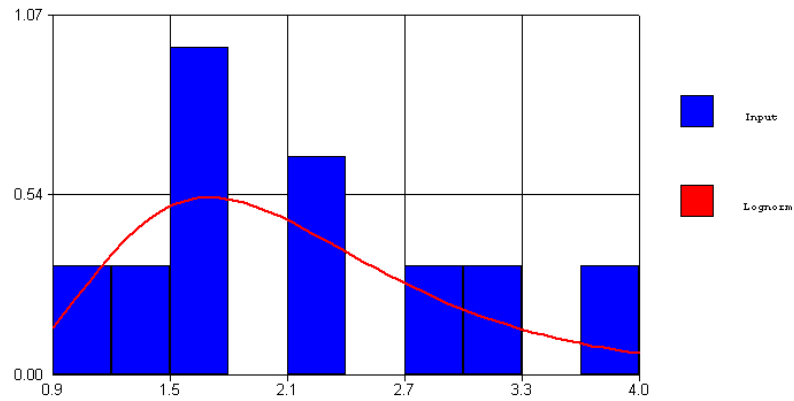
Distribuição de freq. (Área de Estocagem 1 - Costado)  
Lognorm(1,90;0,48)



**Figura 4.19 – Distribuição das Carretas (Área de Estoc.1 - Costado)**

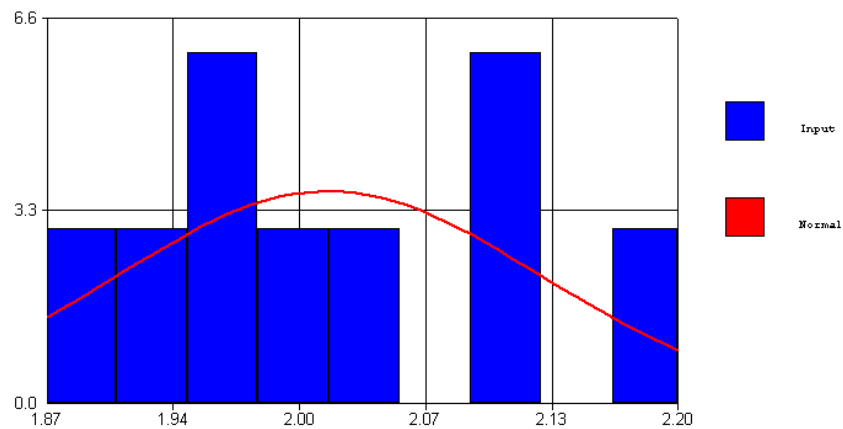
Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

Distribuição de freq. (Área de Estocagem 2 - Costado)  
Lognorm(2,18;0,93)

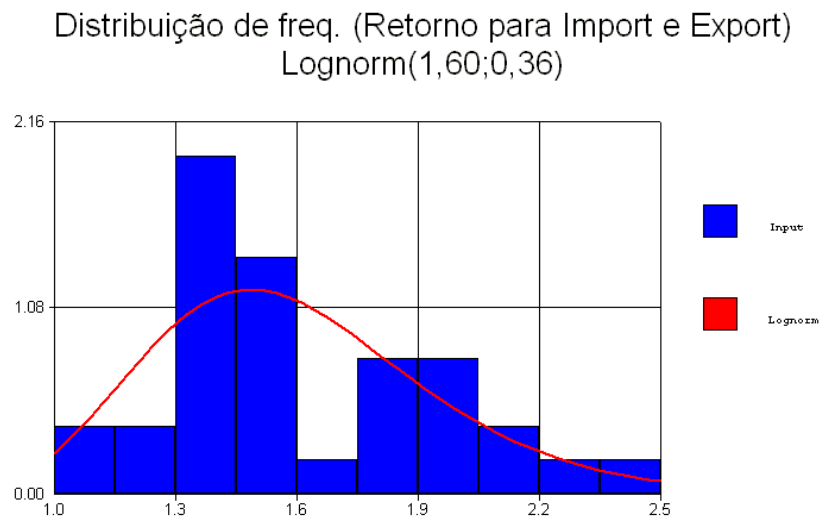


**Figura 4.20 – Distribuição das Carretas (Área de Estoc.2 - Costado)**  
Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

Distribuição de freq. (Área de Estocagem 3 - Costado)  
Normal(2,02;0,11)



**Figura 4.21 – Distribuição das Carretas (Área de Estoc.3 - Costado)**  
Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d



**Figura 4.22 – Distribuição das Carretas (Retorno Importação e Exportação)**

Fonte: Adaptado do Programa BESTFIT, versão 2.0d

#### 4.8 – VALIDAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

Após determinadas quais distribuições devem representar os processos do modelo, deve-se verificar se os números gerados pelo modelo estão válidos em relação a realidade apresentada.

Essas validações dos modelos verificam se o modelo e as diversas premissas e simplificações adotadas são consistentes, tendo assim comportamentos e resultados similares à realidade.

Segundo FREITAS (2001), uma das premissas básicas para esta verificação é de que o analista ou modelador estará comparando seus modelos ao sistema real, o que pode gerar alguns problemas de ordem prática e teórica.

Sobre os aspectos teóricos, vale lembrar que os modelos, geralmente, possuem diversos pressupostos e hipóteses sobre o comportamento do sistema que são

traduzidos e escritos na forma de regras matemáticas as quais procuram definir o comportamento dos elementos do sistema.

Três aspectos são fundamentais para validação do processo:

- As simplificações e os pressupostos inseridos na modelagem;
- Os parâmetros, como confiabilidade dos dados de entrada e as distribuições utilizadas no modelo;
- As análises e conclusões obtidas com os resultados simulados.

FREITAS (2001) cita que: “cada um destes aspectos deve ser submetido a testes de validação, os quais podem ser realizados de diversas maneiras. É bastante comum a realização da validação a partir de uma macro visão. Em outras palavras, o modelo e o sistema são vistos como uma espécie de “caixa preta”. Para fins de comparação, não se observa o comportamento interno de ambos, mas somente os resultados produzidos”.

Uma das formas mais simples para validação dos modelos é a verificação por parte dos especialistas. Após a montagem do projeto preliminar, deve-se verificar as simplificações e os pressupostos considerados. Estas verificações devem ser realizadas com o auxílio e a participação de pessoas que tenham conhecimento sobre o sistema em questão.

Outra técnica utilizada por analistas é a comparação dos resultados da simulação com medições obtidas em um sistema real. Porém, deve-se alertar para o fato de que tais observações são provenientes de modos distintos.

Devido à simulação de sistemas ser uma técnica empregada na construção de modelos tanto existentes como ainda não existentes, nem sempre poderá ser realizada esta verificação através das medições em campo.

#### 4.8.1 – CONFIABILIDADE ESTATÍSTICA

A determinação de intervalos de confiança para as variáveis de interesse que medem o desempenho do sistema é um componente fundamental no processo de análise de resultados (FREITAS, 2001).

Um intervalo de confiança compreende um intervalo numérico que tem uma probabilidade igual a  $(1 - \alpha)$  de incluir o verdadeiro valor da variável ou medida de desempenho sob análise, onde,  $(1 - \alpha)$  é o nível de confiança do intervalo. Sendo assim, o erro admissível é representado por  $\alpha$ .

Para construção e identificação dos intervalos de confiança, utiliza-se da seguinte fórmula:

$$h = t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad \text{eq(7)}$$

onde:

- $h$  é o semi intervalo calculado ;
- $n$  é o número de repetições da simulação;
- $S$  é o desvio padrão dos dados coletados;
- $\alpha$  é o nível de confiança para todo o intervalo;
- $t_{n-1, 1-\alpha/2}$  é o valor tabulado de  $t$  para o grau de liberdade  $(n-1)$  e para a confiança de  $(1-\alpha/2)$  (ver anexo IV).

Com o valor de  $h$  obtido, determina-se o tamanho do intervalo de confiança para o nível de confiança requerido, diminuindo e somando a média dos valores coletados ( $x$ ) por  $h$ , ou seja:

$$[ X- h, X+ h ], \quad \text{eq(8)}$$

O tamanho do intervalo depende do nível de confiança desejado. Quanto mais elevado o nível de confiança, maior será o intervalo de confiança correspondente. Três são os fatores que influenciam a largura do intervalo de confiança:

- O número de repetições “n”;
- O nível de confiança  $(1 - \alpha)$  predefinido pelo analista;
- O desvio padrão  $S$  associada à medida de desempenho sob análise.

#### 4.9 – CONCLUSÃO

Neste capítulo, destinado à apresentação da metodologia de criação do modelo, foram apresentadas as etapas de criação do modelo, os fluxogramas dos fluxos de importação e exportação do Terminal de Vila Velha e a divisão do terminal em áreas.

Foram também apresentados o ambiente ARENA de modelagem com os modelos de importação e exportação e os dados coletados em campo para emprego na modelagem do sistema. Por fim, foram apresentadas as descrições da metodologia para determinação das suas distribuições, mostrando suas representações gráficas e seus testes de aderência às distribuições.

Será apresentado no próximo capítulo a aplicação do modelo de simulação proposto identificando os cenários propostos e os resultados encontrados.

## 5 – APLICAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

### 5.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

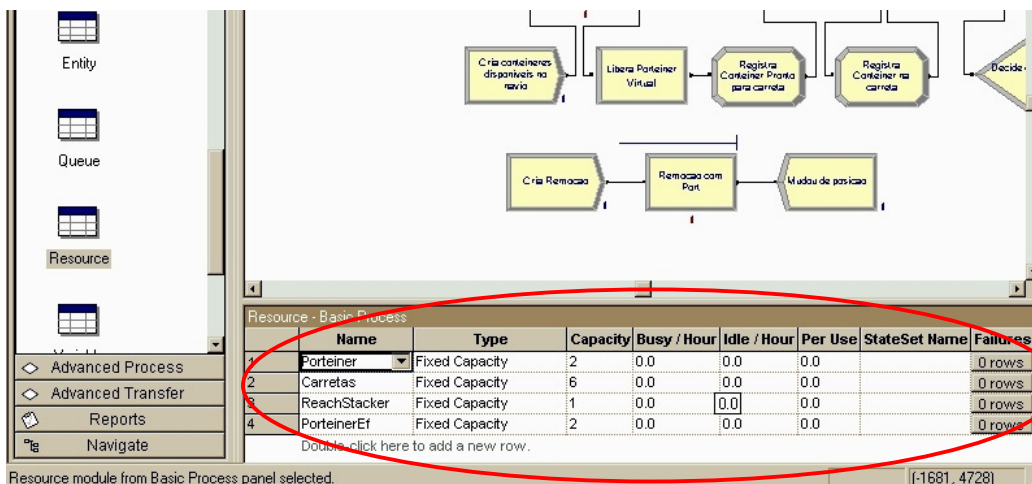
Neste capítulo, são aplicados os modelos de simulação dos fluxos de importação e exportação para o Terminal de contêineres de Vila Velha. Para isto, foram efetuadas coletas de dados de campo, pesquisas de dados históricos e entrevistas com o pessoal administrativo e operacional do terminal.

Serão também apresentados os cálculos efetuados para verificação da confiabilidade estatística, a inserção das distribuições estatísticas nos modelos, os cenários propostos para importação e exportação, a análise destes cenários, a otimização dos cenários através do OPTQUEST e a análise destes cenários otimizados.

### 5.2 – CENÁRIOS PROPOSTOS

Em busca da resposta ao objetivo inicial desta dissertação, foram realizadas diversas opções de cenários para experimentação, procurando analisar as operações de importação e exportação do Terminal de Vila Velha.

Estes cenários variaram em relação as suas configurações de equipamentos operacionais, possibilitando a operação com um ou dois *portainers*, com um ou dois *reach stackers* e com quatro, seis, oito, dez ou doze carretas, como apresentado na tela de recursos abaixo.



Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures
Porteiner	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows
Carretas	Fixed Capacity	6	0.0	0.0	0.0		0 rows
ReachStacker	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows
PorteinerEf	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows

**Figura 5.1 – Recursos dos processos operacionais**

Fonte: Adaptado do Programa ARENA, versão 4.0



Devido ao grande número de arranjos operacionais possíveis para os equipamentos envolvidos, foram realizadas entrevistas com especialistas, os quais propuseram as seguintes combinações de equipamentos para análise das operações de importação e exportação no Terminal de Vila Velha:

- 2 *Portaineres*, 4 Carretas e 1 *Reach Stacker*;
- 2 *Portaineres*, 6 Carretas e 1 *Reach Stacker*;
- 2 *Portaineres*, 8 Carretas e 1 *Reach Stacker*;
- 2 *Portaineres*, 10 Carretas e 1 *Reach Stacker*;
- 2 *Portaineres*, 12 Carretas e 1 *Reach Stacker*;
- 2 *Portaineres*, 4 Carretas e 2 *Reach Stackers*;
- 2 *Portaineres*, 6 Carretas e 2 *Reach Stackers*;
- 2 *Portaineres*, 8 Carretas e 2 *Reach Stackers*;
- 2 *Portaineres*, 10 Carretas e 2 *Reach Stackers*;
- 2 *Portaineres*, 12 Carretas e 2 *Reach Stackers*.

Para cada combinação acima, foram analisadas as seguintes variáveis:

- Tempo de espera na fila para operar no *Portainer*;
- Tempo de espera na fila para operar no *Reach Stacker*;
- Tempo de espera na fila para operar na Carreta;
- As taxas de utilização do *Portainer*;
- As taxas de utilização do *Reach Stacker*;
- As taxas de utilização da Carreta;
- N° de contêineres esperando na fila do *Portainer*;
- N° de contêineres esperando na fila do *Reach Stacker*;
- N° de contêineres esperando na fila da Carreta;
- Tempo médio total de operação por Contêiner.

Nas operações dos *portaineres*, carretas e *reach stackers* foram analisados os tempos máximos, mínimos e médios de cada operação. Para cada rodada, foram

efetivadas três replicações de 3000 observações para cada combinação de equipamentos e calculadas as médias dos resultados de cada variável.

### 5.3 – DETERMINAÇÃO DOS INTERVALOS DE CONFIANÇA

Foram realizadas 3 rodadas de simulação para cada cenário proposto, portanto, nos cálculos abaixo o número de repetições “n” sempre será igual a 3. Os valores da variância “ $S^2$ ” e da média “ $X$ ” foram calculados previamente no BESTFIT e a confiança de 80% para 3 repetições é representada por  $t_{2,0,90}$  extraído do valor tabulado de t no anexo IV (FREITAS, 2001).

Para a verificação do nível de confiança de 80%, foram calculadas as confianças estatísticas de cada conjunto de dados coletados para cada etapa do processo de importação e exportação, da forma abaixo:

Para a importação com o *portainer*:

$$n = 3$$

$$\sqrt{n} = 1,7320$$

$$s^2 = 0,1857$$

$$s = 0,4310$$

$$X = 1,5083$$

$$h = t_{2,0,90} \frac{0,4310}{1,7320} = 0,4703$$

$$[X-h; X+h] = [1,03; 1,97]$$

Após o cálculo verificou-se que, para atingir um nível de confiança de 80% com os dados coletados que geravam um desvio padrão de 0,43 e uma média de 1,50, seria necessário que o intervalo dos dados coletados fosse de 1,03 a 1,97. Como apresentado no anexo I, o intervalo dos dados coletados para o processo de importação com o equipamento *portainer* foi de 0,98 a 2,53, podendo-se concluir que foi atingido o nível de confiança esperado.

O mesmo procedimento foi realizado para verificação do nível de confiança dos outros equipamentos envolvidos nas atividades das operações de importação e exportação e os resultados são apresentados na tabela a seguir.

Verificação do Intervalo de Confiança							
Discriminação	S <sup>2</sup>	S	X	H	Intervalo de dados coletado	[X-h, X+h] Intervalo necessário para nível de confiança de 80%	Conclusão
<b>Importação</b>							
<i>Portainer</i>	0,1857	0,4310	1,5083	0,4703	[0,98, 2,53]	[1,03, 1,97]	ok
<i>Reach Stacker</i>	0,1163	0,3410	1,0011	0,3722	[0,50, 2,16]	[0,63, 1,37]	ok
Carretas do costado até área1	0,2586	0,5085	3,5675	0,5549	[2,83, 4,50]	[3,01, 4,12]	ok
Carretas do costado até área2	0,7704	0,8777	3,8451	0,9577	[2,58, 5,66]	[2,88, 4,80]	ok
Carretas do costado até área3	0,0120	0,1095	3,7314	0,1195	[3,58, 3,91]	[3,61, 3,85]	ok
Retorno das carretas	0,1280	0,3577	1,5995	0,3903	[1,00, 2,50]	[1,20, 1,98]	ok
<b>Exportação</b>							
<i>Portainer</i>	0,1838	0,4287	2,2429	0,4678	[1,53, 3,00]	[1,77, 2,71]	ok
<i>Reach Stacker</i>	0,0370	0,1924	1,1009	0,2099	[0,75, 1,50]	[0,89, 1,31]	ok
Carretas da área1 para o costado	0,2287	0,4782	1,8970	0,5218	[1,11, 2,78]	[1,37, 2,41]	ok
Carretas da área2 para o costado	0,8731	0,9343	2,1819	1,0196	[0,86, 3,95]	[1,16, 3,20]	ok
Carretas da área3 para o costado	0,0120	0,1095	2,0171	0,1195	[1,86, 2,20]	[1,89, 2,13]	ok
Retorno das carretas	0,1280	0,3577	1,5995	0,3903	[1,00, 2,50]	[1,20, 1,98]	ok

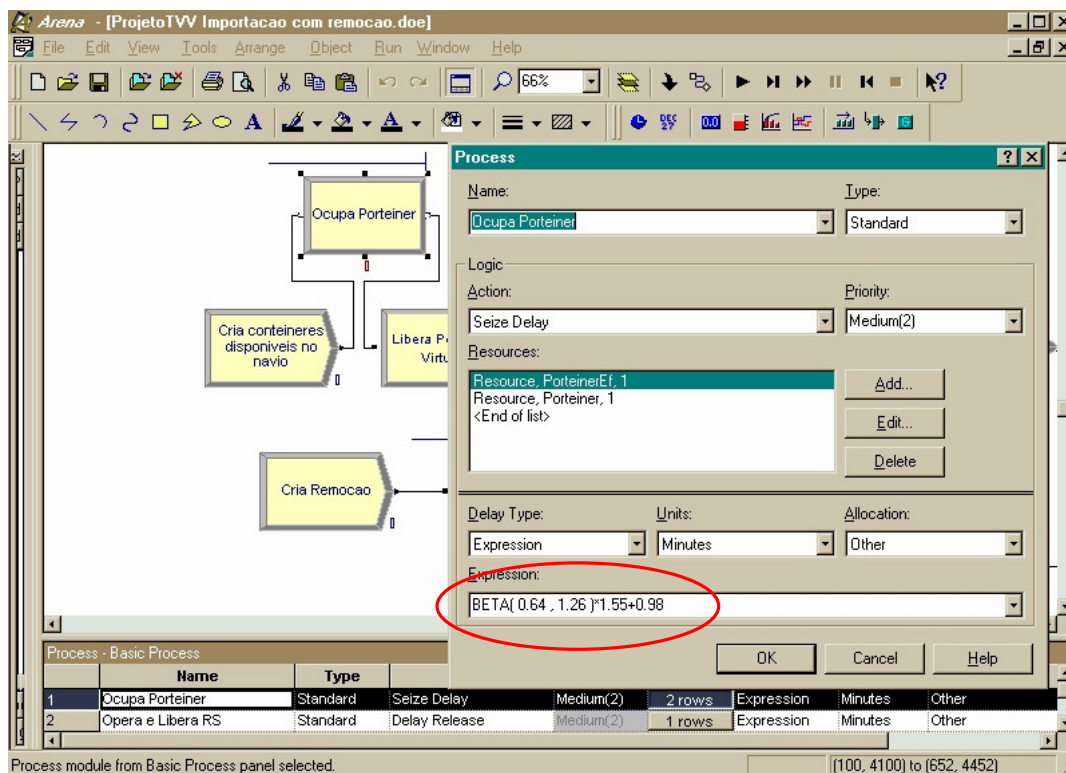
Obs: Em todos os cálculos foram adotados  $n = 3$  e  $\sqrt{n} = 1,7320$

**Tabela 5.1 – Intervalo de Confiança**

## 5.4 – INSERÇÃO DAS DISTRIBUIÇÕES ESTATÍSTICAS

Após verificação do nível de confiança dos dados coletados e, por conseqüência, das distribuições calculadas a partir destes dados, foi feita a inserção das distribuições estatísticas nos modelos de importação e exportação.

As inserções das distribuições nos modelos de importação e exportação foram efetuadas para todos os equipamentos envolvidos nos processos operacionais estudados, em todas as áreas do pátio, como apresentado abaixo:

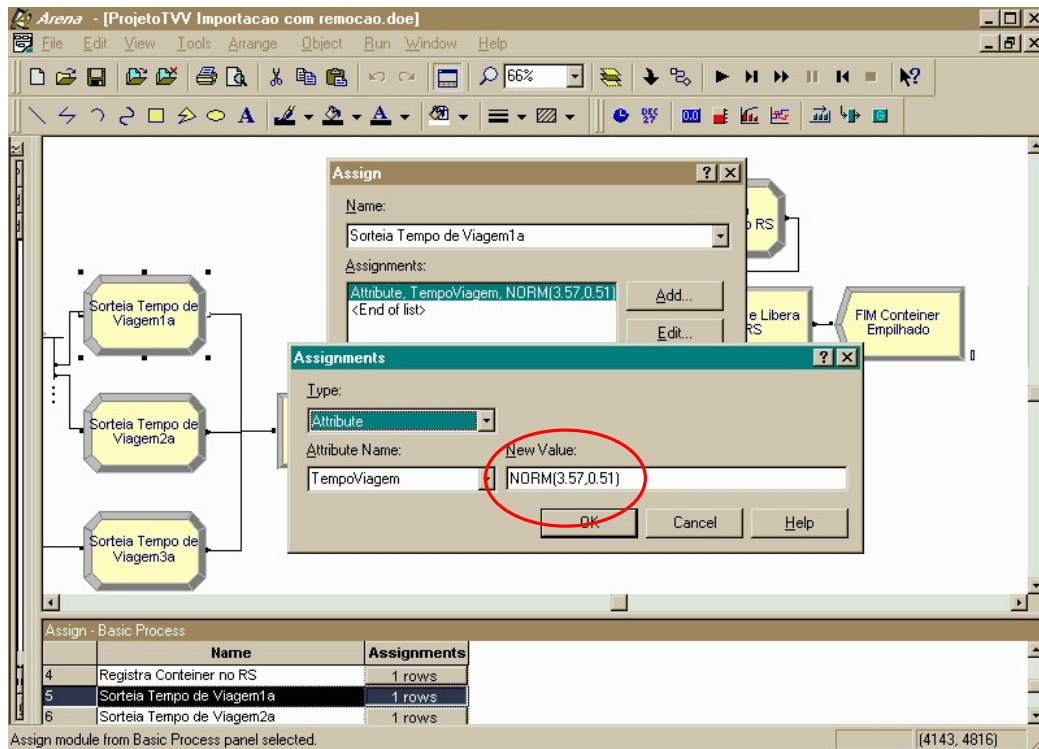


**Figura 5.2 – Caixa de Diálogo da op. do Portainer (Importação)**

Fonte: Adaptado do Programa ARENA, versão 4.0

Através das figuras 5.1 e 5.2, pode-se observar que em alguns casos foram utilizados o módulo “process” do ARENA e em outros, como por exemplo na movimentação das carretas, o módulo “assign”. Estas diferenças na elaboração do

modelo são devidas, principalmente, às características de cada módulo de desenvolvimento do ARENA.



**Figura 5.3 – Caixa de Diálogo da op. das carretas (Importação)**

Fonte: Adaptado do Programa ARENA, versão 4.0

O módulo “*assign*” designa uma variável para que ela possa ser referenciada em uma etapa posterior do modelo, na qual será indicada a distribuição correspondente àquela variável.

As características do modelo das operações de exportações são semelhantes ao das operações de importações, diferenciando apenas a disposição dos módulos e os ordens de controle das informações sobre as variáveis.

Um fator analisado foi o número de contêineres utilizados nas rodadas de simulação do modelo. Para determinação do número ideal de entidades (contêineres) a serem criados nas análises das operações através do modelo, foram realizados vários testes, variando-se o número de contêineres até o tempo médio unitário de operação ficar estável. Este número de contêineres gerados para esta estabilização do modelo foi na faixa de 3000 unidades.

#### 5.4.1 – RESULTADOS DOS CENÁRIOS DE IMPORTAÇÃO

As tabelas abaixo apresentam os cenários propostos para os fluxos de importação, explicitando os itens de controle propostos e seus respectivos resultados, assim como os tempos de espera para operação dos contêineres em cada equipamento, as taxas de ocupação e a quantidade de contêineres esperando nas filas.

Resultados do experimento com 4 carretas, 1 *reach stacker* e 2 *portaineres*:

Importação cenário C4-R1-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 4831,04	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,3711	0,0000	3,6802
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2646	0,0000	2,9325
Taxa de utilização da Carreta	%	87,16%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	62,31%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	97,89%	-	-
Nº de Contêineres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,2305	0,0000	2,0000
Nº de Contêineres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-
Nº de Contêineres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1643	0,0000	3,0000
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,6103	-	-

**Tabela 5.2 – Resultados para o cenário de Importação C4-R1-P2**

Resultados do experimento com 4 carretas, 2 *reach stackers* e 2 *portaineres*:

Importação cenário C4-R2-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 4118,18	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,1585	0,0000	4,5681
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,0224	0,0000	1,3897
Taxa de utilização da Carreta	%	97,69%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	36,39%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	57,66%	-	-
Nº de Contêineres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,8440	0,0000	2,0000
Nº de Contêineres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-
Nº de Contêineres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,0163	0,0000	2,0000
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,3727	-	-

**Tabela 5.3 – Resultados para o cenário de Importação C4-R2-P2**

Resultados do experimento com 6 carretas, 1 *reach stacker* e 2 *portaineres*:

Importação cenário C6-R1-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 4745,04	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0003	0,0000	0,6268
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2962	0,0000	3,5330
Taxa de utilização da Carreta	%	59,54%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,14%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-
Nº de Contêineres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0002	0,0000	1,0000
Nº de Contêineres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-
Nº de Contêineres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1873	0,0000	3,3333
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5817	-	-

**Tabela 5.4 – Resultados para o cenário de Importação C6-R1-P2**

Resultados do experimento com 6 carretas, 2 *reach stackers* e 2 *portaineres*:

Importação cenário C6-R2-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 2931,68	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,3689	0,0000	3,2195
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2248	0,0000	1,6132
Taxa de utilização da Carreta	%	92,36%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,09%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	80,92%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,3775	0,0000	2,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,0616	0,0000	3,0000
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,9772	-	-

**Tabela 5.5 – Resultados para o cenário de Importação C6-R2-P2**

Resultados do experimento com 8 carretas, 1 *reach stacker* e 2 *portaineres*:

Importação cenário C8-R1-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 4744,15	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2983	0,0000	3,8097
Taxa de utilização da Carreta	%	44,69%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,17%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1887	0,0000	3,6667
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5814	-	-

**Tabela 5.6 – Resultados para o cenário de Importação C8-R1-P2**

Resultados do experimento com 8 carretas, 2 *reach stackers* e 2 *portaineres*:

Importação cenário C8-R2-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 2464,27	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0600	0,0000	2,0242
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1145	0,0000	1,9240
Taxa de utilização da Carreta	%	83,10%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	60,73%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	96,10%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0730	0,0000	2,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1394	0,0000	3,0000
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,8214	-	-

**Tabela 5.7 – Resultados para o cenário de Importação C8-R2-P2**

Resultados do experimento com 10 carretas, 1 *reach stacker* e 2 *portaineres*:

Importação cenário C10-R1-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 4744,15	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2983	0,0000	3,8097
Taxa de utilização da Carreta	%	35,75%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,17%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1887	0,0000	3,6667
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5814	-	-

**Tabela 5.8 – Resultados para o cenário de Importação C10-R1-P2**

Resultados do experimento com 10 carretas, 2 *reach stackers* e 2 *portaineres*:

Importação cenário C10-R2-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 2383,86	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0065	0,0000	0,5954
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1287	0,0000	1,9478
Taxa de utilização da Carreta	%	69,01%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	62,62%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,64%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0018	0,0000	1,3333
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1619	0,0000	3,6667
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,7946	-	-

**Tabela 5.9 – Resultados para o cenário de Importação C10-R2-P2**

Resultados do experimento com 12 carretas, 1 *reach stacker* e 2 *portaineres*:

Importação cenário C12-R1-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 4744,15	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2983	0,0000	3,8093
Taxa de utilização da Carreta	%	29,79%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,17%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1887	0,0000	3,6667
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5814	-	-

**Tabela 5.10 – Resultados para o cenário de Importação C12-R1-P2**



Resultados do experimento com 12 carretas, 2 *reach stackers* e 2 *portaineres*:

Importação cenário C12-R2-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 2371,31	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1432	0,0000	2,4060
Taxa de utilização da Carreta	%	57,91%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,17%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,73%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1811	0,0000	4,3333
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,7904	-	-

**Tabela 5.11 – Resultados para o cenário de Importação C12-R2-P2**

#### 5.4.2 – RESULTADOS DOS CENÁRIOS DE EXPORTAÇÃO

Para a análise dos cenários de exportação, também foram calculadas as médias para os valores obtidos como resultados das replicações de cada cenário proposto, procurando obter com a média um valor mais representativo da realidade.

Resultados do experimento com 4 carretas, 1 *reach stacker* e 2 *portaineres*:

Exportação cenário C4-R1-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 3714,97	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0837	0,0071	2,0774
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	0,4797	0,0000	2,7909
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-
Taxa de utilização da Carreta	%	82,08%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	93,12%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	90,68%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0676	0,0000	1,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	0,3874	0,0000	3,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,2383	-	-

**Tabela 5.12 – Resultados para o cenário de Exportação C4-R1-P2**

Resultados do experimento com 4 carretas, 2 *reach stackers* e 2 *portaineres*:

Exportação cenário C4-R2-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 3430,46	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,1288	0,0000	4,2297
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	0,9397	0,0000	3,1994
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-
Taxa de utilização da Carreta	%	98,96%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	50,47%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	98,02%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9872	0,0000	2,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	0,8218	0,0000	3,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1435	-	-

**Tabela 5.13 – Resultados para o cenário de Exportação C4-R2-P2**

Resultados do experimento com 6 carretas, 1 *reach stacker* e 2 *portaineres*:

Exportação cenário C6-R1-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 3550,05	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0259	0,0000	1,8338
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	1,6574	0,0000	4,8063
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-
Taxa de utilização da Carreta	%	73,77%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	97,67%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	94,85%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0219	0,0000	1,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	1,4005	0,0000	5,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1834	-	-

**Tabela 5.14 – Resultados para o cenário de Exportação C6-R1-P2**

Resultados do experimento com 6 carretas, 2 *reach stackers* e 2 *portaineres*:

Exportação cenário C6-R2-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 3374,87	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0910	0,0000	4,0799
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	3,0764	0,0000	5,5583
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-
Taxa de utilização da Carreta	%	98,70%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,29%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,89%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9699	0,0000	2,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	2,7346	0,0000	5,3333
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-
Tempo médio total de operação de por Contêiner	Min	1,1250	-	-

**Tabela 5.15 – Resultados para o cenário de Exportação C6-R2-P2**

Resultados do experimento com 8 carretas, 1 *reach stacker* e 2 *portaineres*:

Exportação cenário C8-R1-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 3535,12	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0757	0,0000	1,8584
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	3,2825	0,0000	6,9596
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-
Taxa de utilização da Carreta	%	72,86%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	98,05%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,14%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0173	0,0000	1,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	2,7855	0,0000	6,6667
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1784	-	-

**Tabela 5.16 – Resultados para o cenário de Exportação C8-R1-P2**

Resultados do experimento com 8 carretas, 2 *reach stackers* e 2 *portaineres*:

Exportação cenário C8-R2-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 3368,90	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0852	0,0000	4,3338
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	5,2268	0,0000	8,1429
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-
Taxa de utilização da Carreta	%	98,04%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,37%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9664	0,0000	2,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	4,6544	0,0000	7,3333
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1230	-	-

**Tabela 5.17 – Resultados para o cenário de Exportação C8-R2-P2**

Resultados do experimento com 10 carretas, 1 *reach stacker* e 2 *portaineres*:

Exportação cenário C10-R1-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 3535,41	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0231	0,0000	1,9724
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	5,4517	0,0000	9,5150
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-
Taxa de utilização da Carreta	%	76,67%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	97,76%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,25%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0196	0,0000	1,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	4,6259	0,0000	8,6667
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1785	-	-

**Tabela 5.18 – Resultados para o cenário de Exportação C10-R1-P2**

Resultados do experimento com 10 carretas, 2 *reach stackers* e 2 *portaineres*:

Exportação cenário C10-R2-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 3373,01	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0863	0,0000	4,2401
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	7,3913	0,0000	10,5523
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-
Taxa de utilização da Carreta	%	97,62%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,34%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9662	0,0000	2,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	6,5736	0,0000	9,6667
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1243	-	-

**Tabela 5.19 – Resultados para o cenário de Exportação C10-R2-P2**

Resultados do experimento com 12 carretas, 1 *reach stacker* e 2 *portaineres*:

Exportação cenário C12-R1-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 3533,74	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0191	0,0000	1,6962
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	7,3269	0,0000	11,8287
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-
Taxa de utilização da Carreta	%	77,20%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	98,03%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,26%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0162	0,0000	1,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	6,2204	0,0000	10,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1779	-	-

**Tabela 5.20 – Resultados para o cenário de Exportação C12-R1-P2**

Resultados do experimento com 12 carretas, 2 *reach stackers* e 2 *portaineres*:

Exportação cenário C12-R2-P2				
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da op. (min) = 3372,14	
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0840	0,0000	4,1576
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	9,5410	0,0000	13,1960
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-
Taxa de utilização da Carreta	%	97,22%	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,37%	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9645	0,0000	2,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	8,4878	0,0000	11,0000
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1240	-	-

**Tabela 5.21 – Resultados para o cenário de Exportação C12-R2-P2**

## 5.5 – ANÁLISE DOS CENÁRIOS

O estudo se destina a procurar sobretudo uma maior e melhor forma de movimentação no terminal com o menor custo de operação possível, portanto, apesar de se ter dados coletados de oito itens de controle analisados, apenas utilizou-se para o cálculo das prioridades, o tempo total de operação por contêiner para cada cenário, a taxa de ocupação do *portainer*, a taxa de ocupação do *reach stacker* e a taxa de ocupação das carretas, pois são estes os fatores que determinam um rápido atendimento e uma maior movimentação do terminal.

Para realização da análise dos cenários simulados das operações de exportação e importação do terminal, foi gerada uma classificação de prioridades, visando uma ordenação dos melhores cenários para os processos.

Esta classificação de prioridades foi baseada nas variáveis de controle do modelo, identificando a colocação obtida pelo cenário em relação à variável de controle analisada, para ordenação de suas colocações. Posteriormente, é realizada a somatória destas colocações e defini-se o melhor cenário simulado.

O cenário que na somatória atingir o menor número, é o cenário simulado que ficou melhor colocado na maioria das variáveis, ou no conjunto delas, sendo considerado o cenário simulado de operação.

Cabe ressaltar que:

- Para a exportação: como as entidades geradas partiram do *Reach Stacker*, não foi computado na medição o tempo de espera e o número de elementos na fila do *Reach Stacker*.
- Para a importação: como as entidades geradas partiram do *Portainer*, não foi computado na medição o tempo de espera e o número de elementos na fila do *Portainer*.

As tabelas a seguir apresentam as classificações dos cenários de importação em relação às suas variáveis de controle.

### 5.5.1 – CLASSIFICAÇÕES DOS CENÁRIOS DE IMPORTAÇÃO

Tempos de espera pela operação da Carreta					
Simulações	Unidade de tempo em minutos				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Importação cenário C4-R1-P2	Min	0,3711	0,0000	3,6802	6
Importação cenário C4-R2-P2	Min	1,1585	0,0000	4,5681	7
Importação cenário C6-R1-P2	Min	0,0003	0,0000	0,6268	2
Importação cenário C6-R2-P2	Min	0,3689	0,0000	3,2195	5
Importação cenário C8-R1-P2	Min	0,0000	0,0000	0,0000	1
Importação cenário C8-R2-P2	Min	0,0600	0,0000	2,0242	4
Importação cenário C10-R1-P2	Min	0,0000	0,0000	0,0000	1
Importação cenário C10-R2-P2	Min	0,0065	0,0000	0,5954	3
Importação cenário C12-R1-P2	Min	0,0000	0,0000	0,0000	1
Importação cenário C12-R2-P2	Min	0,0000	0,0000	0,0000	1

**Tabela 5.22 – Tempos de espera pela operação da carreta – Cen. Imp.**

Tempos de espera para operar no Reach Stacker					
Simulações	Unidade de tempo em minutos				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Importação cenário C4-R1-P2	Min	0,2646	0,0000	2,9325	6
Importação cenário C4-R2-P2	Min	0,0224	0,0000	1,3897	1
Importação cenário C6-R1-P2	Min	0,2962	0,0000	3,5330	7
Importação cenário C6-R2-P2	Min	0,2248	0,0000	1,6132	5
Importação cenário C8-R1-P2	Min	0,2983	0,0000	3,8097	8
Importação cenário C8-R2-P2	Min	0,1145	0,0000	1,9240	2
Importação cenário C10-R1-P2	Min	0,2983	0,0000	3,8097	8
Importação cenário C10-R2-P2	Min	0,1287	0,0000	1,9478	3
Importação cenário C12-R1-P2	Min	0,2983	0,0000	3,8093	8
Importação cenário C12-R2-P2	Min	0,1432	0,0000	2,4060	4

**Tabela 5.23 – Tempos de espera pela op. no reach stacker – Cen. Imp.**

Taxa de utilização da Carreta					
Simulações	Taxa de ocupação				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Importação cenário C4-R1-P2	%	87,16%	-	-	3
Importação cenário C4-R2-P2	%	97,69%	-	-	1
Importação cenário C6-R1-P2	%	59,54%	-	-	6
Importação cenário C6-R2-P2	%	92,36%	-	-	2
Importação cenário C8-R1-P2	%	44,69%	-	-	8
Importação cenário C8-R2-P2	%	83,10%	-	-	4
Importação cenário C10-R1-P2	%	35,75%	-	-	9
Importação cenário C10-R2-P2	%	69,01%	-	-	5
Importação cenário C12-R1-P2	%	29,79%	-	-	10
Importação cenário C12-R2-P2	%	57,91%	-	-	7

**Tabela 5.24 – Taxa de utilização da carreta – Cen. Imp.**

Taxa de utilização do Reach Stacker					
Simulações	Taxa de ocupação				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Importação cenário C4-R1-P2	%	62,31%	-	-	5
Importação cenário C4-R2-P2	%	36,39%	-	-	8
Importação cenário C6-R1-P2	%	63,14%	-	-	3
Importação cenário C6-R2-P2	%	51,09%	-	-	7
Importação cenário C8-R1-P2	%	63,17%	-	-	1
Importação cenário C8-R2-P2	%	60,73%	-	-	6
Importação cenário C10-R1-P2	%	63,17%	-	-	1
Importação cenário C10-R2-P2	%	62,62%	-	-	4
Importação cenário C12-R1-P2	%	63,17%	-	-	1
Importação cenário C12-R2-P2	%	63,17%	-	-	2

**Tabela 5.25 – Taxa de utilização do reach stacker – Cen. Imp.**

Taxa de utilização do Portainer					
Simulações	Taxa de ocupação				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Importação cenário C4-R1-P2	%	97,89%	-	-	4
Importação cenário C4-R2-P2	%	57,66%	-	-	7
Importação cenário C6-R1-P2	%	99,88%	-	-	1
Importação cenário C6-R2-P2	%	80,92%	-	-	6
Importação cenário C8-R1-P2	%	99,88%	-	-	1
Importação cenário C8-R2-P2	%	96,10%	-	-	5
Importação cenário C10-R1-P2	%	99,88%	-	-	1
Importação cenário C10-R2-P2	%	99,64%	-	-	3
Importação cenário C12-R1-P2	%	99,88%	-	-	1
Importação cenário C12-R2-P2	%	99,73%	-	-	2

**Tabela 5.26 – Taxa de utilização do Portainer – Cen. Imp.**

Nº de Contêineres esperando na fila da Carreta					
Simulações	Unidade de tempo em quantidades				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Importação cenário C4-R1-P2	Qtd	0,2305	0,0000	2,0000	5
Importação cenário C4-R2-P2	Qtd	0,8440	0,0000	2,0000	7
Importação cenário C6-R1-P2	Qtd	0,0002	0,0000	1,0000	2
Importação cenário C6-R2-P2	Qtd	0,3775	0,0000	2,0000	6
Importação cenário C8-R1-P2	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	1
Importação cenário C8-R2-P2	Qtd	0,0730	0,0000	2,0000	4
Importação cenário C10-R1-P2	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	1
Importação cenário C10-R2-P2	Qtd	0,0018	0,0000	1,3333	3
Importação cenário C12-R1-P2	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	1
Importação cenário C12-R2-P2	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	1

**Tabela 5.27 – Nº de contêineres esperando na fila da carreta – Cen. Imp.**

Nº de Contêineres esperando na fila do Reach Stacker					
Simulações	Unidade de tempo em quantidades				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Importação cenário C4-R1-P2	Qtd	0,1643	0,0000	3,0000	5
Importação cenário C4-R2-P2	Qtd	0,0163	0,0000	2,0000	1
Importação cenário C6-R1-P2	Qtd	0,1873	0,0000	3,3333	7
Importação cenário C6-R2-P2	Qtd	0,0616	0,0000	3,0000	2
Importação cenário C8-R1-P2	Qtd	0,1887	0,0000	3,6667	8
Importação cenário C8-R2-P2	Qtd	0,1394	0,0000	3,0000	3
Importação cenário C10-R1-P2	Qtd	0,1887	0,0000	3,6667	8
Importação cenário C10-R2-P2	Qtd	0,1619	0,0000	3,6667	4
Importação cenário C12-R1-P2	Qtd	0,1887	0,0000	3,6667	8
Importação cenário C12-R2-P2	Qtd	0,1811	0,0000	4,3333	6

**Tabela 5.28 – Nº de contêineres esperando na fila da reach stacker – Cen. Imp.**

Tempo médio total de operação por Contêiner					
Simulações	Unidade de tempo em minutos				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Importação cenário C4-R1-P2	Min	1,6103	-	-	10
Importação cenário C4-R2-P2	Min	1,3727	-	-	5
Importação cenário C6-R1-P2	Min	1,5817	-	-	9
Importação cenário C6-R2-P2	Min	0,9772	-	-	4
Importação cenário C8-R1-P2	Min	1,5814	-	-	8
Importação cenário C8-R2-P2	Min	0,8214	-	-	3
Importação cenário C10-R1-P2	Min	1,5814	-	-	7
Importação cenário C10-R2-P2	Min	0,7946	-	-	2
Importação cenário C12-R1-P2	Min	1,5814	-	-	6
Importação cenário C12-R2-P2	Min	0,7904	-	-	1

**Tabela 5.29 – Tempo médio total de operação por contêiner – Cen. Imp.**

Análise de prioridades dos cenários para operação de Importação			
Simulações	Unidade de tempo em minutos		
Cenários propostos	UND	Soma das prioridades	Classificação
Importação cenário C4-R1-P2	Min	22	6
Importação cenário C4-R2-P2	Min	21	5
Importação cenário C6-R1-P2	Min	19	4
Importação cenário C6-R2-P2	Min	19	4
Importação cenário C8-R1-P2	Min	18	3
Importação cenário C8-R2-P2	Min	18	3
Importação cenário C10-R1-P2	Min	18	3
Importação cenário C10-R2-P2	Min	14	2
Importação cenário C12-R1-P2	Min	18	3
Importação cenário C12-R2-P2	Min	12	1

**Tabela 5.30 – Análise de prioridades – Cen. Imp.**

As tabelas a seguir apresentam as classificações dos cenários de exportação em relação as suas variáveis de controle.

### 5.5.2 – CLASSIFICAÇÕES DOS CENÁRIOS DE EXPORTAÇÃO

Tempos de espera pela operação da Carreta					
Simulações	Unidade de tempo em minutos				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Exportação cenário C4-R1-P2	Min	0,0837	0,0000	2,0774	5
Exportação cenário C4-R2-P2	Min	1,1288	0,0000	4,2297	10
Exportação cenário C6-R1-P2	Min	0,0259	0,0000	1,8338	3
Exportação cenário C6-R2-P2	Min	1,0910	0,0000	4,0799	9
Exportação cenário C8-R1-P2	Min	0,0757	0,0000	1,8584	4
Exportação cenário C8-R2-P2	Min	1,0852	0,0000	4,3338	7
Exportação cenário C10-R1-P2	Min	0,0231	0,0000	1,9724	2
Exportação cenário C10-R2-P2	Min	1,0863	0,0000	4,2401	8
Exportação cenário C12-R1-P2	Min	0,0191	0,0000	1,6962	1
Exportação cenário C12-R2-P2	Min	1,0840	0,0000	4,1576	6

**Tabela 5.31 – Tempos de espera pela operação da carreta – Cen. Exp.**



Tempos de espera para operar no Portainer					
Simulações	Unidade de tempo em minutos				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Exportação cenário C4-R1-P2	Min	0,4797	0,0000	2,7909	1
Exportação cenário C4-R2-P2	Min	0,9397	0,0000	3,1994	2
Exportação cenário C6-R1-P2	Min	1,6574	0,0000	4,8063	3
Exportação cenário C6-R2-P2	Min	3,0764	0,0000	5,5583	4
Exportação cenário C8-R1-P2	Min	3,2825	0,0000	6,9596	5
Exportação cenário C8-R2-P2	Min	5,2268	0,0000	8,1429	6
Exportação cenário C10-R1-P2	Min	5,4517	0,0000	9,5150	7
Exportação cenário C10-R2-P2	Min	7,3913	0,0000	10,5523	9
Exportação cenário C12-R1-P2	Min	7,3269	0,0000	11,8287	8
Exportação cenário C12-R2-P2	Min	9,5410	0,0000	13,1960	10

**Tabela 5.32 – Tempos de espera pela operação no Portainer – Cen. Exp.**

Taxa de utilização da Carreta					
Simulações	Taxa de ocupação				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Exportação cenário C4-R1-P2	%	82,08%	-	-	6
Exportação cenário C4-R2-P2	%	98,96%	-	-	1
Exportação cenário C6-R1-P2	%	73,77%	-	-	9
Exportação cenário C6-R2-P2	%	98,70%	-	-	2
Exportação cenário C8-R1-P2	%	72,86%	-	-	10
Exportação cenário C8-R2-P2	%	98,04%	-	-	3
Exportação cenário C10-R1-P2	%	76,67%	-	-	8
Exportação cenário C10-R2-P2	%	97,62%	-	-	4
Exportação cenário C12-R1-P2	%	77,20%	-	-	7
Exportação cenário C12-R2-P2	%	97,22%	-	-	5

**Tabela 5.33 – Taxa de utilização da carreta – Cen. Exp.**

Taxa de utilização do Reach Stacker					
Simulações	Taxa de ocupação				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Exportação cenário C4-R1-P2	%	93,12%	-	-	5
Exportação cenário C4-R2-P2	%	50,47%	-	-	10
Exportação cenário C6-R1-P2	%	97,67%	-	-	4
Exportação cenário C6-R2-P2	%	51,29%	-	-	9
Exportação cenário C8-R1-P2	%	98,05%	-	-	1
Exportação cenário C8-R2-P2	%	51,37%	-	-	6
Exportação cenário C10-R1-P2	%	97,76%	-	-	3
Exportação cenário C10-R2-P2	%	51,34%	-	-	8
Exportação cenário C12-R1-P2	%	98,03%	-	-	2
Exportação cenário C12-R2-P2	%	51,37%	-	-	7

**Tabela 5.34 – Taxa de utilização do reach stacker – Cen. Exp.**

Taxa de utilização do Portainer					
Simulações	Taxa de ocupação				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Exportação cenário C4-R1-P2	%	90,68%	-	-	10
Exportação cenário C4-R2-P2	%	98,02%	-	-	5
Exportação cenário C6-R1-P2	%	94,85%	-	-	9
Exportação cenário C6-R2-P2	%	99,89%	-	-	1
Exportação cenário C8-R1-P2	%	95,14%	-	-	8
Exportação cenário C8-R2-P2	%	99,88%	-	-	4
Exportação cenário C10-R1-P2	%	95,25%	-	-	7
Exportação cenário C10-R2-P2	%	99,88%	-	-	3
Exportação cenário C12-R1-P2	%	95,26%	-	-	6
Exportação cenário C12-R2-P2	%	99,88%	-	-	2

**Tabela 5.35 – Taxa de utilização do *Portainer* – Cen. Exp.**

Nº de Contêineres esperando na fila da Carreta					
Simulações	Unidade de tempo em quantidades				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Exportação cenário C4-R1-P2	Qtd	0,0676	0,0000	1,0000	5
Exportação cenário C4-R2-P2	Qtd	0,9872	0,0000	2,0000	10
Exportação cenário C6-R1-P2	Qtd	0,0219	0,0000	1,0000	4
Exportação cenário C6-R2-P2	Qtd	0,9699	0,0000	2,0000	9
Exportação cenário C8-R1-P2	Qtd	0,0173	0,0000	1,0000	2
Exportação cenário C8-R2-P2	Qtd	0,9664	0,0000	2,0000	8
Exportação cenário C10-R1-P2	Qtd	0,0196	0,0000	1,0000	3
Exportação cenário C10-R2-P2	Qtd	0,9662	0,0000	2,0000	7
Exportação cenário C12-R1-P2	Qtd	0,0162	0,0000	1,0000	1
Exportação cenário C12-R2-P2	Qtd	0,9645	0,0000	2,0000	6

**Tabela 5.36 – Nº de contêineres esperando na fila da carreta – Cen. Exp.**

Nº de Contêineres esperando na fila do Portainer					
Simulações	Unidade de tempo em quantidades				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Exportação cenário C4-R1-P2	Qtd	0,3874	0,0000	3,0000	1
Exportação cenário C4-R2-P2	Qtd	0,8218	0,0000	3,0000	2
Exportação cenário C6-R1-P2	Qtd	1,4005	0,0000	5,0000	3
Exportação cenário C6-R2-P2	Qtd	2,7346	0,0000	6,0000	4
Exportação cenário C8-R1-P2	Qtd	2,7855	0,0000	7,0000	5
Exportação cenário C8-R2-P2	Qtd	4,6544	0,0000	8,0000	7
Exportação cenário C10-R1-P2	Qtd	4,6259	0,0000	9,0000	6
Exportação cenário C10-R2-P2	Qtd	6,5736	0,0000	10,0000	9
Exportação cenário C12-R1-P2	Qtd	6,2204	0,0000	10,0000	8
Exportação cenário C12-R2-P2	Qtd	8,4878	0,0000	11,0000	10

**Tabela 5.37 – Nº de contêineres esperando na fila do *Portainer* – Cen. Exp.**

Tempo médio total de operação por Contêiner					
Simulações	Unidade de tempo em minutos				
Cenários propostos	UND	Média	Mínimo	Máximo	Classificação
Exportação cenário C4-R1-P2	M in	1,2383	-	-	10
Exportação cenário C4-R2-P2	M in	1,1435	-	-	5
Exportação cenário C6-R1-P2	M in	1,1834	-	-	9
Exportação cenário C6-R2-P2	M in	1,1250	-	-	4
Exportação cenário C8-R1-P2	M in	1,1784	-	-	7
Exportação cenário C8-R2-P2	M in	1,1230	-	-	1
Exportação cenário C10-R1-P2	M in	1,1785	-	-	8
Exportação cenário C10-R2-P2	M in	1,1243	-	-	3
Exportação cenário C12-R1-P2	M in	1,1779	-	-	6
Exportação cenário C12-R2-P2	M in	1,1240	-	-	2

**Tabela 5.38 – Tempo médio total de op. por contêiner – Cen. Exp.**

Análise de prioridades dos cenários para operação de Exportação			
Simulações	Unidade de tempo em minutos		
Cenários propostos	UND	Soma das prioridades	Classificação
Exportação cenário C4-R1-P2	M in	31	6
Exportação cenário C4-R2-P2	M in	21	4
Exportação cenário C6-R1-P2	M in	31	6
Exportação cenário C6-R2-P2	M in	16	2
Exportação cenário C8-R1-P2	M in	26	5
Exportação cenário C8-R2-P2	M in	14	1
Exportação cenário C10-R1-P2	M in	26	5
Exportação cenário C10-R2-P2	M in	18	3
Exportação cenário C12-R1-P2	M in	21	4
Exportação cenário C12-R2-P2	M in	16	2

**Tabela 5.39 – Análise de prioridades – Cen. Exp.**

## 5.6 - OTIMIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Visando a otimização dos resultados obtidos, foi utilizado o programa OPTQUEST, que trabalha em apoio ao ambiente de modelagem ARENA.

No OPTQUEST é possível definir quais recursos podem ser variados seguindo critérios de análises, definir restrições aos resultados esperados, definir uma função objetiva para otimização e definir as formas de cálculo para que se consiga a precisão esperada.

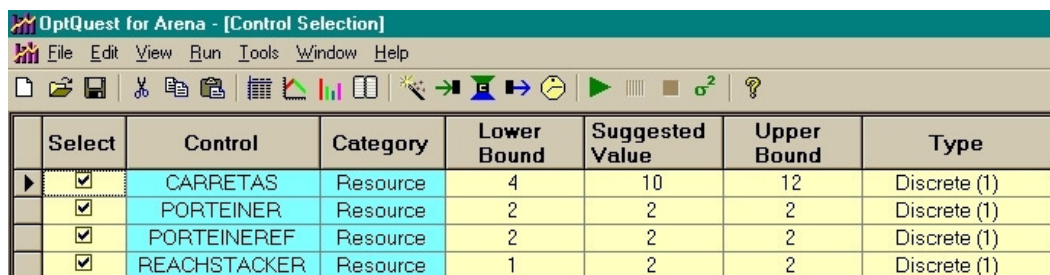
Os passos da utilização do OPTQUEST para a otimização dos modelos propostos para a importação e exportação, no Terminal de Vila Velha, são apresentados nos subitens a seguir.

### 5.6.1 PASSOS DA OTIMIZAÇÃO NO OPTQUEST

#### Etapa 1 - Seleção dos recursos disponíveis para o sistema

Na etapa 1, o analista deve indicar quais as possíveis variações dos recursos utilizados na simulação que serão controlados pelo OPTQUEST. Foram inseridas as seguintes premissas para o cálculo da melhor combinação de recursos: 4 a 12 carretas, 1 a 2 *reach stackers* e 2 *portaineres*.

Para a importação, o modelo gerado apresenta um *portainer* efetivo e um *portainer* normal. O normal representando a operação correta do processo e o efetivo identificado para que se pudesse coletar os dados reais da taxa de utilização.

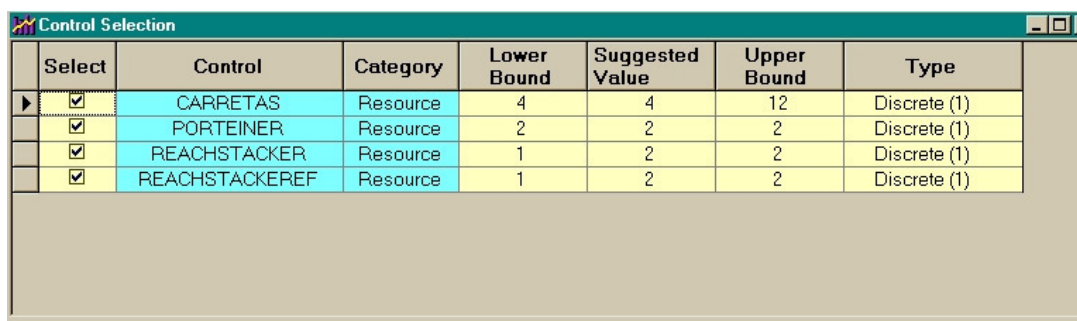


Select	Control	Category	Lower Bound	Suggested Value	Upper Bound	Type
<input checked="" type="checkbox"/>	CARRETAS	Resource	4	10	12	Discrete (1)
<input checked="" type="checkbox"/>	PORTEINER	Resource	2	2	2	Discrete (1)
<input checked="" type="checkbox"/>	PORTEINEREF	Resource	2	2	2	Discrete (1)
<input checked="" type="checkbox"/>	REACHSTACKER	Resource	1	2	2	Discrete (1)

**Figura 5.4 – Recursos da otimização para o cenário de importação**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

Já na exportação, o modelo gerado apresentou um *reach stacker* efetivo e um normal, o normal representando a operação correta do processo e o efetivo identificado para que se pudesse coletar os dados reais da taxa de utilização.



Select	Control	Category	Lower Bound	Suggested Value	Upper Bound	Type
<input checked="" type="checkbox"/>	CARRETAS	Resource	4	4	12	Discrete (1)
<input checked="" type="checkbox"/>	PORTEINER	Resource	2	2	2	Discrete (1)
<input checked="" type="checkbox"/>	REACHSTACKER	Resource	1	2	2	Discrete (1)
<input checked="" type="checkbox"/>	REACHSTACKEREF	Resource	1	2	2	Discrete (1)

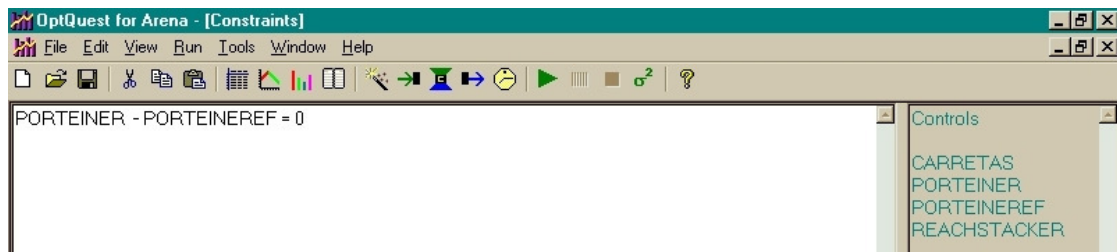
**Figura 5.5 – Recursos da otimização para o cenário de exportação**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

## Etapa 2 – Definição das verificações de consistência no sistema

Na segunda etapa, o analista deve definir as restrições adotadas na modelagem do sistema real, referentes aos recursos utilizados na simulação, para que o programa possa verificar estas restrições e condições de operacionalidade adequando as combinações a estas condições.

Para o processo de importação, a restrição imposta foi que os *portaineres* efetivo e normal tivessem a mesma quantidade de recursos e, no processo de exportação, que os *reach stackers* também tivessem a mesma quantidade de recursos.



**Figura 5.6 – Restrições dos recursos para os cenários de importação**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

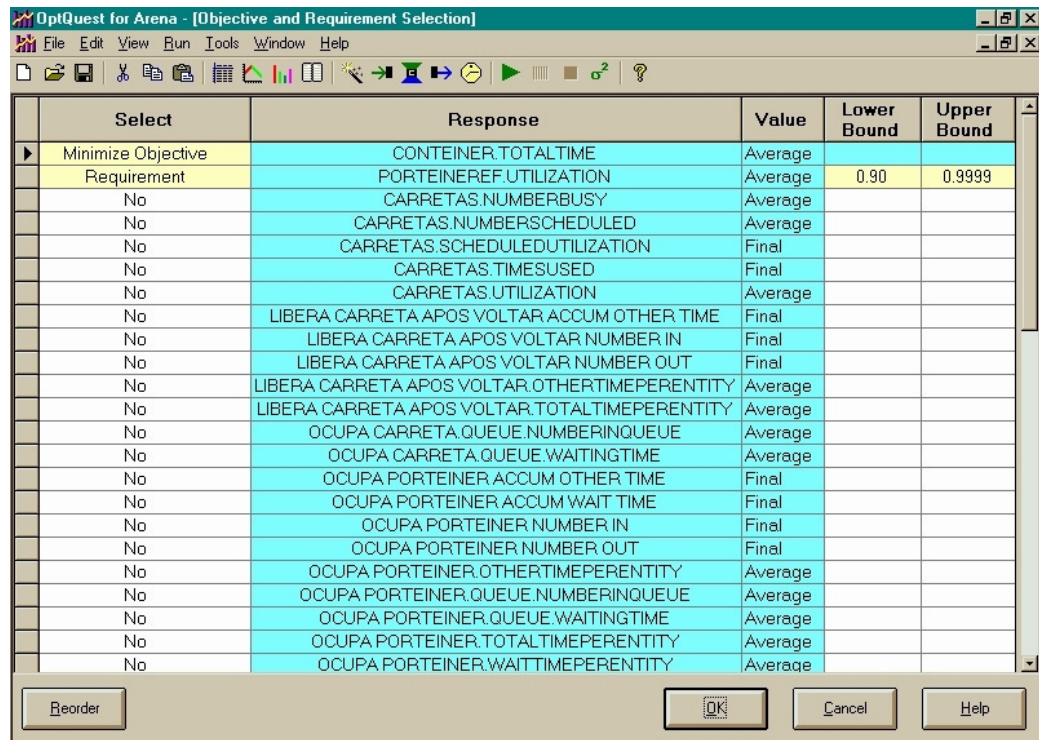


**Figura 5.7 – Restrições dos recursos para os cenários de exportação**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

## Etapa 3 – Seleção e identificação da função objetiva e de das restrições no sistema modelado

Na terceira etapa, o analista deve definir qual a função objetiva que se procura obter como resultado do sistema otimizado. A função objetiva verificará o sistema, tentando atingir um número máximo ou mínimo para uma determinada variável escolhida como explicado no capítulo 3 nas páginas 54 e 55.

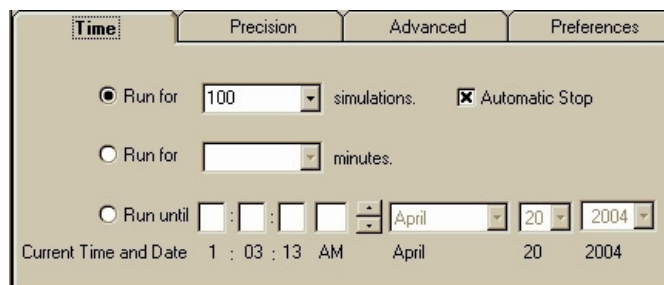


**Figura 5.8 – Seleção e identificação da função objetiva e outras condicionantes para os cenários de importação e exportação**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

#### Etapa 4 – Seleção do procedimento de cálculo do otimizador

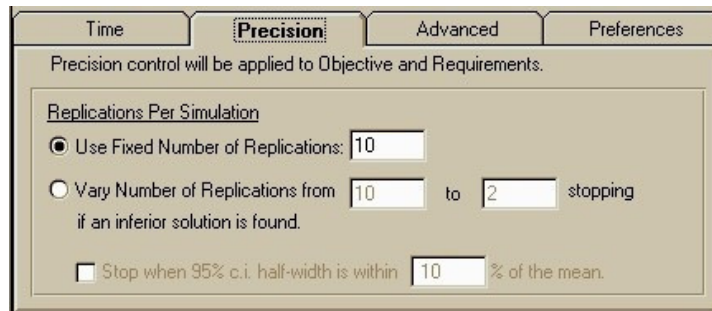
Na quarta etapa, o analista deve indicar e selecionar os procedimentos a serem utilizados para otimização do sistema. Para a importação e para a exportação os procedimentos adotados foram os mesmos. Na primeira janela, foi indicada a quantidade de simulações efetivadas com uma mesma combinação de equipamentos, para, posteriormente, utilizar a média destes resultados como resultado para aquela combinação de equipamentos. Poderia também ser determinado um tempo para o processo de cálculo, ou determinado um horário para começar a simulação e um horário para terminar.



**Figura 5.9 – Período de processamento do otimizador**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

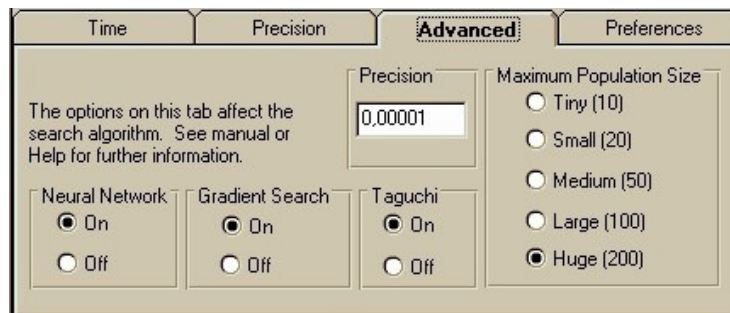
Na segunda janela, foram indicados os números de replicações a serem efetuadas para que se atinja a precisão requerida. Poderia também ser determinado uma variação do número de replicações entre um número mínimo e máximo para que se atinja um percentual determinado de erro ou desvio.



**Figura 5.10 – Precisão do processamento no otimizador**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

Na terceira janela, foram indicados os tipos de algoritmos utilizados nas buscas pelo cenário otimizado e, também, definida a precisão requerida na busca, como já apresentado no 3º capítulo.



**Figura 5.11 – Algoritmo de processamento do otimizador**

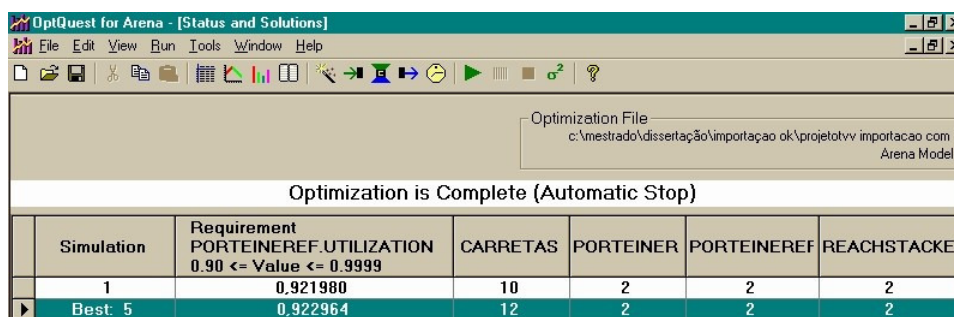
Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

Na quarta e última janela, é informado o endereço de armazenagem do arquivo de “log” gerado, o tipo de modelo que está sendo gerado e se a simulação será com ou sem animação.

Depois de realizadas todas as etapas, para a realização da otimização, inicia-se o procedimento de otimização das combinações de equipamentos para o sistema modelado.

### 5.7 – ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO OTIMIZADOR

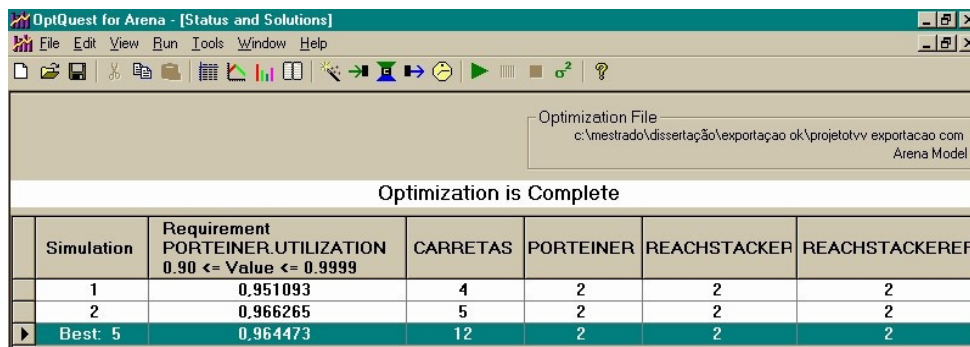
Os resultados da simulação de importação e exportação são apresentados a seguir, em um quadro que o programa apresenta após o cálculo das otimizações.



Simulation	Requirement PORTEINER.UTILIZATION 0.90 <= Value <= 0.9999	CARRETAS	PORTEINER	PORTEINEREF	REACHSTACKEI
1	0.921980	10	2	2	2
Best: 5	0.922964	12	2	2	2

**Figura 5.12 – Tela de resultados da simulação de importação do OPTQUEST**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST



Simulation	Requirement PORTEINER.UTILIZATION 0.90 <= Value <= 0.9999	CARRETAS	PORTEINER	REACHSTACKER	REACHSTACKEREF
1	0.951093	4	2	2	2
2	0.966265	5	2	2	2
Best: 5	0.964473	12	2	2	2

**Figura 5.13 – Tela de resultados da simulação de exportação do OPTQUEST**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

O otimizador também gera a possibilidade e facilidade de se analisar os cenários propostos após a geração dos seus resultados, apresentando-os em ordem crescente de otimização para que o analista possa verificar se realmente a solução encontrada é a que melhor se adequou a sua realidade.



Resultados das análises realizadas para o cenário de importação:

Name	Best	Minimum	Average	Maximum	Standard Deviation
CONTEINER.TOTALTIME	21,6744	21,6744	21,6815	21,6957	1,0030E-02
CARRETAS	12	10	11,0000	12	0,816497
PORTEINER	2	2	2,00000	2	0,00000
PORTEINEREF	2	2	2,00000	2	0,00000
REACHSTACKER	2	2	2,00000	2	0,00000

Solution	Number of Replications	Objective CONTEINER.TOTAL	Std. Dev. CONTEINER.TOTAL	Control CARRETAS	Control PORTEINER	Control REACHSTACKER
1	10	21,6744	0,675332	12	2	2
2	10	21,6744	0,675332	11	2	2
3	10	21,6957	0,672326	10	2	2

**Figura 5.14 – Análise dos resultados da simulação de importação**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

Resultados das análises realizadas para o cenário de exportação:

Name	Best	Minimum	Average	Maximum	Standard Deviation
CONTEINER.TOTALTIME	27,1749	27,1749	27,3357	27,5784	0,141843
CARRETAS	12	4	8,00000	12	2,58199
PORTEINER	2	2	2,00000	2	0,00000
REACHSTACKER	2	2	2,00000	2	0,00000
REACHSTACKEREF	2	2	2,00000	2	0,00000

Solution	Number of Replications	Objective CONTEINER.TOTAL	Std. Dev. CONTEINER.TOTAL	Control CARRETAS	Control PORTEINER	Control REACHSTACKER
1	10	27,1749	0,586577	12	2	2
2	10	27,1754	0,772385	7	2	2
3	10	27,1965	0,612646	5	2	2
4	10	27,2764	0,549109	8	2	2
5	10	27,2942	0,480821	9	2	2
6	10	27,3680	0,500857	10	2	2
7	10	27,4333	0,698089	11	2	2
8	10	27,5239	0,586743	6	2	2
9	10	27,5784	0,459738	4	2	2

**Figura 5.15 – Análise dos resultados da simulação de exportação**

Fonte: Adaptado do Programa OPTQUEST

Como verificado na Figura 5.14 dos resultados para o modelo de importação, a combinação que melhor se ajustou às características especificadas para a otimização

foi a de 2 *Portaineres*, 2 *Reach Stackers* e 12 Carretas. Porém, analisando os resultados, verifica-se que a diferença encontrada entre a operação com 12 carretas e a operação com 10 carretas é mínima. Sabendo que o decréscimo de 2 carretas influenciaria no custo de operação, pode-se indicar como o cenário proposto o com 10 Carretas, 2 *Portaineres* e 2 *Reach Stackers* para a operação de importação no Terminal de Vila Velha.

O mesmo foi verificado na Figura 5.15 dos resultados para o modelo de exportação, onde a combinação que se ajustou às características especificadas para a otimização foi a de 2 *Portaineres*, 2 *Reach Stackers* e 12 Carretas. Porém, analisando os resultados, verifica-se que a diferença encontrada entre a operação com 12 carretas e operação com 7 Carretas é mínima. Sabendo que a economia na operação de 5 Carretas reduziria muito no custo de operação, pode-se propor o cenário de 7 Carretas, 2 *Portaineres* e 2 *Reach Stackers* para a operação de exportação do Terminal de Vila Velha.

Em comparação com a situação atual do terminal de operar com o mesmo cenário de 2 *Portaineres* e para 2 *Reach Stackers* para 8 carretas, no fluxo de importação e no fluxo de exportação. Verifica-se a economia de 3,5% na produtividade para o fluxo de importação operando no cenário de 2 *Portaineres* e para 2 *Reach Stackers* para 10 carretas, o que geraria nas condições atuais um aumento de 4400 contêineres na produtividade anual do Terminal de Vila Velha. E, na exportação operando com o cenário de 2 *Portaineres* e para 2 *Reach Stackers* para 6 carretas geraria um ganho da alocação das carretas extras das atividades de exportação para a de importação do Terminal de Vila Velha.

## 5.8 – CONCLUSÃO

Neste capítulo, destinado à aplicação do modelo, foram apresentados os testes de confiança realizados, a inserção das distribuições estatísticas nos modelos e as análises dos modelos de importação e exportação do TVV, através do ARENA e do otimizador OPTQUEST.

Foram, também, apresentados os cenários propostos para as análises, os itens de controle efetivados nestes cenários e as considerações realizadas sobre a metodologia para identificação dos cenários classificados por ordem de prioridade, seguindo o critério de maximização das operações no terminal e procurando uma maior taxa efetiva de utilização nos *portaineres* possível.

Por fim, foram apresentados os resultados obtidos com a simulação direta no ARENA e os resultados da otimização gerada no OPTQUEST. No próximo capítulo será apresentada a comparação dos seus resultados e proposto recomendações sobre a metodologia empregada no trabalho.

## 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 – CONCLUSÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

Devido aos constantes avanços e aumentos nos volumes de cargas movimentados pelos terminais logísticos do País, fazem-se cada vez mais necessárias pesquisas operacionais, como forma de buscar maiores produtividades e menores custos para estes terminais,

Esta pesquisa foi realizada com a técnica de simulação de sistemas, que é uma ferramenta da Pesquisa Operacional que permite a geração de cenários, a partir dos quais pode-se orientar o processo de tomada de decisão, proceder às análises e avaliações de sistemas e propor soluções para a melhoria de performance, podendo todos estes procedimentos ter por conotação parâmetros técnicos e/ou econômicos.

Verificou-se, também, a importância dos Terminais Multimodais para economia mundial e que estes, em decorrência da própria operação, são estruturas dinâmicas que estão em permanente evolução, e, por isto, cada vez mais necessitados de apoios administrativos e pesquisas operacionais, visando à melhora em suas atividades e processos.

Como objetivo deste trabalho, foram analisados os fluxos de importação e exportação de contêineres do Terminal de Vila Velha, que após detalhados e descritos, foram modelados e simulados no ambiente ARENA e otimizados no OPTQUEST.

A simulação foi baseada em três etapas, sendo a primeira de criação do modelo de simulação para os fluxos de importação e exportação do terminal, a segunda de otimização do modelo pelo otimizador OPTQUEST, e a terceira de análise dos resultados pela modelagem direta no ARENA e pelo uso do OPTQUEST, comparando e concluindo sobre os resultados obtidos.

Com o estudo e a compreensão do funcionamento operacional do terminal de contêineres, pode-se inferir algumas questões e respostas, quanto a melhor forma de

operação para os fluxos de importação e exportação de contêineres movimentados por este terminal.

Para o modelo de importação, o resultado obtido, como simulado, foi a operação de 2 *Portainer* para 2 *Reach Stacker* para 12 Carretas. Porém, o resultado do cenário proposto a ser considerado para operação é o de 2 *Portainer* para 2 *Reach Stacker* para 10 Carretas, pois observa-se na pesquisa que a diferença nos tempos de operação destes cenários é mínima e, sabendo-se que o decréscimo de 2 Carretas influenciaria no custo de operação, pode-se indicar o cenário com 10 Carretas como o proposto para operação do fluxo de importação do Terminal de Vila Velha.

Em comparação com a situação atual de operação dos fluxos de importação do terminal, observa-se que o padrão hoje utilizado é de operar com 2 *Portainer* para 2 *Reach Stacker* para 8 Carretas. Com a modificação da operação para o cenário de 2 *Portainer* para 2 *Reach Stacker* para 10 Carretas, o ganho de produtividade no tempo de operação é de cerca de 3,5%. Como verificado na pesquisa, isto gera um acréscimo, com base na movimentação de 130.000 contêineres realizada no ano de 2004 no Terminal de Vila Velha, de cerca de 4400 contêineres ao ano.

O mesmo procedimento foi verificado para o modelo de exportação, onde os resultados simulados encontrados apontaram o cenário de 2 *Portainer* para 2 *Reach Stacker* para 8 Carretas como o cenário a ser realizado. Porém, como verificado no resultado, a diferença de tempo encontrada entre a operação com 12 Carretas e operação com 6 Carretas é mínima e, sabendo-se que a economia na operação de 2 carretas reduziria muito no custo de operação, pode-se indicar a operação com 6 Carretas como a proposta para a operação de exportação do Terminal de Vila Velha.

Em comparação com a situação atual de operação dos fluxos de exportação do terminal, observa-se que o padrão hoje utilizado é de operar com 2 *Portainer* para 2 *Reach Stacker* para 8 Carretas. Com a modificação da operação para o cenário de 2 *Portainer* para 2 *Reach Stacker* para 6 Carretas, o ganho seria da alocação das carretas extras das atividades de exportação para a de importação do Terminal de Vila Velha.

## 6.2 - CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA PROPOSTA

Em sistemas complexos com diversas possibilidades de variações nos recursos, a utilização do otimizador faz-se necessária e benéfica ao analista, pois lhe possibilita identificar qual a melhor opção da combinação dos recursos procurada, agilizando a análise do cenário em estudo e possibilitando o ajuste fino através do ARENA para verificação das outras considerações operacionais do cenário em questão.

A metodologia apresentada mostra também como vantagem, a forma de sistematização das etapas para a análise operacional envolvida no processo de importação e exportação, facilitando assim a identificação das variáveis e criando uma forma de análise dos equipamentos e arranjos apresentados no terminal.

Considera-se que os números de observações realizadas no terminal de Vila Velha são suficientes para um estudo metodológico. Porém, acredita-se ser benéfico e oportuno, para uma real aplicação das considerações encontradas na modelagem, a coleta de um número maior de dados que inclua as diversas possibilidades operacionais do terminal, visando uma maior representatividade das alternativas, como, por exemplo, dados coletados de operações com o pátio cheio, com o pátio vazio, com turnos diurnos e noturnos, entre outros fatores que influenciam na velocidade da operação. Contudo, devido às características da população em estudo, o tamanho da amostra deve ser calculado pela fórmula de populações infinitas (ALFERES, 2002).

Em novos estudos utilizando o modelo proposto, pode-se também encontrar melhores condições operacionais e resultados para o terminal através do sistema de controle proposto e de uma nova forma do layout do pátio e de utilização dos equipamentos do terminal de Vila Velha.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFERES, Valentim Rodrigues, Núcleo de Investigação e Intervenção em Psicologia Social da Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra [http://www.fpce.uc.pt/nucleos/niips/spss\\_prc/inq\\_ic/form\\_ic\\_n.htm](http://www.fpce.uc.pt/nucleos/niips/spss_prc/inq_ic/form_ic_n.htm), 2002.

ANTAQ – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS.  
Disponível: <http://www.antaq.gov.br/>, [capturado em 11 julho. 2004].

ARENA, Systems modeling corporation – Versão ARENA 4.0c, 1993

BALLOU, Ronald H. Logística Empresarial – **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 4ªEd.São Paulo, 2001

BESTFIT, Palisade corporation. – Version 2.0d, 1993

BUSTAMANTE, José de C. **Capacidade dos modos de transporte**. Apostila do curso de Pós-Graduação em Transportes - Instituto Militar de Engenharia, 1999a.

BUSTAMANTE, José de C. **Introdução aos transportes**. Apostila - Instituto Militar de Engenharia, 1999b.

CARVALHO, Adácio Carlos Pourchet de. **Uma contribuição ao estudo do desempenho de terminais de contêineres**. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

COPPEAD. Centro de Estudos em Logística [on-line], Rio de Janeiro, Disponível: <http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/index2.html>, [capturado em 11 mar. 2003].

CRUZ, Marta Monteiro da Costa. **Proposição de um sistema de utilização automática racional da área de pré ou pós-estivagem de contêineres em terminais especializados**. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.

CRUZ, Marta Monteiro da Costa. **Uma contribuição ao estudo da dinâmica de sistemas de terminais especializados de contêineres sob o enfoque sistêmico**. Tese – Instituto Militar de Engenharia, 1997.

DATZ, Danielle. **Contribuição ao estudo dos custos operacionais em terminais intermodais de contêineres**. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

FERNANDES, Marcelo Gomes. **Modelo econômico-operacional para análise e dimensionamento de terminais de contêineres e veículos**. Dissertação – Universidade de São Paulo, 2001.

FERREIRA, Rogério. **Apostila de Simulação**. Apostila do curso de Especialização Logística em Transportes, 2002.

FLEURY, Paulo Fernando. **Gestão Estratégica do Transporte**. CEL [on-line], Rio de Janeiro, Disponível: <http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr-contain.htm>, [capturado em 25 Dez. 2003].

FREITAS, Paulo José de Filho. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com aplicações em Arena**. Ed. Visual Books, 2001.



GAVIRA, Muriel de Oliveira. **Simulação Computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. Dissertação – Universidade de São Paulo, 2003.

HILLIER, Frederick S., LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução a Pesquisa Operacional**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1988..

KELTON, W. David, SADOWSKI, Randall P., SADOWSKI, Deborah A. **Simulation with Arena**. New York: Ed. McGraw-Hill, 1998.

KIA, M., SHAYAN E., GHOTB F. **Investigation of port capacity under a new approach by computer simulation**. Industrial Research Institute Swinburne, Swinburne University of technology, Melbourne, Australia 2002.

LACERDA, Leonardo, RODRIGUES, Alexandre Medeiros. **Aplicação da Técnica de Simulação na Alocação de Containers**. CEL [on-line], Rio de Janeiro, Disponível: <http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr-contain.htm>, [capturado em 11 mar. 2003].

LEGATO, Pasquale, MAZZA, M. Rina. **Berth planning and resources optimisation at a container terminal via discrete event simulation**. Department of electronics, The University of Calabria, Italy, 2000.

MARQUES, José Mauro. **Procedimento para análise de oportunidade de investimento para aumentar a capacidade de movimentação em um terminal de contêineres**. Dissertação – Instituto Militar de Engenharia, 1997.

MENEZES, Júlio. **Curso de Modelagem**. Apostila do curso de Especialização Logística em Transportes, 2002.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Disponível: <http://www.transportes.gov.br/>

OPTQUEST, Optimization technologies Inc. – Versão 4.0, 1998

PEREIRA, Gesiane Silveira. **Adequabilidade e alocação de equipamentos em terminais multimodais de contêineres**. Dissertação – Instituto Militar de Engenharia, 2001.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e da Simulação**. Belo Horizonte: Ed. Desenvolvimento Gerencial, 1999a.

PRADO, Darci Santos do. **Usando o arena em simulação**. Belo Horizonte: Ed. Desenvolvimento Gerencial, 1999b.

PRESTON, Peter, KOZAN, Erhan. **An approach to determine storage locations of containers at seaport terminals**. School of Mathematical Sciences, Queensland University of technology, Brisbane, Australia, 1999.

RIBEIRO, Sérgio Luiz Felizardo. **Análise de alternativas para implantação de porto concentrador de movimentação de contêineres utilizando metodologia multicriterial**. Dissertação – Instituto Militar de Engenharia, 2000.

RODRIGUES, Álvaro Bounous. **A atuação, na movimentação de contêineres, do operador portuário privado em Paranaguá no contexto da logística globalizada “porta a porta”**. Dissertação – Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SALIBY, Eduardo. **Repensando a Simulação, A Amostragem Descritiva**, São Paulo: Ed. Atlas, 1989.

SALIBY, Eduardo, NAZÁRIO, Paulo, LACERDA, Leonardo, LARA, Marcelo. **Modelo de simulação de operações portuárias**. CEL. [on-line], Rio de Janeiro, Disponível: <http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr-contain.htm>, [capturado em 25 Dez. 2003].

SHABAYEK, A. A., YEUNG, W. W. **A Simulation model for the Kwai Chung container terminals in Hong Kong.** Department of Mechanical Engineering and Management of Tecnology, The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong, China, 2001.

SINAY, Maria Cristina Fogliatti de. **Teoria de Filas.** Apostila do curso de Especialização Logística em Transportes, 2002.

VELASCO, Luciano Otávio Marques de, LIMA, Eriksom Teixeira, FLORES, Geraldo Dirk, DELL`ARMI, Andréa Rodrigues. **Logística e Contêineres no Brasil.** Área de projetos de infra-estrutura, N°26, Maio de 1998.

YUN, Won Young, CHOI, Yong Seok. **A Simulation model for container-terminal operation analysis using an object-oriented approach.** Department of industrial Engineering, PunsanNational University, South Korea,1999.

## ANEXO I

### TABELA DOS DADOS COLETADOS EM CAMPO

Visando uma melhor representatividade dos dados coletados, as medições foram realizadas em três navios operando nos turnos noturno, vespertino e matutino, em 3 dias distintos.

Análise da operação de Importação

Operação: Descarregamento do navio com o Portainer

Operação	Equipamento	Tempo de Operação	Dado Estatístico (minutos)
Desembarque	Portainer	00:01:25	1,41667
Desembarque	Portainer	00:01:28	1,46667
Desembarque	Portainer	00:01:51	1,85000
Desembarque	Portainer	00:02:32	2,53333
Desembarque	Portainer	00:01:24	1,40000
Desembarque	Portainer	00:01:14	1,23333
Desembarque	Portainer	00:01:15	1,25000
Desembarque	Portainer	00:00:59	0,98333
Desembarque	Portainer	00:01:16	1,26667
Desembarque	Portainer	00:01:30	1,50000
Desembarque	Portainer	00:01:07	1,11667
Desembarque	Portainer	00:01:13	1,21667
Desembarque	Portainer	00:01:05	1,08333
Desembarque	Portainer	00:01:18	1,30000
Desembarque	Portainer	00:01:56	1,93333
Desembarque	Portainer	00:01:16	1,26667
Desembarque	Portainer	00:02:30	2,50000
Desembarque	Portainer	00:01:20	1,33333
Desembarque	Portainer	00:02:15	2,25000
Desembarque	Portainer	00:01:16	1,26667
Desembarque	Portainer	00:01:00	1,00000
Desembarque	Portainer	00:01:10	1,16667
Desembarque	Portainer	00:01:21	1,35000
Desembarque	Portainer	00:01:23	1,38333
Desembarque	Portainer	00:01:06	1,10000
Desembarque	Portainer	00:01:52	1,86667
Desembarque	Portainer	00:01:18	1,30000
Desembarque	Portainer	00:01:10	1,16667
Desembarque	Portainer	00:01:20	1,33333
Desembarque	Portainer	00:01:54	1,90000
Desembarque	Portainer	00:01:06	1,10000
Desembarque	Portainer	00:01:04	1,06667
Desembarque	Portainer	00:01:40	1,66667
Desembarque	Portainer	00:01:35	1,58333
Desembarque	Portainer	00:01:50	1,83333
Desembarque	Portainer	00:01:50	1,83333
Desembarque	Portainer	00:02:00	2,00000
Desembarque	Portainer	00:02:30	2,50000

**Tabela I.1 – Tempos de descarregamento com o portainer**

## ANEXO I

### TABELA DOS DADOS COLETADOS EM CAMPO

Análise da operação de Exportação

Operação: Carregamento do navio com o Portainer

Operação	Equipamento	Tempo de Operação	Dado Estatístico (minutos)
Embarque	Portainer	00:02:54	2,90000
Embarque	Portainer	00:02:58	2,96667
Embarque	Portainer	00:02:00	2,00000
Embarque	Portainer	00:02:20	2,33333
Embarque	Portainer	00:02:27	2,45000
Embarque	Portainer	00:01:58	1,96667
Embarque	Portainer	00:02:12	2,20000
Embarque	Portainer	00:02:15	2,25000
Embarque	Portainer	00:02:20	2,33333
Embarque	Portainer	00:02:10	2,16667
Embarque	Portainer	00:01:58	1,96667
Embarque	Portainer	00:01:32	1,53333
Embarque	Portainer	00:02:00	2,00000
Embarque	Portainer	00:01:45	1,75000
Embarque	Portainer	00:03:00	3,00000
Embarque	Portainer	00:02:25	2,41667
Embarque	Portainer	00:02:25	2,41667
Embarque	Portainer	00:02:10	2,16667
Embarque	Portainer	00:02:08	2,13333
Embarque	Portainer	00:01:55	1,91667
Embarque	Portainer	00:02:30	2,50000
Embarque	Portainer	00:01:45	1,75000

**Tabela I.2 – Tempos de carregamento com o portainer**

Análise da operação de Exportação

Operação: Carregamento da pilha para a carreta com a GEP

Operação	Equipamento	Tempo de Operação	Dado Estatístico (minutos)
Embarque	GEP	00:01:00	1,00000
Embarque	GEP	00:01:30	1,50000
Embarque	GEP	00:01:10	1,16667
Embarque	GEP	00:00:45	0,75000
Embarque	GEP	00:01:20	1,33333
Embarque	GEP	00:01:03	1,05000
Embarque	GEP	00:01:20	1,33333
Embarque	GEP	00:01:00	1,00000
Embarque	GEP	00:01:10	1,16667
Embarque	GEP	00:01:15	1,25000
Embarque	GEP	00:01:12	1,20000
Embarque	GEP	00:01:00	1,00000
Embarque	GEP	00:00:50	0,83333
Embarque	GEP	00:00:58	0,96667
Embarque	GEP	00:01:05	1,08333
Embarque	GEP	00:01:10	1,16667
Embarque	GEP	00:00:55	0,91667

**Tabela I.3 – Tempos de carregamento com a GEP**

**ANEXO I**  
**TABELA DOS DADOS COLETADOS EM CAMPO**

Análise da operação de Importação

Operação: Descarregamento da carreta para pilha com a GEP

Operação	Equipamento	Tempo de Operação	Dado Estatístico (minutos)
Desembarque	GEP	00:01:07	1,11667
Desembarque	GEP	00:00:30	0,50000
Desembarque	GEP	00:00:36	0,60000
Desembarque	GEP	00:00:43	0,71667
Desembarque	GEP	00:00:58	0,96667
Desembarque	GEP	00:01:25	1,41667
Desembarque	GEP	00:01:20	1,33333
Desembarque	GEP	00:00:50	0,83333
Desembarque	GEP	00:01:10	1,16667
Desembarque	GEP	00:00:43	0,71667
Desembarque	GEP	00:01:14	1,23333
Desembarque	GEP	00:01:20	1,33333
Desembarque	GEP	00:01:10	1,16667
Desembarque	GEP	00:01:15	1,25000
Desembarque	GEP	00:00:40	0,66667
Desembarque	GEP	00:00:45	0,75000
Desembarque	GEP	00:01:10	1,16667
Desembarque	GEP	00:00:50	0,83333
Desembarque	GEP	00:00:40	0,66667
Desembarque	GEP	00:00:50	0,83333
Desembarque	GEP	00:00:40	0,66667
Desembarque	GEP	00:00:35	0,58333
Desembarque	GEP	00:00:45	0,75000
Desembarque	GEP	00:00:40	0,66667
Desembarque	GEP	00:00:48	0,80000
Desembarque	GEP	00:01:00	1,00000
Desembarque	GEP	00:02:00	2,00000
Desembarque	GEP	00:02:10	2,16667
Desembarque	GEP	00:01:00	1,00000
Desembarque	GEP	00:01:05	1,08333
Desembarque	GEP	00:01:05	1,08333
Desembarque	GEP	00:01:30	1,50000
Desembarque	GEP	00:00:55	0,91667
Desembarque	GEP	00:00:40	0,66667
Desembarque	GEP	00:00:53	0,88333
Desembarque	GEP	00:01:25	1,41667
Desembarque	GEP	00:00:40	0,66667
Desembarque	GEP	00:00:40	0,66667
Desembarque	GEP	00:00:55	0,91667
Desembarque	GEP	00:00:57	0,95000
Desembarque	GEP	00:01:05	1,08333
Desembarque	GEP	00:01:35	1,58333
Desembarque	GEP	00:00:50	0,83333

**Tabela I.4 – Tempos de descarregamento com a GEP**

## ANEXO I

### TABELA DOS DADOS COLETADOS EM CAMPO

Análise da operação de Importação

Operação: Movimentação do costado para área de estocagem - 1

Operação	Equipamento	Tempo de Operação	Dado Estatístico (minutos)
Desembarque	Carreta	00:03:18	3,30000
Desembarque	Carreta	00:03:30	3,50000
Desembarque	Carreta	00:02:56	2,93333
Desembarque	Carreta	00:03:35	3,58333
Desembarque	Carreta	00:03:21	3,35000
Desembarque	Carreta	00:03:10	3,16667
Desembarque	Carreta	00:03:30	3,50000
Desembarque	Carreta	00:03:40	3,66667
Desembarque	Carreta	00:03:40	3,66667
Desembarque	Carreta	00:04:30	4,50000
Desembarque	Carreta	00:03:20	3,33333
Desembarque	Carreta	00:04:00	4,00000
Desembarque	Carreta	00:03:25	3,41667
Desembarque	Carreta	00:04:00	4,00000
Desembarque	Carreta	00:03:25	3,41667
Desembarque	Carreta	00:04:20	4,33333
Desembarque	Carreta	00:04:30	4,50000
Desembarque	Carreta	00:02:50	2,83333

**Tabela I.5 – Tempos de movimentação da carreta do costado até a área 1**

Análise da operação de Importação

Operação: Movimentação do costado para área de estocagem - 2

Operação	Equipamento	Tempo de Operação	Dado Estatístico (minutos)
Desembarque	Carreta	00:05:40	5,66667
Desembarque	Carreta	00:04:40	4,66667
Desembarque	Carreta	00:03:30	3,50000
Desembarque	Carreta	00:04:48	4,80000
Desembarque	Carreta	00:03:20	3,33333
Desembarque	Carreta	00:03	3,00000
Desembarque	Carreta	00:02:35	2,58333
Desembarque	Carreta	00:03:50	3,83333
Desembarque	Carreta	00:03:50	3,83333
Desembarque	Carreta	00:03:15	3,25000
Desembarque	Carreta	00:03:50	3,83333
Desembarque	Carreta	00:03:30	3,50000
Desembarque	Carreta	00:04:48	4,80000
Desembarque	Carreta	00:03:15	3,25000
Desembarque	Carreta	00:03:20	3,33333
Desembarque	Carreta	00:04:40	4,66667
Desembarque	Carreta	00:03:50	3,83333
Desembarque	Carreta	00:05:40	5,66667
Desembarque	Carreta	00:03	3,00000
Desembarque	Carreta	00:02:35	2,58333

**Tabela I.6 – Tempos de movimentação da carreta do costado até a área 2**

## ANEXO I

### TABELA DOS DADOS COLETADOS EM CAMPO

Análise da operação de Importação

Operação: Movimentação do costado para área de estocagem - 3

Operação	Equipamento	Tempo de Operação	Dado Estatístico (minutos)
Desembarque	Carreta	00:03:50	3,83333
Desembarque	Carreta	00:03:50	3,83333
Desembarque	Carreta	00:03:40	3,66667
Desembarque	Carreta	00:03:35	3,58333
Desembarque	Carreta	00:03:38	3,63333
Desembarque	Carreta	00:03:42	3,70000
Desembarque	Carreta	00:03:45	3,75000
Desembarque	Carreta	00:03:55	3,91667
Desembarque	Carreta	00:03:40	3,66667

**Tabela I.7 – Tempos de movimentação da carreta do costado até a área 3**

Análise da operação de Exportação

Operação: Movimentação da área de estocagem - 1 para o costado

Operação	Equipamento	Tempo de Operação	Dado Estatístico (minutos)
Embarque	Carreta	00:01:35	1,58571
Embarque	Carreta	00:01:47	1,78571
Embarque	Carreta	00:01:13	1,21905
Embarque	Carreta	00:01:52	1,86905
Embarque	Carreta	00:01:38	1,63571
Embarque	Carreta	00:01:27	1,45238
Embarque	Carreta	00:01:47	1,78571
Embarque	Carreta	00:01:57	1,95238
Embarque	Carreta	00:01:57	1,95238
Embarque	Carreta	00:02:47	2,78571
Embarque	Carreta	00:01:37	1,61905
Embarque	Carreta	00:02:17	2,28571
Embarque	Carreta	00:01:42	1,70238
Embarque	Carreta	00:02:17	2,28571
Embarque	Carreta	00:01:42	1,70238
Embarque	Carreta	00:02:37	2,61905
Embarque	Carreta	00:02:47	2,78571
Embarque	Carreta	00:01:07	1,11905

**Tabela I.8 – Tempos de movimentação da carreta da área 1 até o costado**



## ANEXO I

### TABELA DOS DADOS COLETADOS EM CAMPO

Análise da operação de Exportação

Operação: Movimentação da área de estocagem - 2 para o costado

Operação	Equipamento	Tempo de Operação	Dado Estatístico (minutos)
Embarque	Carreta	00:03:57	3,95238
Embarque	Carreta	00:02:57	2,95238
Embarque	Carreta	00:01:37	1,61905
Embarque	Carreta	00:02:07	2,11905
Embarque	Carreta	00:01:47	1,78571
Embarque	Carreta	00:03:05	3,08571
Embarque	Carreta	00:01:32	1,53571
Embarque	Carreta	00:02:07	2,11905
Embarque	Carreta	00:01:17	1,28571
Embarque	Carreta	00:00:52	0,86905

**Tabela I.9 – Tempos de movimentação da carreta da área 2 até o costado**

Análise da operação de Exportação

Operação: Movimentação da área de estocagem - 3 para o costado

Operação	Equipamento	Tempo de Operação	Dado Estatístico (minutos)
Embarque	Carreta	00:02:07	2,11905
Embarque	Carreta	00:02:07	2,11905
Embarque	Carreta	00:01:57	1,95238
Embarque	Carreta	00:01:52	1,86905
Embarque	Carreta	00:01:55	1,91905
Embarque	Carreta	00:01:59	1,98571
Embarque	Carreta	00:02:02	2,03571
Embarque	Carreta	00:02:12	2,20238
Embarque	Carreta	00:01:57	1,95238

**Tabela I.10 – Tempos de movimentação da carreta da área 3 até o costado**

## ANEXO I

### TABELA DOS DADOS COLETADOS EM CAMPO

Análise da operação de Importação

Operação: Movimentação de volta para importação e volta para exportação

Operação	Equipamento	Tempo de Operação	Dado Estatístico (minutos)
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:10	1,16667
Desembarque/Embarque	Carreta	00:02:30	2,50000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:02:10	2,16667
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:30	1,50000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:20	1,33333
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:05	1,08333
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:40	1,66667
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:20	1,33333
Desembarque/Embarque	Carreta	00:02:10	2,16667
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:30	1,50000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:02:00	2,00000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:02:00	2,00000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:02:15	2,25000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:21	1,35000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:30	1,50000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:10	1,16667
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:20	1,33333
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:30	1,50000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:30	1,50000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:50	1,83333
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:48	1,80000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:50	1,83333
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:00	1,00000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:20	1,33333
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:20	1,33333
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:20	1,33333
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:20	1,33333
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:20	1,33333
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:30	1,50000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:30	1,50000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:25	1,41667
Desembarque/Embarque	Carreta	00:02:00	2,00000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:02:00	2,00000
Desembarque/Embarque	Carreta	00:01:50	1,83333

**Tabela I.11 – Tempos de movimentação de volta da exportação e de volta da importação**

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE IMPORTAÇÃO:

Importação cenário C4-R1-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4831,64		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,3546	0,0000	3,6173	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2406	0,0000	2,7115	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	87,06%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	61,99%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	97,91%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,2202	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1494	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,6105	-	-	3000

Importação cenário C4-R1-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4857,64		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,3672	0,0000	3,6571	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2812	0,0000	3,4698	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	86,74%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	62,44%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	97,86%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,2268	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1736	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,6192	-	-	3000

Importação cenário C4-R1-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4803,83		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,3915	0,0000	3,7662	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2721	0,0000	2,6161	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	87,68%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	62,50%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	97,91%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,2445	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1699	0,0000	3,0000	-

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE IMPORTAÇÃO:

Importação cenário C4-R2-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4130,72		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,1643	0,0000	4,4216	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,0210	0,0000	1,3543	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	97,66%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	36,24%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	57,56%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,8457	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,0153	0,0000	2,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,3769	-	-	3000

Importação cenário C4-R2-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4121,16		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,1534	0,0000	4,5775	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,0243	0,0000	1,5470	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	97,66%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	36,37%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	57,90%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,8396	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,0177	0,0000	2,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,3737	-	-	3000

Importação cenário C4-R2-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4102,67		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,1577	0,0000	4,7053	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,0219	0,0000	1,2679	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	97,74%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	36,57%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	57,52%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,8466	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,0160	0,0000	2,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,3676	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE IMPORTAÇÃO:

Importação cenário C6-R1-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4794,68		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0005	0,0000	0,9937	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2834	0,0000	4,2612	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	58,76%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	62,28%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,86%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0003	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1773	0,0000	4,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5982	-	-	3000

Importação cenário C6-R1-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4721,03		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0002	0,0000	0,4956	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,3287	0,0000	3,1951	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	60,25%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,76%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,92%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0001	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,2089	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5737	-	-	3000

Importação cenário C6-R1-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4719,41		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0003	0,0000	0,3913	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2766	0,0000	3,1427	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	59,63%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,37%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0002	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1758	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5731	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE IMPORTAÇÃO:

Importação cenário C6-R2-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 2936,81		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,3672	0,0000	3,4256	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,5488	0,0000	1,3820	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	92,38%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	50,80%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	81,04%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,3751	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,0561	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,9789	-	-	3000

Importação cenário C6-R2-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 2936,66		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,3675	0,0000	3,1728	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,0630	0,0000	1,7251	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	91,99%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	50,77%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	81,03%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,3755	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,0643	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,9789	-	-	3000

Importação cenário C6-R2-P2					
Média das Replicações	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 2931,68		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,3689	0,0000	3,2195	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2248	0,0000	1,6132	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	92,36%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,09%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	80,92%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,3775	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,0616	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,9772	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE IMPORTAÇÃO:

Importação cenário C8-R1-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4793,70		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2845	0,0000	4,2612	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	44,09%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	62,31%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,86%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1781	0,0000	4,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5979	-	-	3000

Importação cenário C8-R1-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4720,18		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,3320	0,0000	3,4194	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	45,21%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,79%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,92%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,2110	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5734	-	-	3000

Importação cenário C8-R1-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4718,57		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2783	0,0000	3,7485	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	44,76%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,41%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1769	0,0000	4,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5729	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE IMPORTAÇÃO:

Importação cenário C8-R2-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) =		2467,97
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0547	0,0000	2,5742	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1138	0,0000	1,5343	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	82,90%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	60,59%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	96,43%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0664	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1384	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,8227	-	-	3000

Importação cenário C8-R2-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) =		2463,81
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0622	0,0000	1,9484	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1082	0,0000	1,8843	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	83,42%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	60,89%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,98%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0758	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1317	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,8213	-	-	3000

Importação cenário C8-R2-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) =		2461,03
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0631	0,0000	1,5501	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1214	0,0000	2,3533	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	82,97%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	60,72%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,89%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0769	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1480	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,8203	-	-	3000



## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE IMPORTAÇÃO:

Importação cenário C10-R1-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4793,70		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2845	0,0000	4,2612	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	35,27%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	62,31%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,86%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1781	0,0000	4,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5979	-	-	3000

Importação cenário C10-R1-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4720,18		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,3320	0,0000	3,4194	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	36,17%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,79%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,92%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,2110	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5734	-	-	3000

Importação cenário C10-R1-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4718,57		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2783	0,0000	3,7485	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	35,81%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,41%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1769	0,0000	4,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5729	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE IMPORTAÇÃO:

Importação cenário C10-R2-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 2382,29		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0170	0,0000	0,6782	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1266	0,0000	2,3039	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	68,89%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	62,74%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,62%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0022	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1594	0,0000	4,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,7941	-	-	3000

Importação cenário C10-R2-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 2387,30		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0010	0,0000	0,5150	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1366	0,0000	1,7909	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	69,26%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,02%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,65%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0013	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1716	0,0000	4,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,7958	-	-	3000

Importação cenário C10-R2-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 2381,99		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0015	0,0000	0,5930	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1229	0,0000	1,7486	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	68,88%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	62,10%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,66%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0019	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1548	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,7940	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE IMPORTAÇÃO:

Importação cenário C12-R1-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4793,70		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2845	0,0000	4,2600	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	29,39%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	62,31%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,86%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1781	0,0000	4,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5979	-	-	3000

Importação cenário C12-R1-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4720,18		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,3320	0,0000	3,4194	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	30,14%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,79%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,92%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,2110	0,0000	3,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5734	-	-	3000

Importação cenário C12-R1-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 4718,57		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,2783	0,0000	3,7485	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	29,84%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,41%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1769	0,0000	4,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,5729	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE IMPORTAÇÃO:

Importação cenário C12-R2-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 2378,61		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1367	0,0000	2,3039	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	57,65%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	62,85%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,74%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1724	0,0000	4,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,7929	-	-	3000

Importação cenário C12-R2-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 2367,94		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1537	0,0000	2,5747	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	58,32%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,49%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,70%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1947	0,0000	5,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,7893	-	-	3000

Importação cenário C12-R2-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 2367,38		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0000	0,0000	0,0000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	-	-	-	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	0,1391	0,0000	2,3394	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	57,77%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	63,16%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,75%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0000	0,0000	0,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	-	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	0,1763	0,0000	4,0000	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	0,7891	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE EXPORTAÇÃO:

Exportação cenário C4-R1-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3726,52		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0873	0,0000	1,8577	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	0,4731	0,0000	3,0749	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	82,04%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	92,83%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	90,32%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0703	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	0,3809	0,0000	3,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,2422	-	-	3000

Exportação cenário C4-R1-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3716,13		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0856	0,0000	2,0703	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	0,4976	0,0000	2,7251	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	82,20%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	92,97%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	91,02%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0691	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	0,4017	0,0000	3,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,2387	-	-	3000

Exportação cenário C4-R1-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3702,27		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0783	0,0000	2,3043	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	0,4684	0,0000	2,5726	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	82,00%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	93,55%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	90,69%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0634	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	0,3795	0,0000	3,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,2341	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE EXPORTAÇÃO:

Exportação cenário C4-R2-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3429,42		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,1249	0,0000	4,4420	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	0,9480	0,0000	3,0997	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	98,92%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	50,62%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	97,91%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9840	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	0,8293	0,0000	3,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1431	-	-	3000

Exportação cenário C4-R2-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3434,15		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,1322	0,0000	4,2024	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	0,9468	0,0000	3,1567	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	98,99%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	50,38%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	98,17%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9891	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	0,8271	0,0000	3,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1447	-	-	3000

Exportação cenário C4-R2-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3427,80		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,1293	0,0000	4,0448	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	0,9243	0,0000	3,3418	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	98,98%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	50,42%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	97,97%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9884	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	0,8089	0,0000	3,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1426	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE EXPORTAÇÃO:

Exportação cenário C6-R1-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3565,98		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0297	0,0000	2,0264	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	1,7363	0,0000	4,9862	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	74,45%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	97,36%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	94,80%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0250	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	1,4607	0,0000	5,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1887	-	-	3000

Exportação cenário C6-R1-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3553,16		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0262	0,0000	1,7409	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	1,6027	0,0000	4,6468	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	72,99%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	97,62%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	94,86%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0221	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	1,3532	0,0000	5,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1844	-	-	3000

Exportação cenário C6-R1-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3531,02		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0218	0,0000	1,7342	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	1,6333	0,0000	4,7860	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	73,89%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	98,01%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	94,90%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0185	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	1,3876	0,0000	5,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1770	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE EXPORTAÇÃO:

Exportação cenário C6-R2-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3378,03		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0935	0,0000	4,2327	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	3,0426	0,0000	5,5435	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	98,24%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,24%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,86%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9711	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	2,7021	0,0000	6,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1260	-	-	3000

Exportação cenário C6-R2-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3375,61		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0918	0,0000	3,8645	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	3,0934	0,0000	5,4345	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	99,02%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,26%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,90%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9704	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	2,7491	0,0000	5,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1252	-	-	3000

Exportação cenário C6-R2-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3370,96		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0877	0,0000	4,1425	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	3,0931	0,0000	5,6968	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	98,84%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,36%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,90%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9681	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	2,7527	0,0000	5,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1237	-	-	3000



## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE EXPORTAÇÃO:

Exportação cenário C8-R1-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3543,58		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0230	0,0000	1,8606	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	3,4202	0,0000	6,9916	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	74,14%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	97,85%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,12%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0194	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	2,8955	0,0000	7,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1812	-	-	3000

Exportação cenário C8-R1-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3534,82		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,1843	0,0000	1,7644	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	3,0582	0,0000	7,1602	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	70,50%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	98,21%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,19%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0156	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	2,5954	0,0000	7,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1783	-	-	3000

Exportação cenário C8-R1-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3526,95		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0198	0,0000	1,9502	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	3,3690	0,0000	6,7271	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	73,94%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	98,10%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,11%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0169	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	2,8657	0,0000	6,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1757	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE EXPORTAÇÃO:

Exportação cenário C8-R2-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3359,43		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0783	0,0000	4,0370	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	5,1157	0,0000	8,3233	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	97,31%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,54%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,84%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9630	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	4,5684	0,0000	7,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1198	-	-	3000

Exportação cenário C8-R2-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3371,46		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0850	0,0000	4,5452	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	5,2823	0,0000	7,9929	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	98,65%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,43%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,91%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9655	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	4,7003	0,0000	7,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1238	-	-	3000

Exportação cenário C8-R2-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3375,80		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0924	0,0000	4,4193	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	5,2825	0,0000	8,1126	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	98,16%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,16%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9708	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	4,6945	0,0000	8,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1253	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE EXPORTAÇÃO:

Exportação cenário C10-R1-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3543,91		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0240	0,0000	1,9078	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	5,4223	0,0000	9,9603	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	76,20%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	97,67%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,21%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0203	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	4,5901	0,0000	9,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1813	-	-	3000

Exportação cenário C10-R1-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3526,62		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0182	0,0000	2,5000	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	5,1655	0,0000	9,2044	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	74,43%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	98,18%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,34%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0155	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	4,3941	0,0000	9,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1755	-	-	3000

Exportação cenário C10-R1-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3535,69		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0270	0,0000	1,5095	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	5,7672	0,0000	9,3803	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	79,39%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	97,43%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,19%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0229	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	4,8934	0,0000	8,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1786	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE EXPORTAÇÃO:

Exportação cenário C10-R2-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3358,16		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0755	0,0000	4,3365	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	7,2413	0,0000	10,6290	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	96,77%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,62%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,83%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9608	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	6,4690	0,0000	10,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1194	-	-	3000

Exportação cenário C10-R2-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3384,60		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0915	0,0000	4,4647	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	7,5423	0,0000	10,2970	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	98,59%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,27%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,90%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9675	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	6,6853	0,0000	10,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1282	-	-	3000

Exportação cenário C10-R2-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3376,28		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0920	0,0000	3,9190	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	7,3903	0,0000	10,7310	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	97,49%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,13%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,90%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9704	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	6,5666	0,0000	9,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1254	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE EXPORTAÇÃO:

Exportação cenário C12-R1-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3537,55		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0176	0,0000	1,6589	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	7,2448	0,0000	12,0200	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	76,43%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	98,15%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,21%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0149	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	6,1439	0,0000	10,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1792	-	-	3000

Exportação cenário C12-R1-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3538,78		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0208	0,0000	1,7170	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	7,2665	0,0000	11,8970	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	76,71%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	97,88%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,38%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0176	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	6,1602	0,0000	10,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1796	-	-	3000

Exportação cenário C12-R1-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3524,89		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	0,0190	0,0000	1,7128	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	7,4695	0,0000	11,5690	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	78,47%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	98,05%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	95,19%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,0162	0,0000	1,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	6,3572	0,0000	10,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1750	-	-	3000

## ANEXO II

## TABELAS DE REPLICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES DE EXPORTAÇÃO:

Exportação cenário C12-R2-P2					
1ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3382,22		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0887	0,0000	4,4912	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	9,4776	0,0000	12,7160	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	96,42%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,29%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,85%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9658	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	8,4066	0,0000	11,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1274	-	-	3000

Exportação cenário C12-R2-P2					
2ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3386,09		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0922	0,0000	3,9973	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	9,7343	0,0000	14,1040	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	98,29%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,24%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,91%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9677	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	8,6244	0,0000	11,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1287	-	-	3000

Exportação cenário C12-R2-P2					
3ª Replicação	Unidade de tempo em minutos		Tempo total da operação (min) = 3348,11		
Itens de Controle	UND	Média	Mínimo	Máximo	Nº de Observações
Tempos de espera pela operação da Carreta	Min	1,0712	0,0000	3,9842	3000
Tempos de espera para operar no Portainer	Min	9,4110	0,0000	12,7680	3000
Tempos de espera para operar no Reach Stacker	Min	-	-	-	3000
Taxa de utilização da Carreta	%	96,95%	-	-	-
Taxa de utilização do Reach Stacker	%	51,59%	-	-	-
Taxa de utilização do Portainer	%	99,88%	-	-	-
Nº de Containeres esperando na fila da Carreta	Qtd	0,9599	0,0000	2,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Portainer	Qtd	8,4325	0,0000	11,0000	-
Nº de Containeres esperando na fila do Reach Stacker	Qtd	-	-	-	-
Tempo médio total de operação por Contêiner	Min	1,1160	-	-	3000

## ANEXO III

TABELA DE VALORES DE COMPARAÇÃO PARA  
*Chi-quadrado e Kolmogorov-Smirnov*

Valores de $\chi^2$ para v graus de liberdade					
v	0,995	0,990	0,975	0,950	0,900
1	7,88	6,63	5,02	3,84	2,71
2	10,60	9,21	7,38	5,99	4,61
3	12,84	11,34	9,35	7,81	6,25
4	14,96	13,28	11,14	9,49	7,78
5	16,70	15,10	12,80	11,10	9,20
6	18,50	16,80	14,40	12,60	10,60
7	20,30	18,50	16,00	14,10	12,00
8	22,00	20,10	17,50	15,50	13,40
9	23,60	21,70	19,00	16,90	14,70
10	25,20	23,20	20,50	18,30	16,00
11	26,80	24,70	21,90	19,70	17,30
12	28,30	26,20	23,30	21,00	18,50
13	29,80	27,70	24,70	22,40	19,80
14	31,30	29,10	26,10	23,70	21,10
15	32,80	30,60	27,50	25,00	22,30
16	34,30	32,00	28,80	26,30	23,50
17	35,70	33,40	30,20	27,60	24,80
18	37,20	34,80	31,50	28,90	26,00
19	38,60	36,20	32,90	31,10	27,20
20	40,00	37,60	34,20	31,40	28,40
21	41,40	38,90	35,50	32,70	29,60
22	42,80	40,30	36,80	33,90	30,80
23	44,20	41,60	38,10	35,20	32,00
24	45,60	43,00	39,40	36,40	33,20
25	46,90	44,30	40,60	37,70	34,40
26	48,30	45,60	41,90	38,90	35,60
27	49,60	47,00	43,20	40,10	36,70
28	51,00	48,30	44,50	41,30	37,90
29	52,30	49,60	45,70	42,60	39,10
30	53,70	50,90	47,00	43,80	40,30
40	66,80	63,70	59,30	55,80	51,80
50	79,50	76,20	71,40	67,50	63,20
60	92,00	88,40	83,30	79,10	74,40
70	104,20	100,40	95,00	90,50	85,50
80	116,30	112,30	106,60	101,90	96,60
90	128,30	124,10	118,10	113,10	107,60
100	140,20	135,80	129,60	124,30	118,50

Valores Críticos de K-S			
N graus de liberdade	0,10	0,05	0,01
1	0,950	0,975	0,995
2	0,776	0,842	0,929
3	0,642	0,708	0,828
4	0,564	0,624	0,733
5	0,510	0,565	0,669
6	0,470	0,521	0,618
7	0,438	0,486	0,577
8	0,411	0,457	0,543
9	0,388	0,432	0,514
10	0,368	0,410	0,490
11	0,352	0,391	0,468
12	0,338	0,375	0,450
13	0,325	0,361	0,433
14	0,314	0,349	0,418
15	0,304	0,338	0,404
16	0,295	0,328	0,392
17	0,286	0,318	0,381
18	0,278	0,309	0,371
19	0,272	0,301	0,363
20	0,264	0,294	0,356
25	0,240	0,270	0,320
30	0,220	0,240	0,290
35	0,210	0,230	0,270

## ANEXO IV

## TABELA COM OS VALORES DE t PARA VERIFICAÇÃO DA CONFIABILIDADE ESTATÍSTICA

Valores de t para v graus de liberdade					
v	0,995	0,990	0,975	0,950	0,900
1	63,66	31,82	12,71	6,31	3,08
2	9,92	6,96	4,30	2,92	1,89
3	5,84	4,54	3,18	2,35	1,64
4	4,60	3,75	2,78	2,13	1,53
5	4,03	3,36	2,57	2,02	1,48
6	3,71	3,14	2,45	1,94	1,44
7	3,50	3,00	2,36	1,90	1,42
8	3,36	2,90	2,31	1,86	1,40
9	3,25	2,82	2,26	1,83	1,38
10	3,17	2,76	2,23	1,81	1,37
11	3,11	2,72	2,20	1,80	1,36
12	3,06	2,68	2,18	1,78	1,36
13	3,01	2,65	2,16	1,77	1,35
14	2,98	2,62	2,14	1,76	1,34
15	2,95	2,60	2,13	1,75	1,34
16	2,92	2,58	2,12	1,75	1,34
17	2,90	2,57	2,11	1,74	1,33
18	2,88	2,55	2,10	1,73	1,33
19	2,86	2,54	2,09	1,73	1,33
20	2,84	2,53	2,09	1,72	1,32
21	2,83	2,52	2,08	1,72	1,32
22	2,82	2,51	2,07	1,72	1,32
23	2,81	2,50	2,07	1,71	1,32
24	2,80	2,49	2,06	1,71	1,32
25	2,79	2,48	2,06	1,71	1,32
26	2,78	2,48	2,06	1,71	1,32
27	2,77	2,47	2,06	1,70	1,31
28	2,76	2,47	2,05	1,70	1,31
29	2,76	2,46	2,04	1,70	1,31
30	2,75	2,46	2,04	1,70	1,31
40	2,70	2,42	2,02	1,68	1,30
60	2,66	2,39	2,00	1,67	1,30
120	2,62	2,36	1,98	1,66	1,29
>120	2,58	2,33	1,96	1,65	1,28



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)