



**Annibal Theophilo da Silva Rodrigues Junior**

**Um Modelo de Simulação para a Saída de Contêineres de  
Importação de Terminal Portuário com Janelas de Tempo**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
graduação em Engenharia de Produção do Departamento  
de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Nélio Domingues Pizzolato

Rio de Janeiro  
março de 2009



**Annibal Theophilo da Silva Rodrigues Junior**

**Um Modelo de Simulação para a Saída de Contêineres de  
Importação de Terminal Portuário com Janelas de Tempo**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Nélio Domingues Pizzolato**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Eugênio Kahn Epprecht**

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Paulo Henrique Soto Costa**

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. José Eugênio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 23 de março de 2009

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Annibal Theophilo da Silva Rodrigues Junior**

Graduou-se em Engenharia Metalúrgica com especialização em Engenharia Industrial na PUC-Rio em 1977. Cursou Mestrado *stricto sensu* em Engenharia de Produção – Área de Concentração: Pesquisa Operacional na Coppe/UFRJ no período 1980/1981 onde cumpriu todos os créditos, sem apresentar dissertação. Após este período, trabalhou em empresas diversas em cargos técnicos ou gerenciais, de setor privado ou público, propondo e desenvolvendo sistemas de apoio a decisão e ministrando treinamento em técnicas/metodologias diversas de Administração.

### **Ficha Catalográfica**

Rodrigues Junior, Annibal Theophilo da Silva

Um modelo de simulação para a saída de contêineres de importação de terminal portuário com janelas de tempo / Annibal Theophilo da Silva Rodrigues Junior ; orientador: Nélio Domingues Pizzolato. – 2009.

92 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial)– Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Simulação. 3. Terminal portuário. 4. Terminal de contêineres. 5. Gestão de contêineres de importação. 6. Janelas de tempo. I. Pizzolato, Nélio Domingues. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

## Agradecimentos

A meus pais – Annibal e Aida, a minha esposa Marcia e meus filhos – Ana Carolina, Juliana e Daniel e a meu irmão Jorge Adolfo “Pedroca”, pelo aprendizado, apoio, incentivo e agradável convívio, que vem tornando esta jornada possível;

Ao meu orientador Professor Nélio Domingues Pizzolato, pela amizade, apoio na concepção e parceria nesta Dissertação;

Aos Professores do Departamento de Engenharia Industrial desta Instituição que, cada qual a seu modo, ministrando aulas ou não, transmitiram ensinamentos que, com satisfação, levo comigo adiante;

À Libra Terminais Rio, pelo fornecimento do problema, motivação desta pesquisa, pelo atendimento cordial e disponibilização de dados, sempre que possível;

Ao Professor Leonardo Lustosa, pelos *insights* e divagações objetivas transmitidas ao longo deste Mestrado;

A todos os funcionários do Departamento, sempre atenciosos e pró-ativos no atendimento a nossas demandas;

## Resumo

Rodrigues Junior, Annibal Theophilo da Silva; Pizzolato, Nélio Domingues (Orientador). **Um Modelo de Simulação para a Saída de Contêineres de Importação de Terminal Portuário com Janelas de Tempo**. Rio de Janeiro, 2009. 92p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nesta dissertação aborda-se um problema pouco estudado - o processo de planejamento/programação de saída de contêineres de importação, movimentados por *reach stackers*. Clientes pré-agendam a retirada de seus contêineres em janelas de tempo de duas horas, sem especificação de horário. Efetua-se a pré-segregação dos contêineres na noite anterior à da efetiva entrega, com a formação de pilhas por faixa de horário e área *buffer* para a movimentação. A proposta deste trabalho é identificar e avaliar comparativamente as variáveis de desempenho envolvidas no atendimento de um máximo de 30 contêineres em cada janela de tempo, estruturados em seis pilhas de cinco contêineres de altura cada. São analisadas duas regras de sequenciamento diversas: (a) Primeiro a entrar, primeiro a sair (PEPS) e (b) Tempo de processamento mínimo (SPT) ou Movimentação Mínima (que se confundem neste problema). O modelo é necessariamente de simulação, uma vez que o processo em estudo envolve a movimentação de pilhas de contêineres (formadas aleatoriamente), com acesso por equipamentos *stackers* (segundo políticas de acesso típicas), e chegada das carretas com ordenamento aleatório, segundo distribuição própria. Com a aplicação do modelo, conclui-se que, num regime de atendimento PEPS, a janela de tempo de duas horas é insuficiente para atender à demanda de 30 (trinta) contêineres em um regime de chegada segundo Poisson. Já no segundo regime de atendimento estudado, com atendimento seletivo de fila de espera segundo critério decisório de movimentação mínima esperada, os resultados foram bastantes mais promissores embora insuficientes ao atendimento das carretas, em média, na janela de tempo disponibilizada e nas condições operacionais oferecidas pela instalação. Cenários outros foram simulados e seus resultados devidamente avaliados.

## Palavras-chave

Simulação; terminal portuário; terminal de contêineres; gestão de contêineres de importação; janelas de tempo.

## Abstract

Rodrigues Junior, Annibal Theophilo da Silva; Pizzolato, Nélio Domingues (Advisor). **A Simulation Model for Picking up Inbound Containers with Time Windows in a Port Terminal**. Rio de Janeiro, 2009. 92p. M.Sc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In this work, the focus is on a rarely studied problem in the technical literature - the inbound containers (importation) process delivery, with reach stackers for moving the containers. In this process, customers schedule their containers withdrawal in one of the several allowable time windows - two hours time, without fixed arrival order. Containers pre-segregation occurs in the night before the effective delivery day. Thirty containers are stacked by time windows in six stacks five containers high and a buffer area allocated for subsidiary movements. The purpose of this work is to identify and to evaluate comparatively the key performance indicators associated with the thirty containers maximum delivery levels in each time window. The model is necessarily a simulation one, because it involves the container stack packing (random), its access and movement by *reach stacker* equipment (with typical access policies) and the truck arrival for withdrawing the container (also random). Two different sequencing rules are compared – first in, first out (FIFO) and smallest processing time (SPT). Solving the model in a FIFO delivery discipline, the conclusion is that the two hours time window is insufficient to deal with the 30 (thirty) containers delivery in a Poisson process arriving trucks. The second delivery system studied - a decision process applied in the waiting queue (based on selecting the container with the minimal expected unproductive movements), more promising results have been obtained, although insufficient to pick up all the containers. Alternative scenarios were then offered to solve the problem.

## Keywords

Simulation; port terminal; containers terminal; import containers management; time windows.

## Sumário

1	Introdução	11
1.1.	Contextualização	11
1.2.	Objetivos geral e específicos	16
1.3.	Relevância da pesquisa	17
1.4.	Estrutura da dissertação	19
2	O Problema em Estudo	21
2.1.	Delimitações do ambiente	21
2.2.	Premissas operacionais do processo atualmente vigente	26
2.3.	Premissas operacionais do novo processo (em estudo)	26
2.4.	Análise de Regras de Seqüenciamento/Despacho	29
2.5.	Outros fatores relevantes	31
3	O Problema do Empilhamento	33
4	Levantamento de dados operacionais preliminares	39
4.1.	Distribuição estatística de tempos de atendimento	39
4.2.	Distribuição estatística de taxas de chegadas	41
4.3.	Previsão de Demanda	43
5	O Modelo de simulação	44
5.1.	A Seleção do Ambiente de Desenvolvimento	44
5.2.	A Estrutura Excel, Base dos Modelos de Simulação	46
5.2.1.	A Geração de eventos estatísticos	47
5.2.2.	A Movimentação lógica das estruturas de pilhas	47
5.2.3.	A Estrutura do arquivo de movimentação de contêineres	50
5.2.4.	A Fila de Transferência de Contêineres de movimentações improdutivas	52
5.2.5.	A última pilha ativa	52
5.3.	Visão Geral do Modelo de Simulação	53
5.4.	Premissas operacionais utilizadas na modelagem	55

5.5. Fluxo do modelo base de simulação para os dois regimes-PEPS e MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA	55
5.6. Modelo lógico do regime PEPS (1º a entrar, 1º a sair)	56
5.7. Modelo lógico do regime MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA	56
6 Análise de resultados	58
6. 1. Análise crítica entre os regimes: PEPS X MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA	58
6. 2. Análise do regime MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA para atender ao processo	61
7 Análise de variáveis relevantes e cenários do modelo	64
7.0. Introdução	64
7.1. Estudo da variável do modelo: E [intervalo entre chegadas de carretas]	65
7.2. Estudo da variável do modelo: taxa de serviço às carretas ( $\mu$ da distribuição normal $N(\mu, 0,1667)$ )	66
7.3 Análise específica: o cenário 1B	67
7.4 Análise específica: o cenário 2B	70
8 Conclusões e Sugestões	72
8.1. Objetivos geral e específico	72
8.2. O processo com o regime MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA	72
8.3. Comparação entre equipamentos RTGC's e RMGC's versus <i>reach stackers</i> no processo com regime MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA	74
8.4. Novos desenvolvimentos propostos/ Considerações finais	75
Bibliografia	76
Glossário	78
Apêndice 1 – Modelo VBA Excel + ARENA (Regime PEPS)	79
Apêndice 2 – Geração de Variáveis Aleatórias	85



Apêndice 3 – Quadros complementares de resultados 86

Apêndice 4 – Resultados de Testes de Aderência (software BestFit 4.5) 87

*... embora Ninguém possa voltar atrás e  
fazer um Novo Começo,  
Qualquer Um pode começar agora e fazer um Novo Fim.  
Francisco Cândido Xavier.*