

**LUCAS PINHEIRO DA SILVA NETO**

**PROGRAMAÇÃO DAS ATIVIDADES DE REPARO EM UM  
TERMINAL DE CONTÊINERES**

**Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do Diploma  
de Engenheiro de Produção**

**São Paulo**

**2006**

**LUCAS PINHEIRO DA SILVA NETO**

**PROGRAMAÇÃO DAS ATIVIDADES DE REPARO EM UM  
TERMINAL DE CONTÊINERES**

**Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do Diploma  
de Engenheiro de Produção**

**Orientador:**

**Prof. Dr. Marco Aurélio de Mesquita**

**São Paulo**

**2006**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Silva Neto, Lucas Pinheiro da

Programação das Atividades de Reparo em um Terminal de Contêineres / Lucas Pinheiro da Silva Neto. -- São Paulo, 2006.

1v.

Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Administração da produção 2. Contêiner 3. Pesquisa operacional 4. Programação da produção 5. Transporte marítimo I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

---

*Aos meus pais e minha irmã,  
fontes de amor e motivação.  
Ao meu avô, FRANCISCO, in memoriam,  
pelos exemplos de vida, dedicação e generosidade.*

---

---

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Marco Aurélio de Mesquita, pela excelente orientação, compreensão, dedicação e aprendizado, não somente ao longo da realização deste Trabalho, mas também durante as aulas.

Ao Grupo Hamburg Süd, pela oportunidade de estágio e confiança, que permitiram a elaboração deste Trabalho e o meu ingresso no mercado profissional.

A todos do Departamento de Logística da Hamburg Süd, pela paciência e conhecimentos adquiridos ao longo desses meses.

Em especial, ao Gustavo Costa, pela ajuda na definição do tema e incentivo ao desenvolvimento deste Trabalho.

Aos funcionários do Terminal Rocha Top, Guarujá, pela atenção e auxílio durante o andamento deste Trabalho.

Ao Professor André Bergsten, pelas dicas e contribuições.

À Comunidade Politécnica, em especial, aos alunos, docentes e funcionários do Departamento de Engenharia de Produção, por terem contribuído significativamente para a minha formação pessoal e profissional.

Aos meus amigos inseparáveis de POLI, André Lucato, David Vicentin, Diogo Martins, Enrico Ferri, Mauro Campacci e Rodrigo Valillo, pela amizade, companheirismo e, principalmente, momentos de descontração vivenciados durante esses cinco anos.

Aos demais amigos, que compartilharam cada momento da minha jornada, fornecendo apoio e conselhos.

Aos meus pais e minha família, fontes incondicionais de amor e carinho, que me propiciaram as oportunidades, os valores de Ser Humano, e a compreensão nos momentos de ausência e dificuldade.

Finalmente, porém não menos importante, agradeço a Deus pela minha vida.

---

---

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de programação das atividades de reparo em um terminal de contêineres, empregado como depósito de contêineres vazios utilizados no transporte marítimo. O resultado fornecido pelo modelo é a seqüência de contêineres que devem ser posicionados e reparados nas oficinas do terminal, utilizando-se como critério de desempenho a minimização do atraso na liberação dos contêineres.

O ambiente de estudo foi definido como um modelo de máquinas paralelas, ou seja, diversas equipes de trabalho (linhas) dispostas em paralelo. Tais equipes são compostas por operadores (reparadores) que são responsáveis pela realização dos reparos.

Sendo assim, foi proposto um modelo que utiliza regras de priorização para fornecer uma solução viável para o problema de seqüenciamento dos contêineres nas oficinas.

Também foram realizadas análises que utilizam como referência o cenário atual do ambiente de estudo, permitindo avaliar os impactos e vantagens da aplicação deste modelo como solução do problema proposto.

---

---

## **ABSTRACT**

This work aims to propose a scheduling model for the repair shops operated by a container yard used as a depot in the shipping business. The output of this model is the sequence of containers to be positioned and repaired in the repair shops. The model's performance criterion is to minimize container release tardiness at gate-out.

The study environment has been defined as a parallel machine model, in others words, a group of teamwork set in parallel, whose operators (repairers) are in charge of performing the container repairs.

Thus, a model based on priority rules has been used to provide a feasible solution for the problem of container scheduling at the repair shops.

Several analyses have been made in order to evaluate impact and advantages due to application of this model to solve the problem. The analyses have used the current study environment scenario as a basis.

---

---

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Navios porta-contêineres da HSUD utilizados em serviços de linhas regulares _____	16
<b>Figura 2</b> - Principais serviços regulares para o transporte marítimo de contêineres	17
<b>Figura 3</b> - Navio tanque utilizado no transporte de petróleo e outros granéis líquidos _____	19
<b>Figura 4</b> - Contêineres armazenados e em reparo no TCV _____	21
<b>Figura 5</b> - Exemplos de aplicação e funcionalidade do contêiner _____	21
<b>Figura 6</b> - Principais tipos de contêineres utilizados no transporte marítimo _____	23
<b>Figura 7</b> - Vista geral da Baía e do canal do Porto de Santos _____	24
<b>Figura 8</b> - Vistas aéreas do TP e operação de descarga de um contêiner frigorífico	25
<b>Figura 9</b> - Principais fluxos da logística de contêineres _____	26
<b>Figura 10</b> - Navio atracado no TP em operação de carga e descarga de contêineres _____	27
<b>Figura 11</b> - Vista aérea do TCV _____	30
<b>Figura 12</b> - Fluxo de contêineres através dos processos do TCV _____	31
<b>Figura 13</b> - Caminhões com contêineres vazios aguardando autorização de entrada no TCV _____	33
<b>Figura 14</b> - Contêineres frigoríficos posicionados em plataforma própria para PTI	35
<b>Figura 15</b> - Contêineres posicionados em oficina para execução de reparos estruturais _____	36
<b>Figura 16</b> - Contêineres armazenados em pilhas (com até 5 contêineres de altura) de acordo com o seu <i>status</i> _____	38

---

---

<b>Figura 17</b> - Contêiner sendo colocado sobre o caminhão para liberação e saída do TCV _____	39
<b>Figura 18</b> - Arranjo físico da oficina dedicada aos reparos de contêineres <i>dry</i> ____	42
<b>Figura 19</b> - Arranjo físico da oficina dedicada aos reparos de contêineres <i>reefer</i> __	43
<b>Figura 20</b> - Hierarquia de planejamento em ambientes de produção _____	49
<b>Figura 21</b> - Exemplo dos dados de saída do modelo dispostos como gráfico de Gantt _____	65
<b>Figura 22</b> - Exemplo da tabela de saída do modelo, com a seqüência de entrada dos contêineres nas oficinas e as suas respectivas posições de reparo _____	66
<b>Figura 23</b> - Ambiente de desenvolvimento do modelo de programação em Visual Basic® _____	67
<b>Figura 24</b> - Exemplo dos resultados obtidos para validação do modelo, com os atrasos calculados para cada regra de priorização avaliada _____	71
<b>Figura 25</b> - Principais tipos de contêineres operados pela HSUD _____	81

---

---

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de funcionários e faturamento da HSUD para o Brasil *	15
Tabela 2 - Histórico de entrada e saída de contêineres para o TCV utilizado na modelagem *	45
Tabela 3 - Histórico de entrada e contêineres avariados para o TCV utilizado na modelagem *	46
Tabela 4 - Exemplo dos dados de entrada do modelo	64
Tabela 5 - Atrasos médios obtidos para cada regra de priorização avaliada	70
Tabela 6 - Atrasos médios das regras avaliadas para o modelo de programação	73

---

---

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EDD	<i>Earliest Due Date</i>
FIFO	<i>First In First Out</i>
HSUD	Hamburg Süd
IICL	<i>Institute of International Container Lessors</i>
LPT	<i>Longest Processing Time</i>
M&R	Manutenção e Reparo
PTI	<i>Pre-Trip Inspection</i>
SPT	<i>Shortest Processing Time</i>
TEU	<i>Twenty-foot Equivalent Unit</i> – Unidade equivalente a um contêiner de 20 pés
TP	Terminal Portuário
TCV	Terminal de Contêineres Vazios

---

---

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	A Hamburg Süd	14
1.1.1	Atuação em Transporte Marítimo	16
1.2	A Containerização	20
1.2.1	O Contêiner no Brasil	24
1.3	A Logística do Contêiner Vazio	26
<b>2</b>	<b>FORMULAÇÃO DO PROBLEMA</b>	<b>29</b>
2.1	O Estágio	29
2.2	O Terminal de Contêineres Vazios (TCV)	29
2.2.1	Pré-vistoria	32
2.2.2	Entrada ( <i>Gate-in</i> )	32
2.2.3	Vistoria	33
2.2.4	Reparo	35
2.2.5	Lavagem	37
2.2.6	Armazenagem	37
2.2.7	Saída ( <i>Gate-Out</i> )	38
2.3	O Problema da Programação das Atividades de Reparo	39
2.3.1	Objetivos do Trabalho	40
2.3.2	Estrutura do Trabalho	41
2.3.3	Levantamento de Dados	41
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>49</b>
3.1	Hierarquia de Planejamento	49
3.2	Teoria Clássica de Programação ( <i>Scheduling</i> )	51
3.2.1	Métodos de Solução em <i>Scheduling</i>	53

---

---

3.3	Prazos de Entrega	54
3.4	Métodos de Solução para a Programação do TCV	56
3.5	Regras de Priorização	57
4	<b><u>O MODELO DE PROGRAMAÇÃO</u></b>	<b>59</b>
4.1	O Método de Modelagem	59
4.2	Estrutura e Lógica do Modelo	60
4.3	Descrição do Modelo	63
4.4	Implementação Computacional	67
5	<b><u>VALIDAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</u></b>	<b>69</b>
5.1	Validação do Modelo	69
5.1.1	Resultados Preliminares	70
5.2	O Modelo como Ferramenta de Programação do TCV	72
5.3	Resultados	73
6	<b><u>CONCLUSÕES</u></b>	<b>76</b>
	<b><u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u></b>	<b>79</b>
	<b><u>ANEXOS</u></b>	<b>81</b>

---

# **CAPÍTULO 1**

---

## **INTRODUÇÃO**

## **1 INTRODUÇÃO**

Este trabalho aborda a operação de um Terminal de Contêineres Vazios (TCV), administrado por um prestador de serviços contratado pelo Grupo Hamburg Süd (HSUD) e utilizado para armazenagem, Manutenção e Reparo (M&R) de contêineres.

Neste capítulo, é feita uma apresentação da HSUD e do advento da containerização. Em seguida, também é feita uma breve abordagem das atividades que envolvem a Logística do Contêiner Vazio, contexto no qual o TCV está inserido.

### **1.1 A Hamburg Süd**

A HSUD é uma empresa de navegação pertencente a um grupo alemão, o Grupo *Oetker*, que tem atuação em diferentes setores de negócios:

- Alimentos
- Cervejaria e Bebidas Não-Alcoólicas
- Navegação
- Serviços Financeiros
- Hotelaria
- Outros

Atualmente, a HSUD é uma das maiores provedoras de soluções logísticas em transporte marítimo internacional e cabotagem (navegação marítima costeira dentro de um mesmo país) na costa brasileira, operando uma frota de

---

## Capítulo 1 - Introdução

---

aproximadamente 150 navios e cerca de 200.000 contêineres de diversos tipos e configurações para atender o mercado.

Nas últimas décadas, o grupo desenvolveu-se como uma organização internacional de transporte marítimo e terrestre de cargas (intermodalismo) e gerenciamento logístico, dedicada a oferecer soluções customizadas para seus clientes.

Abaixo, são apresentados o número de funcionários e o faturamento do Grupo HSUD para o Brasil e o mercado mundial.

**Tabela 1** - Número de funcionários e faturamento da HSUD para o Brasil \*

<b>Funcionários</b>	<b>Brasil</b>	<b>Mundo</b>
Em terra	600	2.900
A bordo	400	1.100
<b>Total</b>	<b>1.000</b>	<b>4.000</b>
<b>Faturamento</b>	<b>Brasil (US\$ mi.)</b>	<b>Mundo (US\$ bi.)</b>
<i>Liner Shipping</i>	750,0	3,0
<i>Tramp Shipping</i>	50,0	0,5
<b>Total</b>	<b>800,0</b>	<b>3,5</b>

\* Valores aproximados (ano base 2005).

Fonte: HSUD

Com este faturamento, a companhia ocupa a 143ª posição no Ranking Geral do Guia Exame “500 Melhores e Maiores 2005“, e a 1ª posição em Transporte Marítimo de acordo com este mesmo guia.

Com a aquisição de outras companhias de navegação, entre elas a Aliança no Brasil (em 1998), a HSUD consolidou a sua posição como líder no transporte de contêineres entre os hemisférios Norte e Sul, estando presente especialmente nos países do Mercosul e Chile, assim como nos principais portos brasileiros: Rio Grande (RS), Itajaí (SC), São Francisco do Sul (SC), Paranaguá (PR), Santos (SP), Sepetiba (RJ), Rio de Janeiro (RJ), Vitória (ES), Salvador (BA), Suape (PE), Fortaleza (CE), Pecem (CE) e Manaus (AM).

---

## Capítulo 1 - Introdução

---

### 1.1.1 Atuação em Transporte Marítimo

A HSUD presta serviços de transporte marítimo nos seguintes segmentos: *Liner Shipping* e *Tramp Shipping*, os quais são descritos a seguir.

*Liner Shipping*, ou serviço de linha regular, consiste em uma frota de navios pertencentes ou gerenciados por uma empresa de navegação (armador) que fornece um serviço fixo, com intervalos regulares entre portos nomeados, cujo transporte de produtos (acondicionados em contêineres) nas áreas de influência dos portos estão disponíveis para embarque nas datas programadas de escala dos navios.



**Figura 1** - Navios porta-contêineres da HSUD utilizados em serviços de linhas regulares

A HSUD iniciou suas operações com serviços de linhas regulares em 1871, com três navios e serviços mensais conectando a Europa ao Brasil, e também à região Argentina de La Plata. Atualmente, a companhia possui cerca de 40 linhas regulares para o transporte de contêineres, interligando todos os continentes.

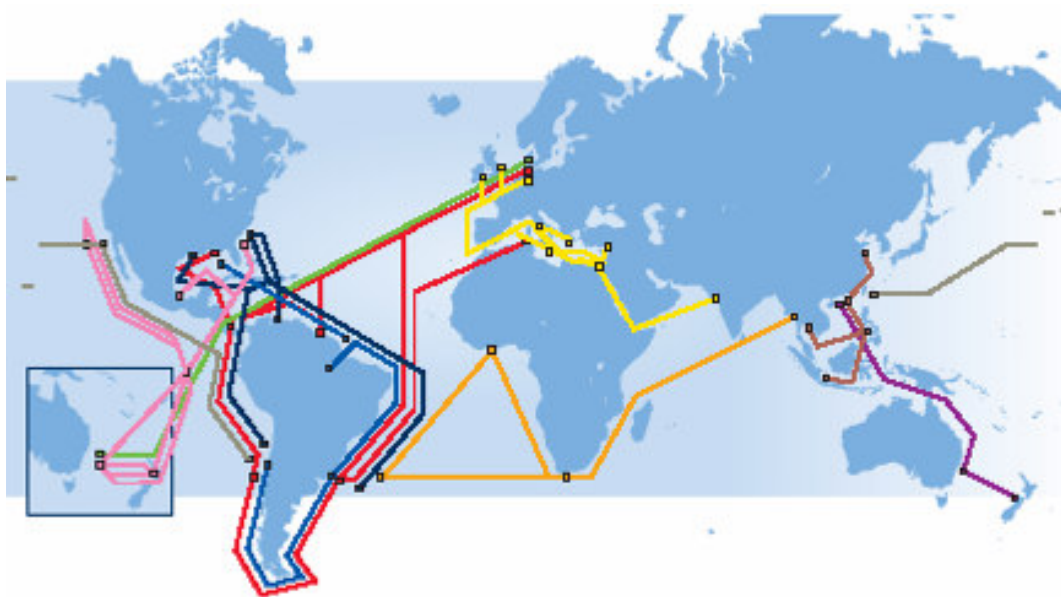
---

## Capítulo 1 - Introdução

---

Os principais serviços regulares oferecidos pela HSUD são:

- América do Sul ⇒ Europa
- América do Sul ⇒ América do Norte
- América do Sul ⇒ Mediterrâneo
- América do Sul ⇒ Ásia
- América do Sul ⇒ África do Sul e África Ocidental
- Europa / Mediterrâneo ⇒ América do Norte
- Europa / Mediterrâneo ⇒ Ásia
- Europa / Mediterrâneo ⇒ Índia e Paquistão
- Europa / Mediterrâneo ⇒ Austrália / Nova Zelândia
- Ilhas do Pacífico ⇒ Ásia e América do Norte



**Figura 2** - Principais serviços regulares para o transporte marítimo de contêineres

---

## Capítulo 1 - Introdução

---

Além do número de conexões e portos atendidos, o conhecimento dos aspectos e necessidades dos mercados regionais também são fundamentais para o transporte internacional de contêineres, assegurando os mais elevados padrões técnicos de excelência quanto à qualidade e confiabilidade.

Neste segmento, o portfólio de clientes é composto por empresas que lideram os setores mais dinâmicos da economia, tais como: automotivo, químico, alimentício, frigorífico, entre outros.

Com a aquisição da Aliança, a HSUD teve um crescimento sustentável nos últimos anos devido à intensificação de sua atuação na cabotagem e no Mercosul. Através de novos investimentos em terminais de contêineres, frota própria de caminhões, ampliação dos serviços de logística e fortalecimento dos tráfegos internacionais, a movimentação total de carga e a participação da cabotagem no faturamento global da empresa evoluíram cerca de 40% nesse mesmo período.

Além dos serviços de transporte marítimo porto-a-porto, anteriormente mencionados, tanto para exportação quanto para importação, a HSUD também oferece aos seus clientes serviços porta-a-porta que visam diferenciar e agregar valor aos serviços prestados. Entre eles:

- Serviço de estufagem / desova de carga no cliente
- Serviço de consolidação / desconsolidação de carga fracionada em terminais
- Serviço de escolta
- Projetos logísticos customizados visando alavancar a utilização do modal marítimo
- Transporte de carga fracionada porta-a-porta no Brasil
- Transporte de carga fracionada internacional porto-a-porto

Além da operação de linhas regulares e através de sua subsidiária Rudolf A. Oetker KG (RAO), a HSUD também atua em outro importante segmento de

---

## Capítulo 1 - Introdução

---

transporte marítimo, o *Tramp Shipping*. Este segmento é movido pela demanda, ou seja, não existem escalas e rotas fixas; quando e onde o navio é carregado ou descarregado depende apenas da carga a ser transportada, do cliente, ou em outras palavras, do mercado. Em *Tramp Shipping*, a logística é imprescindível para o sucesso e viabilidade das operações, no sentido de disponibilizar a embarcação apropriada, no local adequado, e no tempo certo. Isso exige um conhecimento acurado dos mercados onde se deseja atuar. A constante, e quase que diária, alteração nas condições do mercado é uma das razões para a busca contínua de políticas de gestão adaptadas a um mercado ativo.

Em *Tramp Shipping*, vale destacar os seguintes tipos de operações:

- *Tanker Shipping*: operação de navios tanque
- *Bulk Shipping*: operação de navios graneleiros

Em *Tanker Shipping*, por exemplo, a dependência de fatores externos ao mercado é particularmente alta. Sendo assim, os navios não transportam apenas petróleo e derivados, como óleo combustível e combustível de aviação, mas também podem servir ao transporte de outros graneis líquidos como óleos vegetais e produtos químicos.



**Figura 3** - Navio tanque utilizado no transporte de petróleo e outros graneis líquidos

---

## Capítulo 1 - Introdução

---

Em *Bulk Shipping*, se transportam *commodities* como fertilizantes, grãos, carvão e bauxita. Em embarcações refrigeradas, podem ser transportados principalmente bananas, frutas cítricas, carnes e peixe.

O foco deste trabalho será no segmento de *Liner Shipping*, pois o ambiente de estudo será o TCV.

### 1.2 A Containerização

Containerização é um método para se transportar mercadorias de forma padronizada, em “caixas” que podem ser movidas por um sistema integrado de modais (rodoviário, ferroviário, marítimo ou fluvial). Os contêineres são “embalagens”, produzidas em aço, onde a carga é acondicionada e transportada.

Segundo Barco (1998), desde os anos 60, a containerização tem se desenvolvido mundialmente, propiciando inúmeras vantagens para as companhias de navegação e os embarcadores de carga, entre elas: menor risco de avarias e furtos (integridade da carga), redução de custos com embalagem e maior agilidade na movimentação da carga.

Por outro lado, como o contêiner é reutilizado em várias viagens, surge a necessidade de armazenar e reparar as unidades vazias em terminais apropriados (TCVs).

---

**Capítulo 1 - Introdução**



**Figura 4 -** Contêineres armazenados e em reparo no TCV

Existem diversos tipos de contêineres, adequados para as mais diversas finalidades. O Anexo A apresenta detalhadamente os tipos de contêineres operados pela HSUD.



**Figura 5 -** Exemplos de aplicação e funcionalidade do contêiner

## Capítulo 1 - Introdução

---

As principais características dos contêineres mais comuns são:

- Largura padrão de 8 pés
- Altura padrão de 8 pés e 6 polegadas (ou de 9 pés e 6 polegadas para os modelos *High Cube*)
- Comprimento padrão de 20 ou 40 pés
- Peso bruto máximo (peso da carga mais a tara do contêiner) entre 30 e 40 toneladas
- Volume interno de 28m<sup>3</sup> (contêineres de 20 pés) a 64m<sup>3</sup> (contêineres de 40 pés)

O tipo de contêiner mais comum é o de carga geral, seca ou *dry*, utilizado no transporte de cargas sólidas, como: peças, caixas e sacarias. Além do contêiner *dry*, existem outros tipos de contêineres comumente usados:

- *Open top*: contêiner sem o painel superior. Utilizado para transportar cargas com altura maior que a do contêiner convencional
  - *High cube*: contêiner com dimensões iguais a um contêiner convencional, porém com 1 pé a mais de altura
  - Ventilado: contêiner com ventiladores (orifícios) nos painéis laterais, que permitem a troca de ar com o ambiente
  - *Flat rack*: contêiner sem os painéis laterais e o teto. Utilizado no transporte de cargas com formato irregular
  - Tanque: para cargas líquidas ou gases liquefeitos
  - *Reefer*: contêiner refrigerado. Utilizado no transporte de produtos perecíveis (carnes, sucos e frutas), ou que necessitam manter uma temperatura estável (produtos eletrônicos, filmes fotográficos)
-

## Capítulo 1 - Introdução

---

Exemplos de contêineres do tipo *dry*, *open top*, *flat rack* e *reefer* são mostrados na figura 6.



**Figura 6** - Principais tipos de contêineres utilizados no transporte marítimo

### 1.2.1 O Contêiner no Brasil

Os primeiros contêineres chegaram ao Brasil em 1965.

Em 1981, foi inaugurado o primeiro Terminal Portuário (TP) especializado na operação de contêineres do Brasil, o Tecon, localizado no Porto de Santos. A instalação deste terminal se justificou pelo grande número de contêineres já movimentados no país. O Porto de Santos foi escolhido por representar 60% da movimentação de contêineres do Brasil na época.



**Figura 7** - Vista geral da Baía e do canal do Porto de Santos

A maior agilidade na movimentação de cargas, associada a tarifas mais competitivas, tem permitido um aumento no fluxo de cargas transportadas através dos portos brasileiros. De acordo com o Ministério dos Transportes, desde 1995, o poder público já investiu cerca de R\$ 1,6 bilhões na infra-estrutura portuária brasileira, e um dos resultados observados é o crescimento de quase 45% no volume de cargas movimentadas, resultante do aumento de produtividade (número de contêineres movimentados por hora) nos TPs.

---

## Capítulo 1 - Introdução

---



**Figura 8** - Vistas aéreas do TP e operação de descarga de um contêiner frigorífico

As perspectivas para o transporte de contêineres no Brasil são promissoras, já que os investimentos em modernização, tanto em infra-estrutura dos portos (governo) quanto em TPs (iniciativa privada), têm permitido que o custo de movimentação por contêiner diminua gradativamente.

### 1.3 A Logística do Contêiner Vazio

A operação do TCV faz parte de um contexto mais abrangente, que implica a compreensão dos fluxos entre os portos exportadores e importadores. Assim, as decisões de movimentação em um porto afetam os fluxos de entrada e saída de contêineres em outros portos, sejam exportadores ou importadores.

Os portos exportadores são aqueles com demanda de contêineres para exportação, enquanto que os portos importadores são aqueles com oferta de contêineres provenientes de importação. Os portos exportadores podem suprir sua demanda de duas formas: alugando novos contêineres das companhias de *leasing* ou recebendo contêineres vazios de portos importadores.

Por outro lado, os portos importadores podem diminuir seu excesso de oferta de contêineres vazios através do reposicionamento destes para portos exportadores, ou devolução deles para as companhias de *leasing*.

A figura abaixo mostra os fluxos de contêineres vazios, de exportação e de importação.

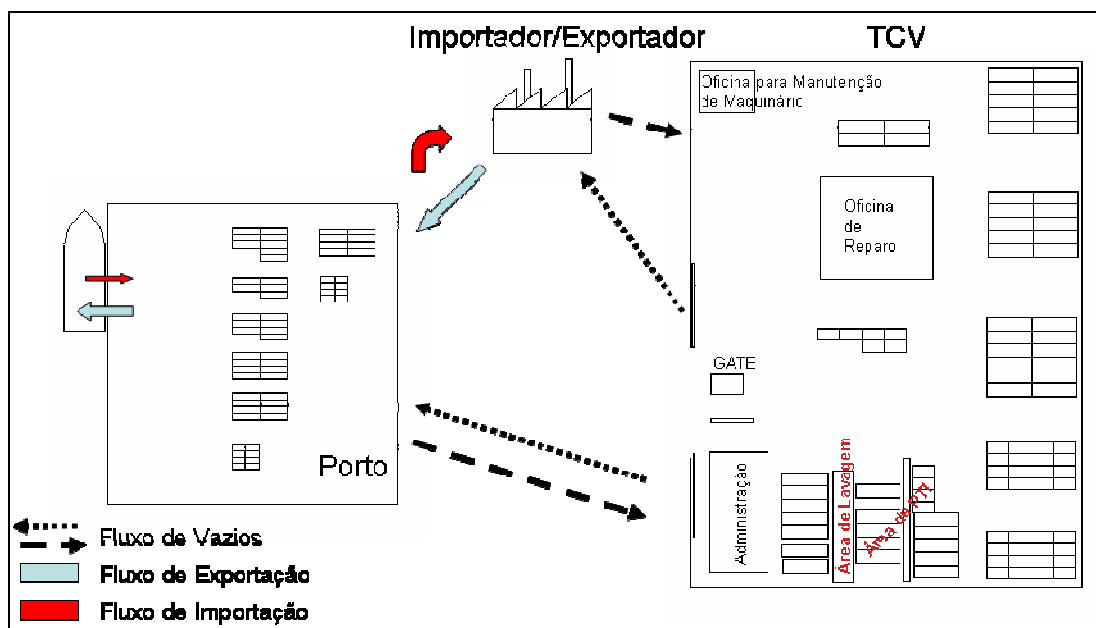


Figura 9 - Principais fluxos da logística de contêineres

## Capítulo 1 - Introdução

---

### Fluxo de Exportação

Corresponde ao fluxo de contêineres cheios que são transportados desde o exportador até o TP, onde são embarcados a bordo dos navios para exportação.



**Figura 10** - Navio atracado no TP em operação de carga e descarga de contêineres

### Fluxo de Importação

Corresponde ao fluxo de contêineres cheios que são transportados desde o TP até o importador, onde a carga proveniente de importação é desovada.

### Fluxo de Vazios

O fluxo de contêineres vazios compreende a movimentação de unidades vazias e ocorre nas seguintes situações:

- Posicionamento direto de contêiner vazio do TP para o TCV e vice-versa
  - Devolução de contêiner vazio ao TCV para armazenagem e eventuais reparos, após a desova da carga de importação
  - Liberação de contêiner vazio do TCV para o exportador, onde a carga de exportação é estufada
-

## **CAPÍTULO 2**

---

### **FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

## **2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

Este capítulo apresenta inicialmente os processos que caracterizam a operação do ambiente de estudo, o TCV. Posteriormente, é abordado o problema específico da programação das atividades de reparo, definindo-se os objetivos e a estrutura deste trabalho. Por fim, é feito um diagnóstico atual do problema em questão, apresentando-se os dados e informações coletadas nas oficinas de reparo do TCV.

### **2.1 O Estágio**

O estágio na HSUD, desenvolvido no Departamento de Logística, teve como função desempenhar atividades relacionadas ao monitoramento de fornecedores e prestadores de serviço contratados por este departamento da empresa, bem como o desenvolvimento de soluções diferenciadas para a redução de custos com Manutenção e Reparo (M&R) de contêineres, os quais são reparados nos TCVs administrados por empresas contratadas pelo grupo.

O estudo e desenvolvimento de um modelo de programação para as atividades de reparo no TCV se tornaram o objetivo deste Trabalho de Formatura.

### **2.2 O Terminal de Contêineres Vazios (TCV)**

Os TCVs são áreas destinadas exclusivamente à movimentação de contêineres vazios. São administrados e operados por uma empresa especializada na gestão desse tipo de terminal. Nos TCVs, os contêineres são armazenados para

---

## Capítulo 2 - Formulação do Problema

---

utilização posterior em exportação e, em caso de necessidade, também podem ser reparados.



**Figura 11** - Vista aérea do TCV

Dento do TCV, os contêineres passam pelos seguintes processos:

- Pré-vistoria
  - Entrada (*Gate-in*)
  - Vistoria
  - Armazenagem para reparo
  - Reparos (estrutura e maquinário)
  - Lavagem
-

## Capítulo 2 - Formulação do Problema

---

- Armazenagem para liberação
- Saída (*Gate-out*)

A figura abaixo ilustra o fluxo de contêineres através dos processos do TCV.

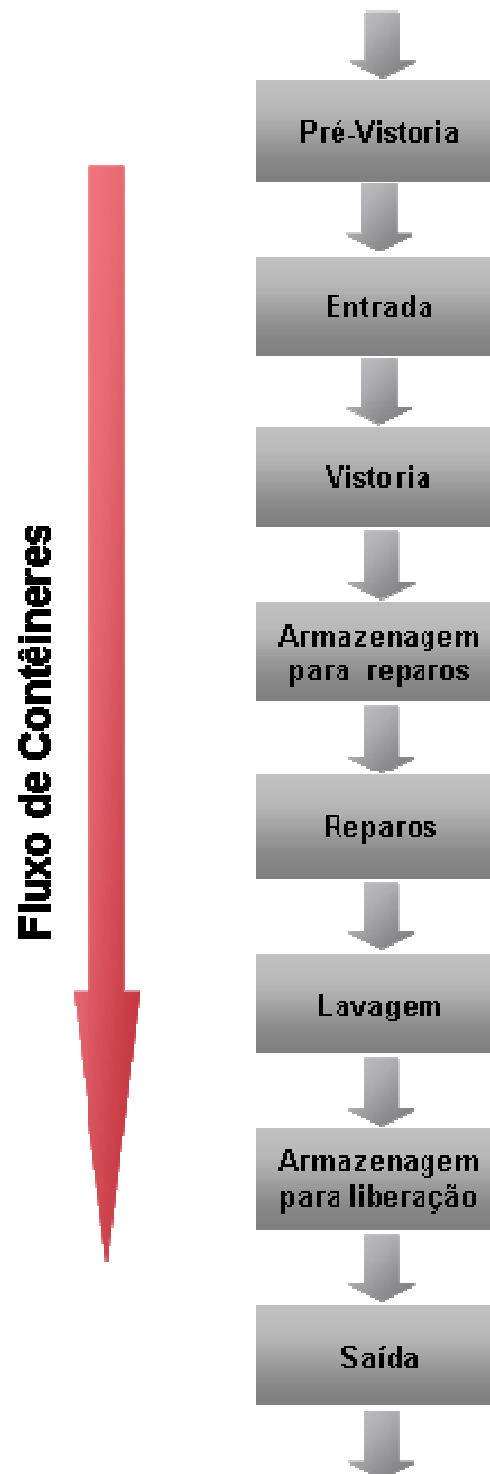


Figura 12 - Fluxo de contêineres através dos processos do TCV

---

A seguir, é descrito cada um dos processos do TCV.

### **2.2.1 Pré-vistoria**

Nesta etapa, antes da entrada no TCV (*gate-in*), um vistoriador do terminal realiza uma pré-vistoria do contêiner, buscando identificar eventuais avarias causadas durante o transporte ou desova do contêiner no importador. Caso haja algum dano dessa natureza, o importador será contatado antes que o contêiner entre no TCV, de forma que ele seja responsabilizado pelos reparos necessários.

### **2.2.2 Entrada (*Gate-in*)**

O *gate-in* compreende a autorização de entrada do caminhão no TCV e a descarga do contêiner dentro do pátio.

Como mencionado anteriormente, a chegada do contêiner ao TCV pode ocorrer por duas formas: devolução de importação ou descarga de navio (reposicionamento de contêineres). No caso de descarga de navio no TP, a programação de chegada é informada com antecedência mínima de 48 horas pelo armador. O envio dos contêineres do TP para o TCV é coordenado pelo TCV de acordo com a capacidade de atendimento naquele dia.

---



**Figura 13** - Caminhões com contêineres vazios aguardando autorização de entrada no TCV

Por outro lado, as devoluções de importação não possuem uma data programada. Os caminhões das transportadoras que chegam ao TCV aguardam em fila para a conferência dos dados do contêiner. O controle de entrada verifica a procedência, o navio, o armador e a reserva constantes na ordem de serviço da transportadora, e confrontam esses dados com o sistema do armador. Se os dados estiverem corretos, o caminhão é descarregado e o contêiner é levado para a área de vistoria.

### **2.2.3 Vistoria**

A vistoria é realizada em todos os contêineres que chegam ao TCV, de acordo com critérios informados pelo armador, quanto a itens de reparo que constituem uma tabela acordada entre o terminal e o armador. Estes itens estão em conformidade com um padrão internacional estabelecido pelo IICL (*Institute of International Container Lessors*), um critério de manutenção, vistoria e reparo adotado e reconhecido mundialmente pelas companhias de *leasing* de contêineres.

Os contêineres para carga seca passam por uma inspeção que os classifica em avariados ou não avariados, em relação ao nível de avaria da estrutura, nível de

---

## ***Capítulo 2 - Formulação do Problema***

---

corrosão, presença de odores, vedação, etc. Os contêineres não avariados são encaminhados para lavagem e os avariados são posicionados diretamente nas oficinas de reparo, se houver disponibilidade, ou são posicionados nas pilhas de contêineres que estão aguardando reparo.

A vistoria estrutural é realizada tanto para os contêineres de carga seca quanto para os contêineres frigoríficos. Durante esse processo, o vistoriador preenche um formulário em papel (Recibo de Intercâmbio) ou digita os itens avariados em um coletor de dados que é periodicamente descarregado no sistema do TCV.

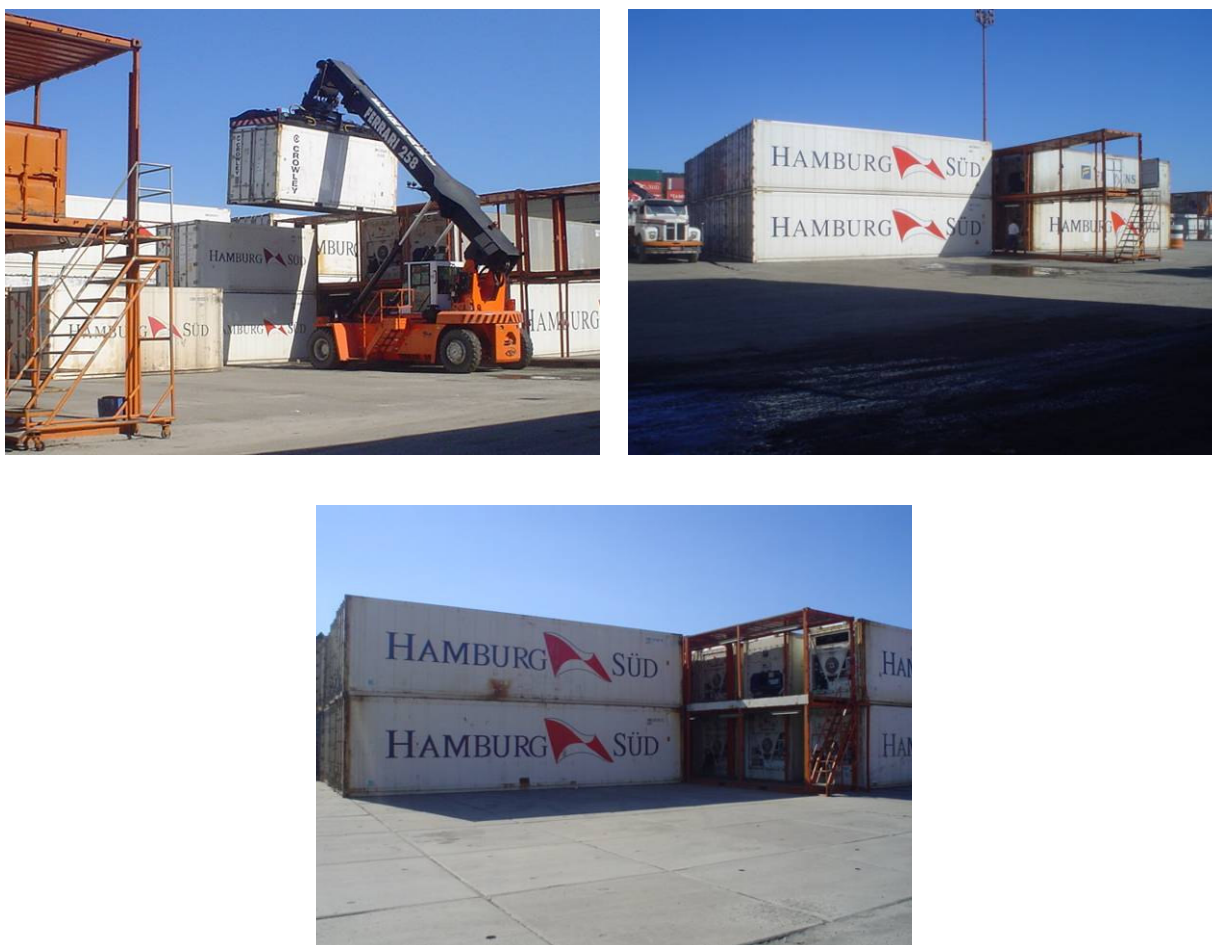
O valor do reparo de cada contêiner é calculado através dos itens de avaria identificados, que constam na tabela acordada entre o TCV e a HSUD. Caso os custos de reparo ultrapassem o valor da franquia estipulada pela HSUD, o contêiner necessita de autorização por parte do armador para ser reparado; caso contrário, ele pode ser direcionado para a oficina de reparo. A existência de avarias, o padrão do contêiner (padrão alimento ou carga geral) e o tipo de lavagem necessária (simples, especial ou química) são identificados no Recibo de Intercâmbio e numa etiqueta colada na porta do contêiner no momento da vistoria.

Os contêineres frigoríficos, ou refrigerados, também passam pelo *Pre-Trip Inspection* (PTI), uma inspeção “pré-viagem” onde o maquinário do contêiner é monitorado durante 6 horas em busca de eventuais falhas e necessidades de reparos. Os contêineres do tipo frigorífico possuem uma plataforma própria de vistoria, que é realizada por uma empresa terceirizada, contratada diretamente pela HSUD.

---

## Capítulo 2 - Formulação do Problema

---



**Figura 14** - Contêineres frigoríficos posicionados em plataforma própria para PTI

Caso o equipamento necessite de reparos, eles serão realizados nesse mesmo local após autorização do armador. Os contêineres que também necessitam de reparo estrutural são encaminhados para a oficina de reparo, e os demais são lavados para posterior liberação para exportação.

### 2.2.4 Reparo

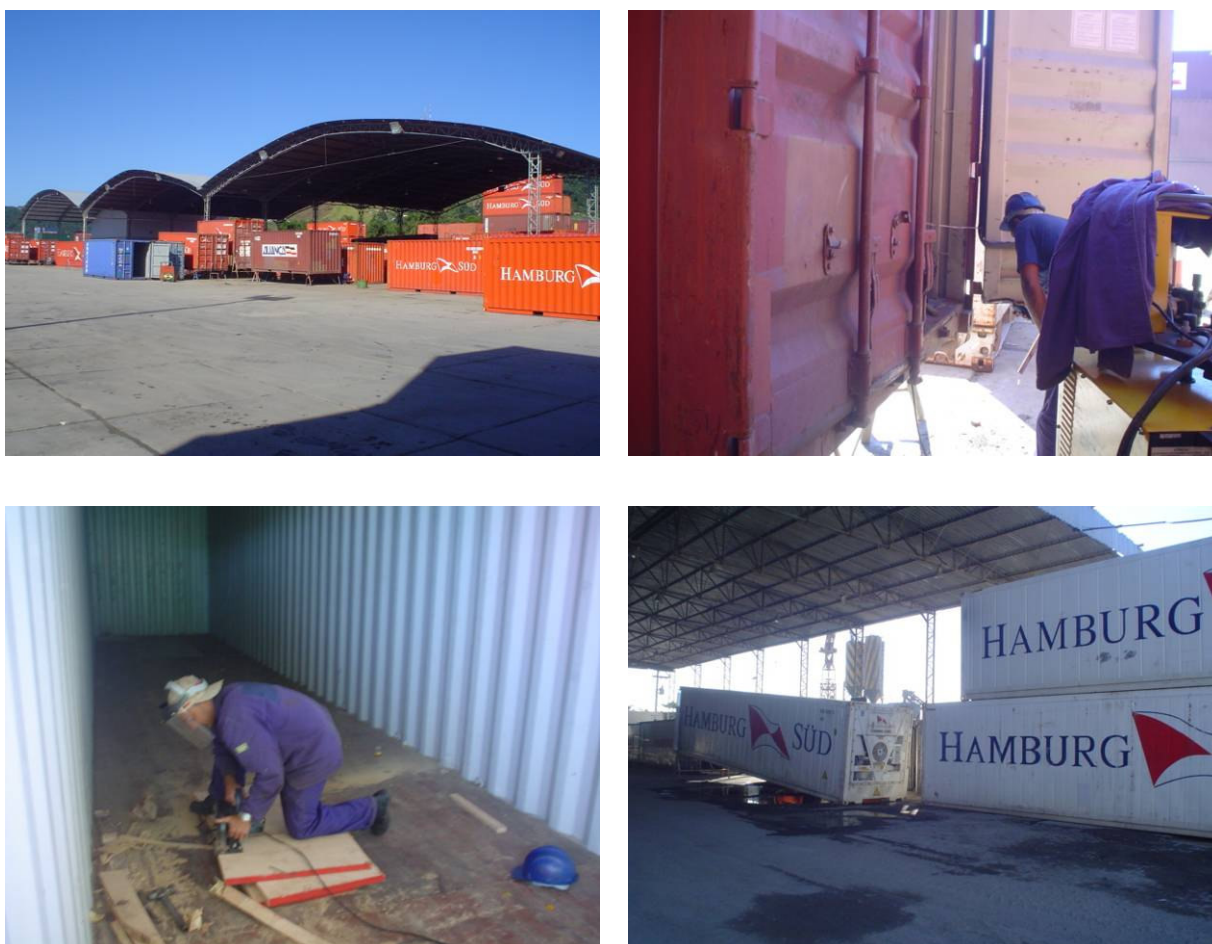
As atividades de reparo dos contêineres avariados são realizadas em oficinas de reparo, de acordo com o tipo de contêiner: carga seca ou frigorífico.

---

## Capítulo 2 - Formulação do Problema

---

O reparo é feito por uma empresa terceirizada, contratada pelo armador, e as equipes são separadas por funções: soldadores, marceneiros, pintores, funileiros e ajudantes. Para cada tipo de necessidade de reparo existe um tempo de reparo determinado em tabela e acordado entre o TCV e a HSUD. Com base nesse tempo de reparo, é calculado o valor a ser cobrado pelo reparo (que inclui a mão-de-obra e o material). Se esse valor ultrapassar o valor da franquia do TCV, o TCV deverá aguardar a autorização do armador, alocando o contêiner para uma área de espera para liberação de reparo.



**Figura 15** - Contêineres posicionados em oficina para execução de reparos estruturais

O conferente de pátio é responsável pela coordenação das empilhadeiras e determinação da localização de cada pilha de contêiner no pátio. Atualmente, o

---

## **Capítulo 2 - Formulação do Problema**

---

*layout* interno da oficina de reparo é decidido em conjunto com o encarregado da oficina. A determinação do posicionamento de cada contêiner dentro da oficina obedece o seguinte critério: contêineres com alto grau de avaria são posicionados no fundo da oficina (caso ela tenha apenas uma entrada) ou no centro da oficina (caso ela tenha duas entradas laterais).

Existe um controle de qualidade de reparo feito por uma empresa de auditoria, terceirizada e contratada pela HSUD, para realização de uma avaliação diária, por amostragem, do reparo feito. Esta mesma empresa atua no processo de autorização dos reparos, nos casos em que o valor do reparo ultrapassa o valor da franquia. Além disso, o próprio TCV possui uma equipe de controle de qualidade que avalia, também por amostragem, o andamento dos reparos realizados.

### **2.2.5 Lavagem**

O tipo de lavagem a ser executada está designado na etiqueta colada no momento da vistoria.

A lavagem é feita com equipamentos simples de lavagem à alta pressão ou com motobombas. Ela pode ser simples (com detergente neutro), química, ou especial (caso haja alguma necessidade específica). Depois da lavagem, os contêineres são levados para o pátio, onde são empilhados e aguardam a solicitação de liberação para um exportador ou reposicionamento de contêiner vazio.

### **2.2.6 Armazenagem**

O gerenciamento das empilhadeiras, as movimentações e as alocações no pátio são realizadas pelos conferentes. Não há um rastreamento interno do contêiner no TCV. O sistema permite saber o *status* de determinado contêiner (aguardando vistoria, avariado, reparado, lavado, ou aguardando liberação), porém

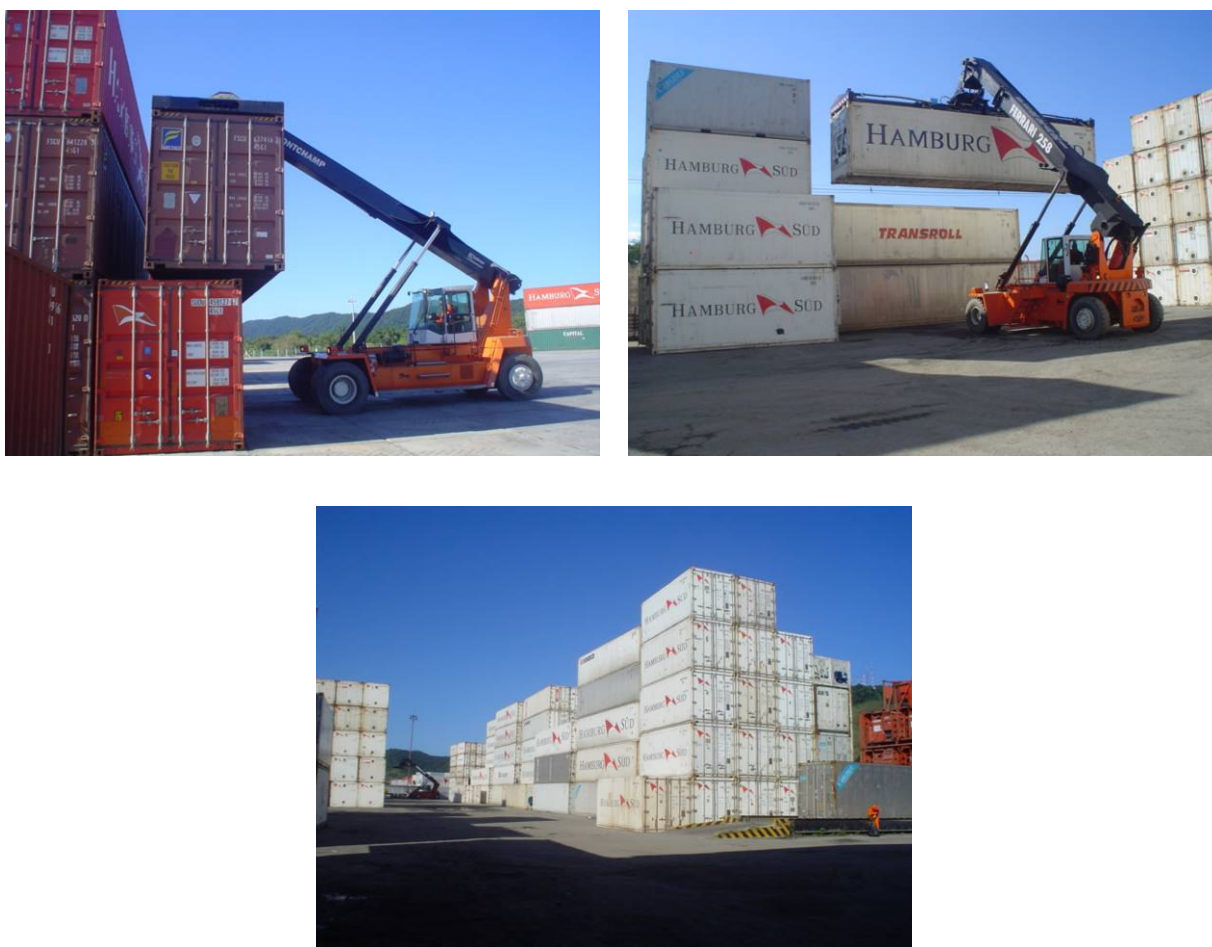
---

## Capítulo 2 - Formulação do Problema

---

sua localização exata não é possível de ser verificada eletronicamente, apenas visualmente ou através do conferente.

O *layout* do pátio e a demarcação de ruas foram determinados inicialmente no projeto do terminal e os conferentes procuram obedecer essa demarcação.



**Figura 16** - Contêineres armazenados em pilhas (com até 5 contêineres de altura) de acordo com o seu *status*

### 2.2.7 Saída (*Gate-Out*)

A reserva de contêiner feita pela área comercial do armador juntamente com o exportador é informada ao TCV geralmente com 24 horas de antecedência. A

---

## Capítulo 2 - Formulação do Problema

---

retirada de contêineres para clientes de exportação não possui data exata e depende dos exportadores, transportadoras, dias de armazenamento no porto para embarque no navio, etc.

A liberação dos contêineres, inclusive para o posicionamento de unidades vazias diretamente ao TP, é feita apenas por tipo e padrão (carga geral, alimentos, etc) do contêiner, não pelo seu número de identificação. O registro do número do contêiner só é feito na saída do caminhão.



**Figura 17** - Contêiner sendo colocado sobre o caminhão para liberação e saída do TCV

### 2.3 O Problema da Programação das Atividades de Reparo

As atividades de reparo de contêineres são extremamente importantes para a HSUD, uma vez que a empresa adota uma estratégia de manutenção e preservação da sua frota de contêineres, ao invés de renová-la constantemente. Sendo assim, reduzir os custos com este tipo de atividade pode representar uma economia significativa para a companhia.

O reparo de contêineres não é um processo produtivo convencional, com entrada de matéria-prima e outros recursos produtivos, e saída de produtos manufaturados. Porém, é um sistema de “produção” onde entram contêineres

---

## **Capítulo 2 - Formulação do Problema**

---

avariados e saem contêineres reparados, que estão adequados ao transporte de cargas para exportação. Sendo assim, os objetivos da programação das atividades de reparo podem ser considerados análogos aos dos sistemas produtivos tradicionais. Logo, determinar a melhor seqüência de contêineres a serem reparados significa alcançar um ou mais objetivos abaixo:

- Reduzir o estoque de contêineres avariados e reparados
- Minimizar a quantidade de contêineres em reparo, ou seja, o estoque em processo
- Reduzir o tempo com preparação de linhas, ou seja, equipes de reparo
- Melhorar os índices de nível de serviço, reduzindo o atraso na liberação dos contêineres
- Maximizar o uso dos recursos disponíveis (mão-de-obra, matéria-prima e instalações)
- Aumentar a produtividade das oficinas do TCV

### **2.3.1 Objetivos do Trabalho**

Diante do que foi exposto anteriormente, define-se que o objetivo deste trabalho é apresentar um modelo de programação (seqüenciamento) das atividades de reparo dentro do TCV, visando obter a melhor seqüência de contêineres a serem reparados, otimizando a utilização dos recursos disponíveis, de tal forma que a demanda por todos os tipos de contêineres seja atendida com o menor atraso possível para liberação.

---

### **2.3.2 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está estruturado em 6 capítulos que abrangem a apresentação da empresa e do problema a ser estudado, o embasamento teórico, a metodologia a ser utilizada no trabalho, o modelo de programação e, finalmente, a análise e conclusões dos resultados obtidos.

O capítulo 1 apresentou a HSUD e introduziu o conceito de containerização. Em seguida, também foi feita uma breve descrição das atividades que envolvem a Logística do Contêiner Vazio.

O presente capítulo, o capítulo 2, apresenta o TCV e seus processos, visando contextualizar o objetivo deste trabalho e apresentar o problema específico da programação das atividades de reparo no TCV.

O capítulo 3 traz a pesquisa bibliográfica sobre o tema do trabalho.

O capítulo 4 apresenta o modelo de programação, a sua estrutura e lógica de funcionamento, bem como os parâmetros de entrada, os critérios e premissas adotados.

O capítulo 5 faz a validação do modelo e apresenta a análise dos resultados obtidos.

Por fim, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões e considerações finais deste trabalho.

### **2.3.3 Levantamento de Dados**

Para desenvolver o modelo de programação das atividades de reparo do TCV, serão utilizadas as oficinas de M&R de um terminal localizado na cidade do Guarujá, estado de São Paulo. Este TCV é administrado pelo Rocha Top, um

---

## Capítulo 2 - Formulação do Problema

prestador de serviços contratado pela HSUD. Este terminal possui duas oficinas principais, uma dedicada aos reparos estruturais de contêineres *dry* (carga seca), e outra, de contêineres *reefer* (frigoríficos ou refrigerados).

A oficina principal (oficina 1) desse TCV é dedicada aos reparos de contêineres de carga seca. Ela possui uma capacidade física para o posicionamento simultâneo de até 108 TEUs, ou seja, 108 contêineres de 20 pés, ou ainda, 108 posições de reparo. Isso significa que todos esses contêineres podem estar dentro da oficina para ser reparados. No entanto, atualmente, a configuração do *layout* da oficina 1 está destinada ao posicionamento de 48 contêineres de 20 pés (48 TEUs) e 30 contêineres de 40 pés (60 TEUs), o que resulta numa capacidade de 78 contêineres.

A figura abaixo ilustra a configuração da oficina 1, utilizada nas atividades de reparo de contêineres do tipo *dry*.

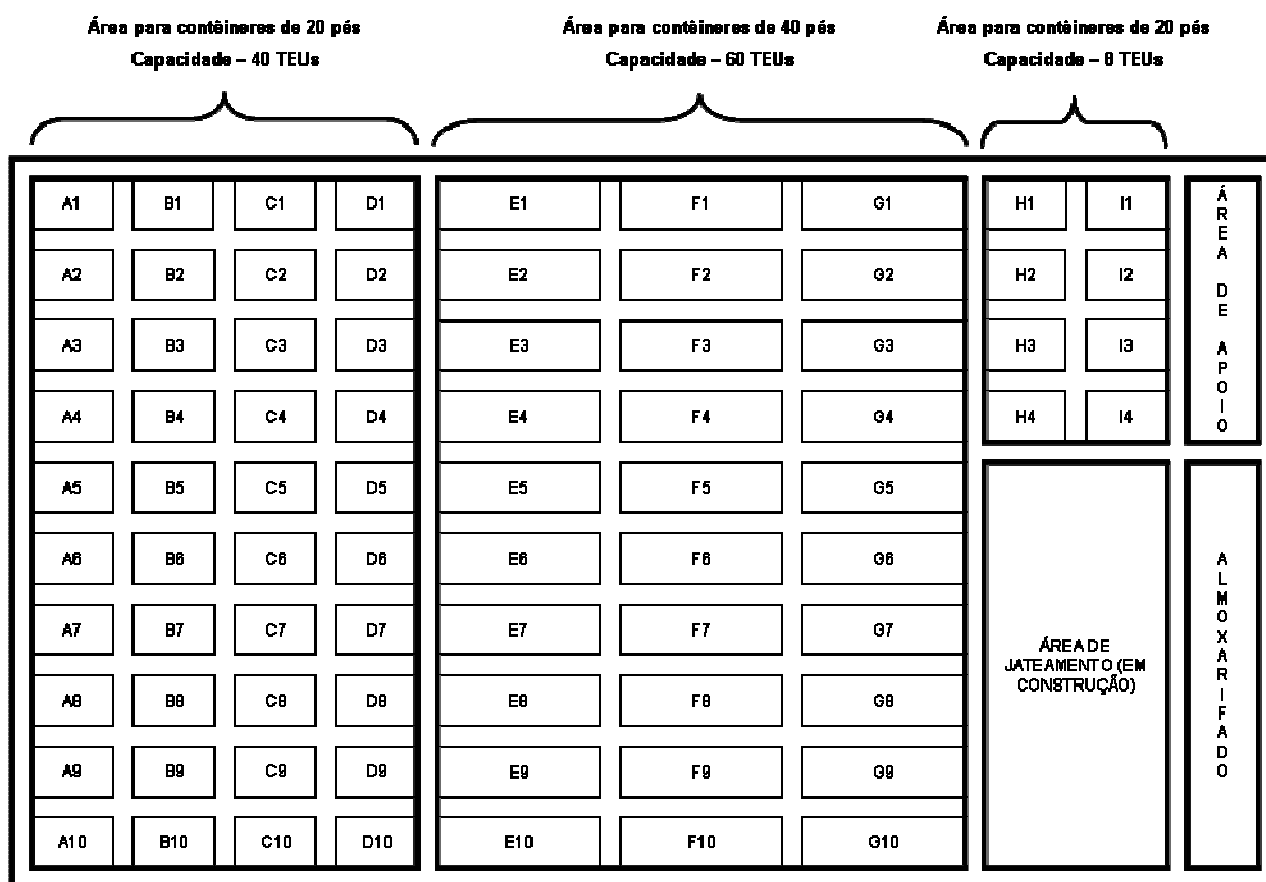


Figura 18 - Arranjo físico da oficina dedicada aos reparos de contêineres *dry*

## Capítulo 2 - Formulação do Problema

A oficina secundária (oficina 2), por sua vez, é destinada aos reparos de contêineres refrigerados. Essa oficina possui uma capacidade física para o posicionamento de até 40 TEUs simultaneamente, ou seja, 40 contêineres de 20 pés, ou ainda, 40 posições de reparo. Da mesma forma que no caso da oficina 1, isso significa que todos esses contêineres podem estar dentro da oficina para ser reparados. Entretanto, conforme a figura 19, a configuração atual desta oficina está dedicada ao posicionamento de 10 contêineres de 20 pés (10 TEUs) e 15 contêineres de 40 pés (30 TEUs), o que resulta numa capacidade total de 25 contêineres.

A figura abaixo mostra a configuração da oficina 2, utilizada no reparo de contêineres do tipo *reefer*.

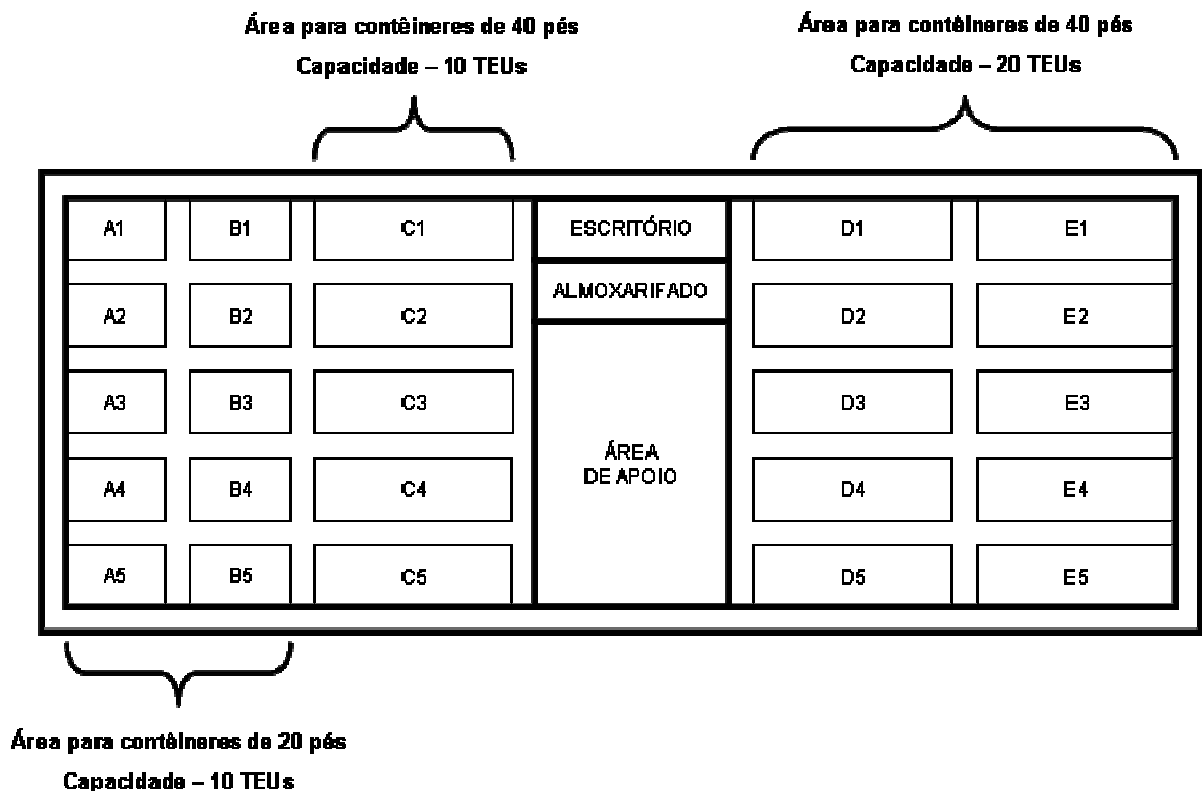


Figura 19 - Arranjo físico da oficina dedicada aos reparos de contêineres *reefer*

## ***Capítulo 2 - Formulação do Problema***

---

No cenário atual, as oficinas do TCV são operadas por 15 equipes de trabalho, compostas por 3 reparadores cada (1 soldador e 2 ajudantes). Estas equipes de reparo estão divididas em dois turnos de trabalho: diurno e noturno.

De 2ª a 6ª feira, o turno diurno é das 07h00 às 16h00, com 1 hora de intervalo para o almoço, totalizando 8 horas por reparador. Aos sábados, o turno diurno é de 6 horas, ou seja, das 07h00 às 13h00.

O turno noturno, por sua vez, é das 15h00 às 0h00, com intervalo de 1 hora para o jantar, totalizando 8 horas por reparador, de 2ª a 6ª feira. Aos sábados, o turno noturno é de somente 4 horas, ou seja, das 13h00 às 17h00.

O TCV também funciona aos domingos e feriados para as atividades de recebimento e liberação de contêineres, porém as atividades de reparo nas oficinas podem ocorrer apenas excepcionalmente. Sendo assim, o modelo não considera inicialmente esses dias.

Atualmente, por garantir uma alta rotatividade de todos os contêineres, o critério FIFO é utilizado para definir aqueles que têm prioridade de reparo; aqueles que entram primeiro no TCV têm a preferência de serem reparados. Sendo assim, é utilizado o número de dias que o contêiner ficou aguardando reparo como indicador de desempenho das oficinas, ou seja, quanto mais tempo os contêineres ficarem aguardando para ser reparados, pior será o desempenho das oficinas e vice-versa.

---

## Capítulo 2 - Formulação do Problema

---

A seguir, a tabela 2 apresenta o total mensal de contêineres que entraram e saíram do TCV em questão desde janeiro de 2005 a outubro de 2006.

**Tabela 2** - Histórico de entrada e saída de contêineres para o TCV utilizado na modelagem \*

<b>Mês/Ano</b>	<b>Entrada (contr.)</b>	<b>Saída (contr.)</b>	<b>Total (contr.)</b>
jan/05	4.630	4.555	<b>9.185</b>
fev/05	5.261	5.100	<b>10.361</b>
mar/05	4.747	4.807	<b>9.554</b>
abr/05	4.993	5.321	<b>10.314</b>
mai/05	5.991	5.659	<b>11.650</b>
jun/05	5.160	5.018	<b>10.178</b>
jul/05	4.648	4.506	<b>9.154</b>
ago/05	4.975	4.850	<b>9.825</b>
set/05	4.422	4.355	<b>8.778</b>
out/05	4.150	4.855	<b>9.006</b>
nov/05	4.751	5.026	<b>9.777</b>
dez/05	5.094	5.321	<b>10.415</b>
jan/06	5.765	6.032	<b>11.797</b>
fev/06	4.447	4.678	<b>9.125</b>
mar/06	3.697	3.354	<b>7.051</b>
abr/06	3.870	4.245	<b>8.115</b>
mai/06	5.267	4.566	<b>9.833</b>
jun/06	4.499	4.322	<b>8.821</b>
jul/06	3.834	4.146	<b>7.980</b>
ago/06	5.086	4.460	<b>9.546</b>
set/06	4.521	4.005	<b>8.526</b>
out/06	4.243	4.465	<b>8.708</b>
<b>Média</b>	<b>4.730</b>	<b>4.711</b>	<b>9.441</b>
<b>Desvio-Padrão</b>	<b>589</b>	<b>583</b>	<b>1.117</b>

\* Valores alterados por motivo de confidencialidade das informações.

Fonte: Rocha Top

---

## Capítulo 2 - Formulação do Problema

A tabela 3 abaixo apresenta o total mensal de contêineres que entraram no TCV e a proporção destes contêineres que estavam avariados, para o período de janeiro de 2005 a outubro de 2006. Além disso, também é mostrado o total de horas de reparo empregado nas duas oficinas do terminal, bem como uma estimativa da quantidade de horas utilizada no reparo de cada contêiner.

**Tabela 3** - Histórico de entrada e contêineres avariados para o TCV utilizado na modelagem \*

Mês/Ano	Entrada (contr.)	Contêineres Avariados	Contêineres Avariados (%)	Horas de Reparo	Horas de reparo/contêiner
jan/05	4.630	3.646	78,7%	12.661	3,5
fev/05	5.261	3.719	70,7%	9.958	2,7
mar/05	4.747	3.830	80,7%	11.491	3,0
abr/05	4.993	3.694	74,0%	11.452	3,1
mai/05	5.991	3.867	64,5%	9.745	2,5
jun/05	5.160	3.928	76,1%	9.195	2,3
jul/05	4.648	3.455	74,3%	9.544	2,8
ago/05	4.975	3.339	67,1%	10.667	3,2
set/05	4.422	3.425	77,4%	11.928	3,5
out/05	4.150	3.756	90,5%	12.824	3,4
nov/05	4.751	4.047	85,2%	12.732	3,1
dez/05	5.094	3.851	75,6%	12.589	3,3
jan/06	5.765	5.226	90,7%	12.657	2,4
fev/06	4.447	3.875	87,1%	9.562	2,5
mar/06	3.697	2.910	78,7%	6.012	2,1
abr/06	3.870	2.980	77,0%	6.724	2,3
mai/06	5.267	3.357	63,7%	5.869	1,7
jun/06	4.499	3.176	70,6%	5.333	1,7
jul/06	3.834	2.829	73,8%	5.213	1,8
ago/06	5.086	2.883	56,7%	4.327	1,5
set/06	4.521	2.957	65,4%	4.838	1,6
out/06	4.243	3.243	76,4%	5.202	1,6
<b>Média</b>	<b>4.730</b>	<b>3.545</b>	<b>75,2%</b>	<b>9.115</b>	<b>2,5</b>
<b>Desvio-Padrão</b>	<b>589</b>	<b>537</b>	<b>8,7%</b>	<b>3.078</b>	<b>0,7</b>

\* Valores alterados por motivo de confidencialidade das informações.

Fonte: Rocha Top

A partir dos dados da tabela 3, é possível observar que as atividades e processos de M&R são importantes na operação do TCV pois, em média, 75,2% dos contêineres que entram no terminal estão avariados e precisam ser reparados nas

## ***Capítulo 2 - Formulação do Problema***

---

oficinas. Dessa forma, o desenvolvimento de soluções que otimizem o seqüenciamento dos contêineres a serem posicionados e reparados nas oficinas podem representar uma melhoria no nível de serviço prestado pelo TCV, reduzindo o atraso na liberação dos contêineres e maximizando a utilização dos recursos disponíveis.

## **CAPÍTULO 3**

---

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta o levantamento bibliográfico que forneceu o embasamento teórico necessário para a programação dos reparos. A primeira parte deste capítulo descreve a hierarquia de planejamento em um ambiente de produção; a segunda parte é composta pelos conceitos da teoria clássica de programação (*scheduling*), e finalmente, a terceira, apresenta os conceitos aplicáveis à solução do problema específico de programação das atividades de reparo no TCV.

#### 3.1 Hierarquia de Planejamento

A figura abaixo, extraída de Santoro (2001), mostra a hierarquia de planejamento em ambientes de produção.

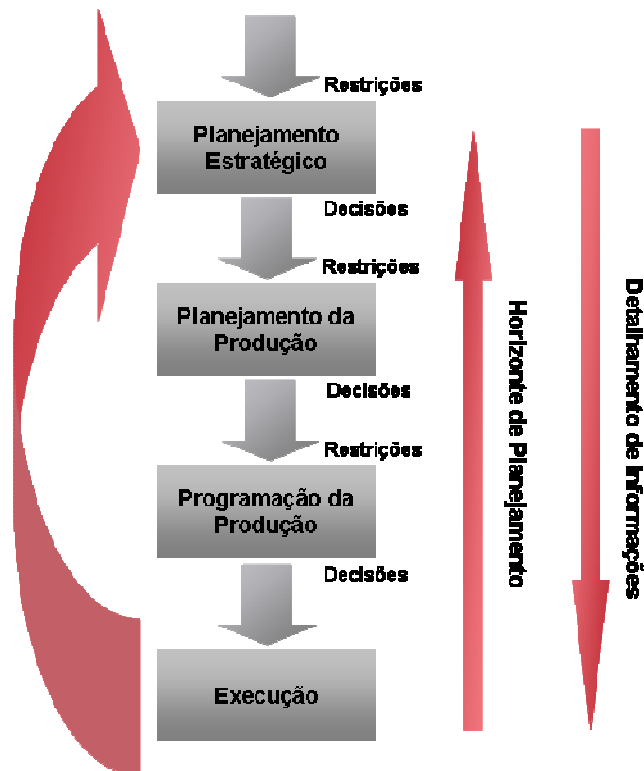


Figura 20 - Hierarquia de planejamento em ambientes de produção

### **Planejamento Estratégico**

Representa as decisões tomadas pela alta hierarquia da empresa e que devem ser realizadas para atingir as metas estabelecidas. Este planejamento define, por exemplo, a capacidade produtiva, a aquisição de equipamentos, a contratação de funcionários, e possui um horizonte de longo prazo. Por ser de longo prazo, as decisões são tomadas com base em informações agregadas e pouco detalhadas, o que aumenta o risco e a incerteza dessas decisões. Sendo assim, é imprescindível, porém difícil reavaliá-las constantemente.

### **Planejamento da Produção**

Estágio intermediário da hierarquia, as restrições neste nível são definidas pelas decisões tomadas no planejamento estratégico. Também é um processo de decisão baseado em informações agregadas e pouco detalhadas, devido ao grande número de variáveis. Este planejamento fornece as informações básicas para executar a programação da produção, assegurando que os recursos sejam utilizados corretamente. O horizonte de planejamento pode ser considerado de médio prazo e a busca de resultados ocorre dentro do ambiente produtivo.

### **Programação da Produção**

Nível mais inferior da hierarquia de planejamento, este processo envolve informações mais específicas e detalhadas para cada decisão, definindo como, onde e quando as atividades devem ser realizadas. Essas decisões são tomadas em curto prazo, determinadas por funcionários de nível mais operacional que os envolvidos no planejamento estratégico e no planejamento da produção. Portanto, apesar do risco das decisões ser relativamente pequeno, é necessário um grande detalhamento das informações.

A partir do que foi exposto anteriormente, é possível fazer uma analogia entre o sistema produtivo de uma indústria e o ambiente de estudo, caracterizando três horizontes de planejamento para o TCV: estratégico, tático e operacional.

O modelo de programação das atividades de reparo nas oficinas do TCV se enquadra no nível operacional, pois tem como objetivo determinar uma seqüência de

---

unidades a serem reparadas pelas oficinas do TCV. Neste nível, o fator tempo é importante e o modelo está exposto a imprevistos pontuais, porém que não afetam a operação do TCV como um todo.

### **3.2 Teoria Clássica de Programação (*Scheduling*)**

Na teoria clássica, segundo Pinedo (2002), *scheduling* consiste fundamentalmente na alocação de recursos disponíveis ao longo do tempo, a fim de realizar um conjunto de tarefas. Também pode ser considerado um processo de tomada de decisão que visa a otimização de um ou mais objetivos. Os recursos podem ser os mais diversos, desde máquinas em uma oficina, pistas de decolagem em um aeroporto, equipes de trabalho em uma planta de construção civil, unidades de processamento, e assim por diante. As tarefas podem ser as operações em um processo produtivo, as decolagens e aterrissagens em um aeroporto, os estágios de um projeto de construção, ou as execuções de programas de computador. Cada tarefa pode ter um nível diferente de prioridade, bem como ocorrer em dias horários e horários diferentes.

Os objetivos da programação também podem ter inúmeras formas. Um objetivo possível é a minimização do tempo necessário para a realização de um grupo de tarefas; outro é a minimização do número de tarefas completadas além da data prevista.

*Scheduling* é um processo de tomada de decisão que existe na maioria dos sistemas produtivos, assim como na maioria dos ambientes de processamento de informações. Também está presente nas atividades de transporte e entrega de encomendas, bem como na maioria das atividades industriais.

Conforme abordado anteriormente (em 3.1), *scheduling* consiste na programação da produção, pois considera um horizonte de planejamento mais curto, ou seja, com períodos de tempos menores (dias, por exemplo). O principal objetivo é a geração de informações detalhadas sobre decisões de seqüenciamento de tarefas

---

### **Capítulo 3 - Revisão Bibliográfica**

---

e alocação destas aos recursos disponíveis, visando atender metas definidas pelos níveis de decisão e planejamento mais estratégicos da organização. Geralmente, o *scheduling* está diretamente ligado ao processo produtivo e relacionado à modelagem, simulação e otimização computacional (MAGALHÃES et al., 1998).

No desenvolvimento da atividade de *scheduling*, o tempo e as operações se movem continuamente ao longo do tempo, com revisões que consideram o que está realmente acontecendo (PINEDO, 2002).

Segundo Pinedo (2002), existem cinco modelos principais de programação, que são apresentados a seguir.

#### **Modelo de Máquina Única**

O modelo de máquina única é mais simples e, em muitos casos, consiste na simplificação de casos mais complexos com várias máquinas. Além disso, mostram propriedades não apresentadas em modelos de máquinas paralelas ou em séries.

#### **Modelo de Máquinas Paralelas**

A configuração de máquinas paralelas é um assunto importante tanto do ponto de vista teórico, como do ponto de vista prático. Sob o ponto de vista teórico, essa configuração é uma generalização do sistema de máquina única, e uma particularidade do *flow shop*, descrito a seguir. Na prática, é uma configuração bastante comum no mundo real.

#### ***Flow Shop***

Em muitas linhas de produção ou montagem, há um grande número de operações que devem ser realizadas em todas as tarefas. Frequentemente, tais operações têm que seguir a mesma ordem, o que implica que as tarefas possuem uma mesma rota. Dessa forma, as máquinas assumem uma configuração em série, e esse ambiente é denominado *flow shop*.

---

### ***Open Shop***

No modelo de *flow shop*, todas as tarefas seguem a mesma rota. No entanto, na prática, tais rotas não são relevantes e cabe ao programador decidi-las. Assim, quando as rotas das tarefas são abertas, ou seja, não são fixas, o modelo é chamado de *open shop*.

### ***Job Shop***

Quando as rotas são fixas, porém não necessariamente iguais para todas as tarefas, o modelo é conhecido por *job shop*.

## **3.2.1 Métodos de Solução em *Scheduling***

Muitos pesquisadores têm buscado novas técnicas no campo da Pesquisa Operacional para a solução de problemas de *scheduling* (WINSTON, 1994).

Os tipos de ferramentas computacionais mais freqüentemente utilizadas na tentativa de solucionar problemas de *scheduling* são descritos a seguir.

### **Simulação**

Simulação é a abordagem mais comum para solução do problema de *scheduling*, em função da aderência da solução encontrada, permitindo identificar os impactos de uma programação escolhida (BODINGTON; SHOBRY, 1995).

Um algoritmo de simulação se inicia no tempo zero e avança no tempo conforme a seqüência de eventos, produzindo decisões conforme os critérios e premissas estabelecidos para se encontrar uma programação factível (HOFFERL; STEINSCHORN; ZEDLACHER, 1997).

A disponibilidade de capacidade gráfica dos computadores permite uma apresentação eficiente dos resultados obtidos com o simulador, e uma interatividade amigável com o programador. Gráficos de Gantt e curvas de estoques de produtos

---

### **Capítulo 3 - Revisão Bibliográfica**

---

ao longo do tempo são algumas das formas clássicas de apresentação dos resultados obtidos.

Em geral, os algoritmos de simulação podem determinar a seqüência de atividades, mas normalmente a solução do problema de *scheduling* através de simulação se reduz a um processo de tentativa e erro (BODINGTON; SHOBRY, 1995).

#### **Otimização**

Muitos problemas de *scheduling* são considerados problemas matemáticos, cuja determinação da melhor solução talvez não seja possível, dependendo da complexidade do problema (BODINGTON; SHOBRY, 1995). Nesses casos, são utilizadas técnicas de otimização para obter soluções para o problema.

No caso deste trabalho, será utilizado o método de simulação para resolver o problema proposto.

### **3.3 Prazos de Entrega**

A previsão do término de um produto encomendado é composta de duas fases distintas:

- Tempo necessário para a obtenção dos materiais
- Tempo necessário para a produção

O tempo para obtenção dos materiais está relacionado com o mercado fornecedor e o tempo de *setup* das linhas de produção, ou no caso do TCV, das equipes de trabalho. Para as oficinas do TCV, pode-se afirmar que o impacto desse tempo para fixação do prazo de entrega é nulo.

Em relação ao tempo de produção, existem diferentes maneiras do mesmo ser calculado. Tais formas são apresentadas a seguir.

---

### **Método de Avaliação Pessoal**

Este método se baseia na existência de uma pessoa com conhecimento de toda a carga de trabalho existente no sistema produtivo, sendo capaz de mensurar qual a carga acrescida pelo novo pedido e quando este poderá ser processado em cada unidade, para assim estimar o prazo de término da produção. Em muitos casos, é o único que pode ser utilizado devido à inexistência de condições de aplicação dos outros métodos. No caso de uma indústria de grande porte, o julgamento pessoal se torna cada vez mais inapropriado devido ao grande número de detalhes que começam a influenciar na estimativa.

### **Método dos Gráficos de Carga**

Este pode ser considerado como uma forma mais elaborada e formalizada de representar o método anterior. Para realizá-lo, é necessário um gráfico de Gantt, no qual o registro do número de horas necessárias em cada etapa do processo produtivo é atualizado ao longo do tempo. Ao receber um novo pedido, deve-se estimar qual o tempo necessário para a passagem do pedido por essa etapa. Posteriormente, o gráfico é utilizado para saber em quais etapas há tempo de processamento livres para a execução das atividades. Se houver um gargalo, será expresso o tempo necessário do processo, já que não trabalha com folgas.

### **Método Estatístico**

Este método pode assumir uma grande variedade de formas, mas consiste basicamente em considerar o tempo de espera de uma ordem de produção para ser processado, em cada etapa do sistema produtivo, como uma variável aleatória com densidade de probabilidade conhecida. É recomendável a utilização deste método em detrimento aos anteriores quando a quantidade de operações para um produto for muito grande.

No contexto atual observado no TCV, a estimativa de saída dos contêineres da oficina é estritamente baseada no que foi descrito anteriormente como método de avaliação pessoal, mais especificamente, do coordenador da oficina e do conferente de pátio.

---

Dessa forma, outros aspectos como a demanda pelo tipo de contêiner a ser reparado, os reparos que serão executados, e o impacto na carga da oficina como um todo também devem ser considerados ao definir os prazos de entrega. Caso contrário, há o risco de não se cumprir as datas de liberação dos contêineres e, conseqüentemente, incorrer em atrasos.

### **3.4 Métodos de Solução para a Programação do TCV**

A realidade encontrada nas oficinas do TCV pode ser descrita como um modelo de máquinas paralelas, ou seja, diversas equipes de trabalho (linhas) dispostas em paralelo, onde cada equipe está associada a um contêiner e uma posição (alocação) específicos na oficina.

Para o problema apresentado, é preciso determinar a ordem (seqüência) que os contêineres entrarão na oficina para serem reparados. A tomada de decisão utiliza basicamente três critérios para a programação das ordens de trabalho na oficina, entre eles: os recursos necessários para o reparo, os recursos disponíveis, e a prioridade para liberação dos contêineres reparados. O critério de priorização para liberação dos contêineres pode considerar o prazo de entrega, o tempo de reparo, e a rotatividade do equipamento.

Fundamentalmente, trata-se de um problema de programação das atividades de reparo que pode ser definido como a alocação dos recursos disponíveis às várias tarefas de um horizonte de planejamento, cujo objetivo é atender um ou mais critérios de desempenho.

O problema em questão tem como objetivo fornecer uma ordem de contêineres a serem reparados, de tal forma que se minimize a média dos atrasos e melhore os índices de nível de serviço do TCV, reduzindo o atraso na liberação dos contêineres aos exportadores.

Sendo assim, critérios de desempenho envolvendo datas de entrega são de grande importância, pois pode haver custos inerentes quando uma tarefa é entregue

---

com atraso. Dentre esses custos, vale mencionar: multas e perda de credibilidade com o cliente.

### **3.5 Regras de Priorização**

A seguir, são apresentadas três diferentes regras de priorização utilizadas na resolução de problemas de programação da produção.

Essas regras criam uma ordem de prioridades para as tarefas a serem executadas e também são denominadas como regras de despacho, ou ainda, regras de liberação.

#### **SPT (*Shortest Processing Time*)**

Prioriza as ordens da fila de espera com menor tempo de processamento. Tem a vantagem de descongestionar a atividade onde foi aplicada esta regra, passando maior quantidade de ordens de produção para outros setores.

#### **LPT (*Longest Processing Time*)**

Prioriza as ordens da fila de espera com maior tempo de processamento. Nesse caso, essa regra é utilizada quando existe algum tipo de pressão para se manter um nível de utilização alto dos equipamentos e de pessoal. Quando implementada, pode-se esperar que uma grande quantidade de pedidos pequenos seja entregue em prazos mais longos.

#### **EDD (*Earliest Due Date*)**

Prioriza as ordens da fila de espera com menor tempo previsto de entrega. Teoricamente, tem a vantagem de permitir que as tarefas com tempo de entrega mais curtos sejam processadas antes.

---

# **CAPÍTULO 4**

---

## **O MODELO DE PROGRAMAÇÃO**

## **4 O MODELO DE PROGRAMAÇÃO**

Neste capítulo, é exposto o modelo de programação das atividades de reparo do TCV. Primeiramente, é apresentado o método de modelagem utilizado neste trabalho e, posteriormente, o modelo propriamente dito, com destaque para a sua estrutura lógica e os parâmetros de entrada e saída após a simulação. Também é apresentado o ambiente computacional onde o modelo é desenvolvido.

### **4.1 O Método de Modelagem**

O método de modelagem utilizado para desenvolver o modelo de programação das atividades de reparo no TCV é descrito a seguir.

**1) Definição do Problema** – Consiste em definir claramente os propósitos do estudo, ou seja, quais respostas se deseja encontrar.

**2) Definição do Escopo** – Consiste em determinar os limites (fronteiras) e restrições a serem usadas na construção do modelo.

**3) Definição dos Critérios de Desempenho** – Consiste na seleção das medidas de desempenho a serem empregadas; os fatores a serem variados e o nível em que estes fatores devem ser investigados, isto é, quais resultados devem ser obtidos do modelo, sob que forma e em que extensão.

**4) Preparação dos Dados de Entrada** – Identificação, coleta e preparo dos dados necessários.

**5) Desenvolvimento do Modelo** – Formulação do modelo em uma linguagem de simulação apropriada.

---

**6) Verificação e Validação do Modelo** – Confirmação de que o modelo opera de acordo e que o resultado do modelo é confiável e representativo do sistema real. A verificação busca mostrar que o programa computacional se desempenhou como esperado e pretendido, fornecendo, dessa forma, uma correta representação lógica do modelo. A validação, por outro lado, estabelece que o comportamento do modelo representa, de forma válida, o sistema real que está sendo simulado.

**7) Análise do Modelo** – Execução do modelo para gerar resultados e realizar análises de sensibilidade.

## 4.2 Estrutura e Lógica do Modelo

Para a utilização das regras de priorização descritas anteriormente, é necessário o desenvolvimento de um algoritmo que, baseado nessas, indique a ordem de reparo dos diversos contêineres a serem processados em cada uma das oficinas e equipes de trabalho (reparo).

A seguir, é apresentado o algoritmo proposto para programação das oficinas do TCV, onde são basicamente utilizados os seguintes parâmetros:

$p_{ij}$  : tempo de reparo do contêiner  $i$  na equipe de trabalho  $j$

$d_i$  : data limite para o contêiner  $i$  ser entregue sem atraso

Também são utilizadas as seguintes variáveis de apoio:

$C'_{ij}$  : instante de início do reparo do contêiner  $i$  na equipe de trabalho  $j$

$C_{ij}$  : instante de término do reparo do contêiner  $i$  na equipe de trabalho  $j$

$D_{kj}$  : instante de disponibilização da posição  $k$  da oficina para a equipe de trabalho  $j$ , ou seja, o momento em que a posição  $k$  da oficina se torna ociosa devido à conclusão do reparo

---

## Capítulo 4 - O Modelo de Programação

---

O atraso total é a somatória dos atrasos de cada um dos contêineres reparados e pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$\text{Max } (0, d_i - C_{ij}) \quad (1)$$

Onde  $j$  é a equipe de trabalho responsável pelo reparo.

O algoritmo verifica após cada contêiner ser alocado, a uma equipe de trabalho, quais contêineres estão aguardando reparo naquele momento e compara com a disponibilidade das  $k$  posições de oficina para aquela equipe de trabalho. Se mais de um contêiner estiver aguardando, utiliza-se a regra de despacho para a priorização da ordem.

O instante de disponibilização das  $k$  posições na oficina para as  $j$  equipes de trabalho é dada por:

$$D_{k,j} = D_{kj} + p_{ij} \quad (2)$$

Onde  $p_{ij}$  é o tempo de reparo do último contêiner reparado pela equipe de trabalho  $j$ .

Deve-se ressaltar que a disponibilidade de uma posição da oficina no início de cada reparo é dada pelo término do reparo do contêiner anterior. No início da simulação, todos esses tempos são iguais a zero.

O algoritmo fornece toda a seqüência de contêineres a serem reparados, por equipe de trabalho e posição na oficina.

---

## **Capítulo 4 - O Modelo de Programação**

---

O funcionamento detalhado do algoritmo é descrito a seguir.

### **Passo 1**

Ordena os contêineres em ordem crescente, de acordo com a regra de prioridade escolhida, para cada uma das equipes de trabalho.

### **Passo 2**

Seleciona o contêiner que tem a prioridade e o aloca à posição da oficina que tem o menor tempo de disponibilidade de acordo com a expressão (2), ou seja, a oficina que está mais ociosa.

### **Passo 3**

Atualiza o tempo de disponibilidade para a posição da oficina selecionada, de acordo com a expressão (2).

### **Passo 4**

Repete a etapa 2 até que o programa da equipe de reparo esteja completo. Ao término da repetição, passa para a análise da próxima equipe de trabalho.

### **Passo 5**

Seleciona o contêiner que tem a prioridade de processamento. Compara o tempo de reparo do contêiner com o menor tempo de disponibilidade da oficina, calculado a partir da expressão (2), para a equipe de trabalho em análise.

### **Passo 6**

Atualiza o tempo de disponibilidade para a posição da oficina selecionada, de acordo com a expressão (2).

### **Passo 7**

Se existirem contêineres a serem reparados para a próxima equipe de trabalho em estudo, retorna à etapa 5. Se não restarem mais contêineres, prossegue para a etapa 8.

---

**Passo 8**

Enquanto restarem contêineres para reparo, retornar à etapa 5. Se todos já tiverem sido processados, a simulação está terminada.

Para a validação do algoritmo e a escolha da regra de priorização, uma análise preliminar deve ser realizada. Isto é, deve-se analisar um programa-teste fornecido pelo algoritmo proposto para avaliar a regra de priorização que fornece a melhor solução e, baseando-se nessa análise, fazer a programação completa de todos os reparos.

**4.3 Descrição do Modelo**

O modelo que define a seqüência dos contêineres a serem reparados deve ser funcional e possuir uma interface amigável quanto à utilização. Além disso, deve ser capaz de ser facilmente manipulado em eventuais mudanças na configuração da demanda e da disponibilidade de recursos.

Por fim, deve ser capaz de mostrar visualmente qual a ordem de entrada de cada um dos contêineres na oficina, bem como a equipe de trabalho responsável pelo seu reparo, ou seja, o modelo deve ser capaz de gerar o gráfico de Gantt do cenário previsto.

Os dados de entrada são:

- Contêineres a serem reparados
  - Tempo de reparo de cada contêiner
  - Número de equipes de trabalho
  - Arranjo físico ou configuração da oficina (capacidade da oficina para o posicionamento de contêineres)
-

## Capítulo 4 - O Modelo de Programação

---

- Prioridade de processamento por tipo de contêiner, ou seja, a data prevista de liberação

Tabela 4 - Exemplo dos dados de entrada do modelo

Contêiner	Tipo	Dias Aguardando Reparo	Tempo de Reparo (horas)
CNTU1001190	20FR	8	9
CNTU1004858	40HC	42	47,78
CNTU1006395	40OT	8	4,27
CNTU1012359	40DC	6	8,71
CNTU1020044	40OT	3	0,7
CNTU1031449	40RH	12	55,44
CNTU1048700	40HC	2	4,02
CNTU1051990	40OT	83	26,46
CNTU1057271	40FR	5	8,39
CNTU105777	20OT	1	29,17
CNTU1062396	40FR	3	3,98
CNTU1070436	20OT	12	95,37
CNTU1070737	20DC	1	0,99
CNTU107357	40RH	6	17,72
CNTU1076718	20FR	0	4,21
CNTU1102480	20DC	6	3,61
CNTU1103053	40RH	42	10,29
CNTU1112661	20OT	4	5,2
CNTU1121421	20FR	18	64,51
CNTU1124457	40FR	4	2,75
CNTU1127662	20RF	50	90,43
CNTU1129818	20FR	3	2,26
CNTU1168191	20FR	89	17,99
CNTU1171373	20DC	3	3,82
CNTU1174161	40FR	15	2,55
CNTU1205044	40FR	89	47,94
CNTU1206114	20OT	6	6,82
CNTU1210871	40RH	40	10,7
CNTU1225390	20OT	8	0,13
CNTU1231257	20DC	3	76,02
CNTU123269	40FR	3	9,13
CNTU1232851	40RH	60	92,26
CNTU1257153	20RF	9	5,87

A prioridade de processamento será utilizada apenas em casos de empate, isto é, no início de cada reparo, avalia-se para todos os contêineres o tempo de

---

## Capítulo 4 - O Modelo de Programação

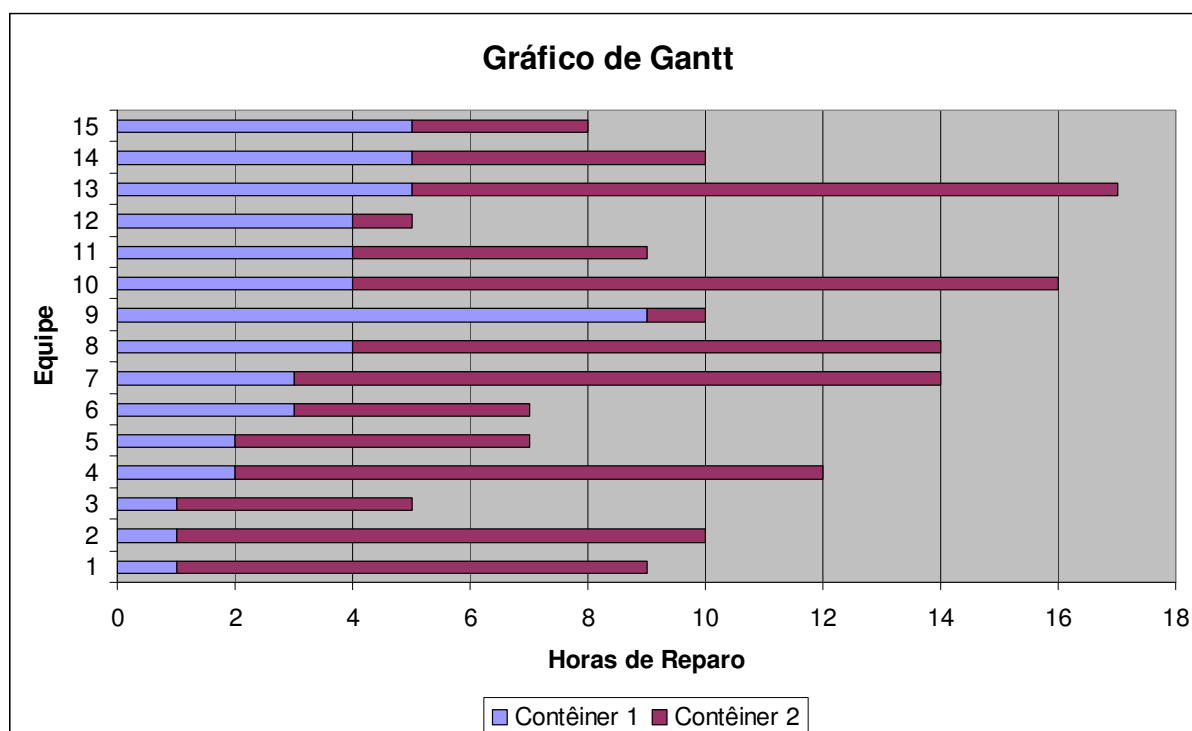
término de reparo para o contêiner imediatamente anterior. A prioridade será sempre dada ao contêiner com menor tempo de término e, em caso de empate, a prioridade será levada em conta.

Um dos objetivos desse trabalho é justamente avaliar o impacto que a regra de prioridade tem no atraso global de liberação dos contêineres no TCV.

Quanto aos dados de saída, vale mencionar que é necessário definir uma forma de controlá-los. Uma dessas formas é o gráfico de Gantt. O gráfico de Gantt é uma ferramenta útil para o controle, programação e acompanhamento da produção.

Dessa forma, no caso deste modelo, uma das saídas obtidas será o gráfico de Gantt da programação, que poderá ser obtido facilmente a partir da tabela com a seqüência de entrada dos contêineres nas oficinas e as equipes de trabalho responsáveis pelos seus reparos.

A figura abaixo mostra um exemplo dos dados de saída do modelo dispostos em forma de gráfico de Gantt.



**Figura 21** - Exemplo dos dados de saída do modelo dispostos como gráfico de Gantt

## Capítulo 4 - O Modelo de Programação

A figura 22 mostra um exemplo da tabela de saída do modelo, onde é possível obter a seqüência de entrada dos contêineres nas oficinas e as respectivas equipes de trabalho responsáveis pelos reparos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Contêiner	Dias Aguardando Reparo	Tempo Reparo	de Início Reparo	do Fim Reparo	Equipe	Oficina	Posição Oficina		
11	CNTU1395124	77	12,0	5/10/06 0:00	5/10/06 0:00	10	1	A3		
12	CNTU1532120	79	5,0	5/10/06 0:00	5/10/06 0:00	5	1	B9		
13	CNTU1544265	89	1,0	5/10/06 0:00	5/10/06 0:00	12	1	C1		
14	CNTU1574536	22	12,0	5/10/06 0:00	5/10/06 0:00	6	1	D2		
15	CNTU1583291	82	5,0	5/10/06 0:00	5/10/06 0:00	4	1	E1		
16	CNTU1600957	104	3,0	5/10/06 0:00	5/10/06 0:00	3	1	F1		
17	CNTU160790	37	3,9	5/10/06 0:00	5/10/06 0:00	2	1	G1		
18	CNTU1650944	87	81,1	5/10/06 0:00	5/10/06 0:00	1	1	H7		
19	CNTU1673395	35	4,2	5/10/06 0:00	5/10/06 0:00	9	2	I1		
20	CNTU1682916	46	8,8	5/10/06 0:00	5/10/06 0:00	3	1	A7		
21	CNTU1704747	88	8,4	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	14	1	B6		
22	CNTU1789677	57	80,9	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	7	1	C1		
23	CNTU1795743	42	3,2	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	15	1	D9		
24	CNTU1863557	92	5,7	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	1	1	E1		
25	CNTU18703	94	5,0	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	6	2	F6		
26	CNTU184631	79	5,1	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	2	2	G3		
27	CNTU1963817	46	9,9	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	10	2	H4		
28	CNTU1979339	103	6,4	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	1	2	I8		
29	CNTU1992280	96	77,5	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	2	1	A2		
30	CNTU2038318	26	28,7	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	2	1	B8		
31	CNTU2179915	20	3,7	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	13	1	C2		
32	CNTU2200411	101	41,0	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	6	1	D8		
33	CNTU2233526	92	6,8	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	5	1	E1		
34	CNTU2303330	24	9,3	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	15	1	F6		
35	CNTU2325081	22	37,6	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	6	1	G6		
36	CNTU2329415	79	19,1	6/10/06 0:00	6/10/06 0:00	9	1	H7		
37	CNTU2396309	46	95,2	7/10/06 0:00	7/10/06 0:00	1	1	I2		
38	CNTU2528608	80	17,2	7/10/06 0:00	7/10/06 0:00	5	1	A6		
39	CNTU2605010	85	70,4	7/10/06 0:00	7/10/06 0:00	5	1	B9		
40	CNTU2629850	55	80,1	7/10/06 0:00	7/10/06 0:00	14	1	C7		
41	CNTU2678622	100	51,4	7/10/06 0:00	7/10/06 0:00	2	1	D1		
42	CNTU2703913	20	1,6	7/10/06 0:00	7/10/06 0:00	6	2	E6		
43	CNTU2810656	69	5,2	7/10/06 0:00	7/10/06 0:00	12	1	F9		
44	CNTU2852906	31	86,2	7/10/06 0:00	7/10/06 0:00	3	2	G4		
45	CNTU2863903	37	0,6	7/10/06 0:00	7/10/06 0:00	1	2	H9		
46	CNTU2994913	42	3,5	7/10/06 0:00	7/10/06 0:00	9	1	I7		
47	CNTU3060895	25	2,4	7/10/06 0:00	7/10/06 0:00	10	1	A1		
48	CNTU3083261	91	6,7	8/10/06 0:00	8/10/06 0:00	9	1	B1		
49	CNTU3126797	23	5,4	8/10/06 0:00	8/10/06 0:00	15	1	C2		
50	CNTU1944707	40	67,5	8/10/06 0:00	8/10/06 0:00	10	1	D9		

Figura 22 - Exemplo da tabela de saída do modelo, com a seqüência de entrada dos contêineres nas oficinas e as suas respectivas posições de reparo

## Capítulo 4 - O Modelo de Programação

### 4.4 Implementação Computacional

O ambiente escolhido para o desenvolvimento deste modelo foi o MS Excel®, por apresentar uma interface amigável e bastante funcional, conferindo facilidade e rapidez para se inserir e alterar os dados.

A lógica do modelo foi implementada em ambiente Visual Basic® (VBA), conforme ilustra a figura abaixo.

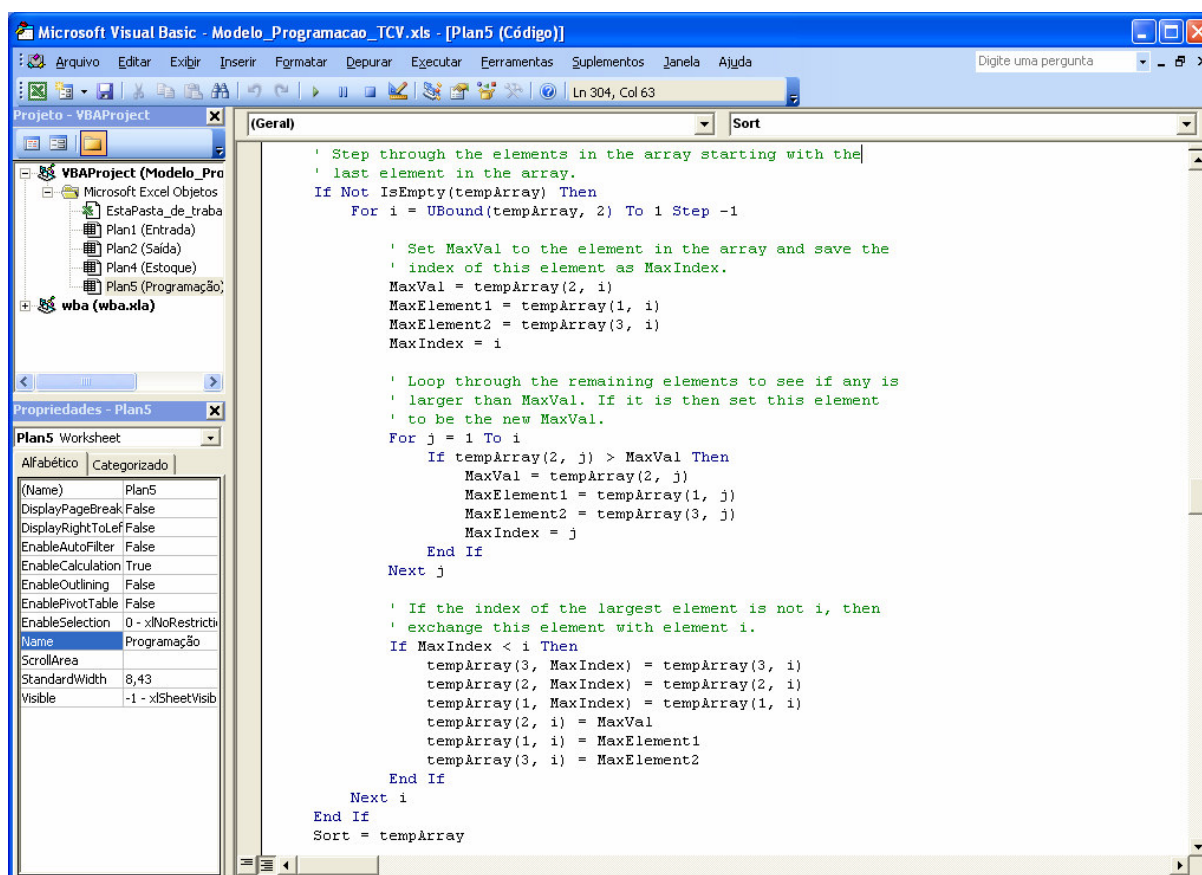


Figura 23 - Ambiente de desenvolvimento do modelo de programação em Visual Basic®

O Anexo B traz o código de programação implementado para o modelo proposto.

## **CAPÍTULO 5**

---

### **VALIDAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

## **5 VALIDAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Este capítulo apresenta inicialmente o processo de validação do modelo proposto para o seqüenciamento dos contêineres nas oficinas do TCV, assim como os resultados preliminares que foram obtidos. Posteriormente, são apresentadas as análises e os resultados obtidos com a aplicação do modelo a um cenário real de programação dos reparos.

### **5.1 Validação do Modelo**

A qualidade e a validade de um modelo de simulação são medidas pela proximidade entre os resultados obtidos pelo modelo e aqueles originados do sistema real. Dado que muitas hipóteses, premissas e simplificações sobre o comportamento do sistema real costumam ser empregadas no desenvolvimento do modelo, a análise dos resultados deve ser precedida pela validação do modelo proposto.

A validação se refere à representatividade dos pressupostos, isto é, se as simplificações foram corretamente empregadas no modelo.

Sendo assim, um cenário inicial e diferente do real, porém representativo, deve ser utilizado para analisar uma situação hipotética de programação das atividades de reparo do TCV.

Como as regras de priorização são avaliadas a partir da média dos atrasos na liberação dos contêineres, foi preciso definir a data de liberação (entrega) para cada contêiner.

Em alguns casos, pôde-se observar que o tempo de reparo (*lead-time*) é inferior ao prazo de liberação do contêiner, o que significa que ele pode ser reparado e liberado sem atrasos.

---

## Capítulo 5 - Validação e Análise dos Resultados

---

Por outro lado, o modelo é capaz de fornecer uma solução factível em casos onde possam ocorrer atrasos, uma situação bastante comum no ambiente de estudo, ou seja, onde o tempo de reparo não permite cumprir o prazo de liberação do contêiner.

### 5.1.1 Resultados Preliminares

Os resultados fornecidos por cada uma das regras são avaliados pela média dos atrasos gerados por cada uma das atividades de reparo previstas pela programação do modelo.

Para a validação do modelo, foram obtidos os seguintes atrasos médios para cada uma das regras analisadas. Tais valores são mostrados na tabela 5 a seguir.

**Tabela 5** - Atrasos médios obtidos para cada regra de priorização avaliada

	Atraso de Liberação (dias) - LPT	Atraso de Liberação (dias) - SPT	Atraso de Liberação (dias) - EDD
<b>Média</b>	5,5	5,0	4,7
<b>Desvio-Padrão</b>	0,3	0,5	0,2

Pode-se observar que há diferenças entre os resultados obtidos pelas regras de priorização. As regras LPT ou SPT apresentam maiores atrasos que a regra que analisa o tempo de entrega (EDD). Em outras palavras, a regra que avalia o tempo previsto de liberação se mostra mais adequada a este trabalho, cujo objetivo é a redução nos atrasos de liberação dos contêineres.

Os resultados obtidos anteriormente podem ser considerados satisfatórios, pois mostram que as regras analisadas são eficientes para solucionar problemas como este.

---

## Capítulo 5 - Validação e Análise dos Resultados

A figura 24 abaixo fornece um exemplo dos resultados obtidos para validação do modelo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Contêiner	Dias Aguardando Reparo	Tempo de Reparo (horas)	Atraso de Liberação (dias) - LPT	Atraso de Liberação (dias) - SPT	Atraso de Liberação (dias) - EDD										
54	CNTU3235719	95	4,6	14,1	0,0	2,9										
55	CNTU3844536	75	4,2	10,1	17,7	12,8										
56	CNTU3845546	20	71,6	19,3	17,5	7,9										
57	CNTU3855024	32	42,7	12,1	9,1	11,7										
58	CNTU3887086	85	25,5	8,7	5,8	4,3										
59	CNTU3846469	48	0,3	6,2	9,9	0,2										
60	CNTU3856466	102	0,0	18,5	6,5	16,7										
61	CNTU386849	57	13,1	3,7	7,8	2,4										
62	CNTU3887920	91	7,4	0,3	19,1	15,0										
63	CNTU3716772	56	6,0	9,4	13,6	18,2										
64	CNTU3728269	60	4,0	5,6	10,2	0,3										
65	CNTU3747834	21	2,1	1,1	14,9	19,3										
66	CNTU3754782	68	7,8	5,9	19,6	18,0										
67	CNTU3793683	97	5,8	19,8	3,7	15,6										
68	CNTU3816575	25	1,4	5,7	4,6	15,2										
69	CNTU3876002	29	6,5	0,9	13,5	17,4										
70	CNTU3891938	64	21,0	2,6	12,2	2,2										
71	CNTU3927807	91	6,9	3,5	2,0	18,4										
72	CNTU3971885	55	8,0	6,8	7,4	16,4										
73	CNTU4092618	36	0,0	9,0	15,4	19,3										
74	CNTU4164265	29	1,7	9,8	18,8	16,0										
75	CNTU4233197	69	38,2	1,4	12,9	2,4										
76	CNTU4258496	62	73,1	3,1	12,9	16,2										
77	CNTU4300676	28	7,5	17,7	12,4	17,8										
78	CNTU4347254	57	8,4	5,8	8,4	7,6										
79	CNTU4387625	52	42,9	7,2	18,6	5,5										
80	CNTU4404434	69	13,6	19,6	12,0	18,7										
81	CNTU4427626	55	24,6	9,8	11,3	17,8										
82	CNTU4446969	21	4,8	11,3	18,7	2,0										
83	CNTU44514314	41	7,2	14,6	8,2	12,5										
84	CNTU4520602	104	84,2	7,5	16,4	18,2										
85	CNTU454464	19	8,7	3,1	5,0	6,8										
86	CNTU4765824	51	7,6	16,4	10,9	7,5										
87	CNTU4859932	99	6,6	13,8	2,5	1,2										
88	CNTU4905917	78	3,5	3,2	12,1	2,0										
89	CNTU4922345	90	49,3	16,0	9,9	2,2										
90	CNTU4931608	103	3,1	17,6	19,6	0,8										
91	CNTU5024877	99	9,1	3,1	19,5	8,1										
92	CNTU5086464	32	1,5	15,9	17,4	14,7										

**Figura 24** - Exemplo dos resultados obtidos para validação do modelo, com os atrasos calculados para cada regra de priorização avaliada

A vantagem da regra EDD é que ela analisa exclusivamente o tempo de entrega das tarefas. No caso da regra EDD, a prioridade é dada às atividades que apresentam um tempo previsto de entrega mais curto.

Após a validação do modelo, o mesmo será utilizado como ferramenta de programação das atividades de reparo do TCV em um cenário real. Sendo assim, serão utilizadas as três regras descritas anteriormente, isto é, serão efetuadas análises com as seguintes regras: LPT, SPT e EDD.

## **5.2 O Modelo como Ferramenta de Programação do TCV**

Após a validação do modelo proposto, pode-se aplicá-lo para um cenário real de programação das oficinas do TCV e, posteriormente, analisar os resultados obtidos, concluindo se houve ou não uma redução nos atrasos de liberação dos contêineres.

O cenário escolhido foi o da programação das atividades de reparo do TCV durante uma semana.

Foi possível observar que o aumento da demanda, ou seja, da quantidade de contêineres a ser liberados propiciou um aumento no total de atrasos. Sendo assim, as equipes de trabalho não conseguiam reparar o número de contêineres que tinham que ser liberados, embora as oficinas ainda possuíssem posições de contêineres ociosos à espera das equipes de reparo.

Durante a validação do modelo, não foi necessário utilizar uma base de comparação, pois o intuito era testar as regras para solução do problema em questão. No entanto, a partir do momento que os métodos atuais de seqüenciamento das oficinas do TCV (FIFO, principalmente) são comparados com a regra proposta, é preciso estabelecer uma base de comparação para se avaliar os resultados.

Neste trabalho, será utilizada como base de comparação a regra que fornece a média dos atrasos baseada na data prevista de liberação dos contêineres.

No entanto, como foi mencionado anteriormente, o indicador principal de desempenho atual das oficinas do TCV é o número de dias que o contêiner fica aguardando reparo. Dessa forma, também é preciso obter do modelo a quantidade de dias que cada contêiner ficou aguardando até que fosse programado o seu reparo, permitindo avaliar se houve algum impacto sobre esse indicador, além dos atrasos de liberação.

---

## Capítulo 5 - Validação e Análise dos Resultados

---

Sendo assim, comparando-se o número médio de dias que os contêineres ficam aguardando reparo com a o mesmo indicador fornecido pelo modelo após a programação das oficinas, temos o seguinte:

- Média atual de dias aguardando reparo: 7,4 dias
- Média de dias aguardando reparo pelo modelo: 5,0 dias

Dessa forma, pode-se observar que também há uma redução deste indicador, com a média de dias aguardando reparo diminuindo de 7,4 dias para 5,0 dias.

### 5.3 Resultados

Os resultados obtidos para a programação das oficinas do TCV indicaram três soluções aceitáveis para o problema proposto, permitindo uma redução do atraso médio na liberação de contêineres.

**Tabela 6** - Atrasos médios das regras avaliadas para o modelo de programação

	Atraso de Liberação (dias) - LPT	Atraso de Liberação (dias) - SPT	Atraso de Liberação (dias) - EDD
<b>Média</b>	4,2	3,2	2,3
<b>Desvio-Padrão</b>	0,5	0,7	0,4

A regra EDD apresentou o melhor desempenho, com um atraso médio de 2,3 dias.

A regra de priorização LPT teve uma média de atraso de 4,2 dias e a regra SPT, por sua vez, um valor médio de 3,2 dias.

---

***Capítulo 5 - Validação e Análise dos Resultados***

---

Portanto, o modelo proposto indicou que, embora ainda apresente atrasos, a regra de priorização mais eficiente para reduzir o atraso na liberação de contêineres no TCV é a EDD.

# **CAPÍTULO 6**

---

## **CONCLUSÕES**

## **6 CONCLUSÕES**

Este trabalho apresentou um modelo de programação para as atividades de reparo em um TCV. O objetivo foi obter a melhor seqüência de contêineres a serem reparados, minimizando a média dos seus atrasos para liberação (critério de desempenho).

Dessa forma, foram utilizadas regras de priorização para resolver o problema que, apesar de não garantir uma solução ótima, se mostraram eficientes para otimizar a programação das oficinas do TCV.

A partir de um algoritmo, foram avaliadas diversas regras de priorização utilizadas na resolução de problemas semelhantes e, entre elas, foi escolhida a que apresentou os melhores resultados para o cenário de programação das oficinas do TCV ao longo de uma semana. A regra de priorização escolhida foi a EDD, por apresentar o menor atraso médio após a aplicação do modelo de programação.

A aplicação do modelo proposto na programação das oficinas do TCV se justifica pelos seguintes fatores:

- Redução no atraso médio de liberação dos contêineres
- Redução do tempo que os contêineres ficam aguardando autorização de reparo
- Utilização de um modelo desenvolvido e validado especificamente para definir uma seqüência de contêineres a serem reparados, em substituição à decisão própria dos funcionários do TCV, mais especificamente, do coordenador da oficina

Além das vantagens anteriormente mencionadas, pode-se citar a possível queda do número de reclamações por parte dos exportadores de carga, em virtude da redução dos atrasos na liberação dos contêineres. No entanto, este não é um fato que pôde ser evidenciado a partir dos resultados deste modelo.

---

## ***Capítulo 6 - Conclusões***

---

Como desdobramentos deste trabalho, podem ser propostos os seguintes temas:

- Reavaliação do arranjo físico e da capacidade das oficinas
  - Redimensionamento das equipas de trabalho (reparo), isto é, avaliá-las quanto à sua composição (número de reparadores)
  - Estudo do impacto devido ao aumento ou diminuição da quantidade de equipas de trabalho atuantes nas oficinas do TCV
-

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BARCO, B. L. **A Logística do Contêiner Vazio**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da USP para a Obtenção do Título de Mestre, 1998.

BODINGTON, C. E.; SHOBRY, D. E. **Planning, Scheduling and Control Integration in the Process Industries**. 1ª Edição, McGraw-Hill, New York, NY, EUA, 1995.

HOFFERL, F.; STEINSCHORN D. e ZEDLACHER, M. **Closing the Gap The OMV scheduling System** 14th World Petroleum Congress (Beijing 10/12-16/97) Proceedings, p.1005-6.

MAGALHÃES, M. V.; MORO L.; SMANIA P. et al. **SIPP – A Solution for Refinery Scheduling**, 1998 NPRA Computer Conference, National Petroleum Refiners Association, November 16-18, San Antonio (TX).

PINEDO, M. **Scheduling – Theory, Algorithms and Systems**. Upper Sadle River, New Jersey, EUA, Prentice Hall, Inc., 2002.

RINALDI, F. **Programação de Tarefas em um Ambiente de Máquinas Paralelas**. Trabalho de Formatura. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. USP, 2001.

SANTORO, M. C. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. Apostila. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. USP, 2001.

WINSTON, W. L. **Operations Research – Applications and Algorithms**. Belmont, Califórnia, EUA, Duxbury Press, 1994.

---

# **ANEXOS**

---

**ANEXOS****ANEXO A – TIPOS DE CONTÊINERES OPERADOS PELA HSUD**













 <p><b>IN - Insulated Container</b> Tamanho: 20'X8'X8' Dimensões Internas (mm): Comprimento: 5.694 Largura: 2.273 Altura: 2.121 Abertura da Porta (mm): Largura: 2.272 Altura: 2.090 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 24.000 Tara: 2.488 Payload: 21.512 Volume (cbm): 28,70</p>	 <p><b>RF - Integrated Reefer Container</b> Tamanho: 20'X8'X8'6" Dimensões Internas (mm): Comprimento: 5.558 Largura: 2.300 Altura: 2.345 Abertura da Porta (mm): Largura: 2.300 Altura: 2.353 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 30.480 Tara: 2.990 Payload: 27.400 Volume (cbm): 30,00</p>	 <p><b>DC/DV - Dry Cargo Container</b> Tamanho: 20'X8'X8'6" Dimensões Internas (mm): Comprimento: 5.906 Largura: 2.352 Altura: 2.396 Abertura da Porta (mm): Largura: 2.338 Altura: 2.293 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 30.480 Tara: 2.300 Payload: 28.180 Volume (cbm): 33,29</p>	 <p><b>PL - Platform</b> Tamanho: 20'X8'X11 1/4" Dimensões Internas (mm): Comprimento: 6.055 Largura: 2.435 Altura: 335 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 24.000 Tara: 2.220 Payload: 21.800 Volume (cbm): •</p>
 <p><b>OT - Open Top Container</b> Tamanho: 20'X8'X8'6" Dimensões Internas (mm): Comprimento: 5.898 Largura: 2.333 Altura: 2.348 Abertura da Porta (mm): Largura: 2.292 Altura: 2.260 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 30.480 Tara: 2.290 Payload: 28.190 Volume (cbm): 32,31</p>	 <p><b>VT - Top Vented</b> Tamanho: 20'X8'X8'6" Dimensões Internas (mm): Comprimento: 5.898 Largura: 2.344 Altura: 2.396 Abertura da Porta (mm): Largura: 2.338 Altura: 2.273 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 30.480 Tara: 2.300 Payload: 28.180 Volume (cbm): 33,12</p>	 <p><b>RH - Int. Reefer Highcube Cont.</b> Tamanho: 40'X8'X9'6" Dimensões Internas (mm): Comprimento: 11.582 Largura: 2.298 Altura: 2.552 Abertura da Porta (mm): Largura: 2.288 Altura: 2.490 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 34.800 Tara: 4.780 Payload: 30.100 Volume (cbm): 70,00</p>	 <p><b>FR - Flat Rack Container</b> Tamanho: 20'X8'X8' Dimensões Internas (mm): Comprimento: 5.929 Largura: 2.267 Altura: 2.261 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 34.000 Tara: 2.780 Payload: 31.220 Volume (cbm): •</p>
 <p><b>HC - Dry Cargo Highcube Cont.</b> Tamanho: 40'X8'X9'6" Dimensões Internas (mm): Comprimento: 12.033 Largura: 2.352 Altura: 2.698 Abertura da Porta (mm): Largura: 2.340 Altura: 2.586 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 30.480 Tara: 4.060 Payload: 26.420 Volume (cbm): 76,37</p>	 <p><b>DC/DV - Dry Cargo Container</b> Tamanho: 40'X8'X8'6" Dimensões Internas (mm): Comprimento: 12.030 Largura: 2.347 Altura: 2.393 Abertura da Porta (mm): Largura: 2.338 Altura: 2.293 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 30.480 Tara: 3.780 Payload: 26.700 Volume (cbm): 67,62</p>	 <p><b>OT - Open Top Container</b> Tamanho: 40'X8'X8'6" Dimensões Internas (mm): Comprimento: 12.040 Largura: 2.320 Altura: 2.290 Abertura da Porta (mm): Largura: 2.320 Altura: 1.980 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 30.480 Tara: 4.050 Payload: 26.430 Volume (cbm): 63,97</p>	 <p><b>PL - Platform</b> Tamanho: 40'X8'X2 7/16" Dimensões Internas (mm): Comprimento: 12.180 Largura: 2.430 Altura: 647 Capacidade de Carga (kg): Bruto: 40.000 Tara: 4.220 Payload: 35.780 Volume (cbm): •</p>

Figura 25 - Principais tipos de contêineres operados pela HSUD

**ANEXO B – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO EM VISUAL BASIC®**

```
Option Explicit
```

```
Option Base 1
```

```
Private Const colEquipe As Integer = 20
```

```
Private Const colReparo As Integer = 2
```

```
Private Const colTempoProcessamento As Integer = 3
```

```
Private Const colPrioridade As Integer = 4
```

```
Private Const colOficinaPos As Integer = 2
```

```
Private cReparos As clsReparo
```

```
Private cOficinaPos As clsOficinaPos
```

```
Private cEquipe As clsEquipe
```

```
Private clReparos As colReparos
```

```
Private clOficinaPos As colOficinaPos
```

```
Private clEquipes As colEquipes
```

```
Private clEquipesComPrioridade As colEquipes
```

```
Public Sub voltarPaginaParametros()
```

```
    Worksheets("Parametros").Activate
```

```
    Range("A1").Select
```

```
End Sub
```

```
Public Sub scheduling()
```

```
    Dim iEquipe As Integer
```

```
    'Carrega OficinaPos disponíveis para cada Equipe
```

```
    Call carregarOficinaPosNosEquipes
```

```
    'Processar equipes
```

```
    For iEquipe = 1 To clEquipes.Count
```

```
        Call carregarPrioridadeDosReparos(iEquipe)
```

```
        Call processarEquipe(iEquipe)
```

```
    Next
```

```
End Sub
```

```
Private Sub processarEquipe(ByVal iEquipe As Integer)
```

```
    Dim sKeyReparo As String
```

```
    Dim sKeyEquipe As String
```

```
    Dim sKeyEquipeAnterior As String
```

```
    Dim sKeyOficinaPos As String
```

```
    Dim sKeyReparoComPrioridade As String
```

```
    Dim iOficinaPos As Integer
```

```
    Dim iReparo As Integer
```

```
    Dim cReparoComPrioridade As clsReparo
```

```
    Dim iTempoProcessamento As Integer
```

---

**Anexos**

---

```

Dim iFimProcessamentoUltimoReparoOficinaPos As Integer
Dim iTempoProcessamentoUltimoReparoOficinaPos As Integer
Set clReparos = New colReparos
Dim sOficinaPosAnterior As String
Dim iIncremento As Integer

sKeyEquipe = "E" + CStr(iEquipe)

For iOficinaPos = 1 To clEquipes.Item(sKeyEquipe).OficinaPos.Count
    'Key da oficina
    sKeyOficinaPos = "M" + CStr(iEquipe) + CStr(iOficinaPos)
    'Existe Reparos na fila de prioridade para a equipe em questão?
    If clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Count <> 0 Then
        If clEquipes.Item(sKeyEquipe).OficinaPos.Item(sKeyOficinaPos).Reparo Is
Nothing Then
            Set clEquipes.Item(sKeyEquipe).OficinaPos.Item(sKeyOficinaPos).Reparo =
New colReparos
            End If
            'Armazena a key do primeiro Reparo da fila de prioridade para retirá-lo
            sKeyReparo = clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Item(1).nome
            'Tempo de processamento do último Reparo da oficina
            iTempoProcessamentoUltimoReparoOficinaPos =
clEquipes.Item(sKeyEquipe).OficinaPos.Item(sKeyOficinaPos).Reparo.Item(clEquipes.Item(
sKeyEquipe).OficinaPos.Item(sKeyOficinaPos).Reparo.Count).fimProcessamento
            If iEquipe > 1 Then
                sKeyEquipeAnterior = "E" + CStr(iEquipe - 1)
                sOficinaPosAnterior = retornaOficinaPos(sKeyEquipeAnterior, sKeyReparo)

                If
clEquipes.Item(sKeyEquipeAnterior).OficinaPos.Item(sOficinaPosAnterior).Reparo(sKeyRep
aro).fimProcessamento <= iTempoProcessamento Or _
clEquipes.Item(sKeyEquipe).OficinaPos.Item(sKeyOficinaPos).Reparo.Count = 0 Or
(iTempoProcessamentoUltimoReparoOficinaPos <=
clEquipes.Item(sKeyEquipeAnterior).OficinaPos.Item(sOficinaPosAnterior).Reparo(sKeyRep
aro).fimProcessamento And
clEquipes.Item(sKeyEquipeAnterior).OficinaPos.Item(sOficinaPosAnterior).Reparo(sKeyRep
aro).inicioProcessamento >= iTempoProcessamentoUltimoReparoOficinaPos) Then
                    If
clEquipes.Item(sKeyEquipeAnterior).OficinaPos.Item(sOficinaPosAnterior).Reparo(sKeyRep
aro).fimProcessamento < iTempoProcessamentoUltimoReparoOficinaPos Then
                        iIncremento = iTempoProcessamentoUltimoReparoOficinaPos
                    Else
                        iIncremento =
clEquipes.Item(sKeyEquipeAnterior).OficinaPos.Item(sOficinaPosAnterior).Reparo(sKeyRep
aro).fimProcessamento
                    End If
                    iTempoProcessamento =
clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Item(1).tempoProcessamento +
iIncremento

```

---

**Anexos**

---

```

clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Item(1).fimProcessamento =
iTempoProcessamento

clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Item(1).inicioProcessamento =
iTempoProcessamento -
clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Item(1).tempoProcessamento
'Adiciona o Reparo que está na fila em uma das oficinas
Call
clEquipes.Item(sKeyEquipe).OficinaPos.Item(sKeyOficinaPos).Reparo.Add(clEquipesComPr
ioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Item(1), sKeyReparo)
'Remove o Reparo que já foi alocada em uma oficina
Call clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Remove(1)
Else
iTempoProcessamento = iTempoProcessamento + 1
End If
Else
iTempoProcessamento =
clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Item(1).tempoProcessamento +
iTempoProcessamentoUltimoReparoOficinaPos
'Colocar o fim de processamento
clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Item(1).fimProcessamento
= iTempoProcessamento

clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Item(1).inicioProcessamento =
iTempoProcessamento -
clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Item(1).tempoProcessamento
'Adiciona o Reparo que está na fila em uma das oficinas
Call
clEquipes.Item(sKeyEquipe).OficinaPos.Item(sKeyOficinaPos).Reparo.Add(clEquipesComPr
ioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Item(1), sKeyReparo)
'Remove o Reparo que já foi alocado em uma oficina
Call clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Remove(1)
End If

If iOficinaPos = clEquipes.Item(sKeyEquipe).OficinaPos.Count And
clEquipesComPrioridade.Item(sKeyEquipe).Reparos.Count <> 0 Then
iOficinaPos = 0
End If

End If
Next

End Sub

Private Function retornaOficinaPos(ByVal sKeyEquipeAnterior As String, ByVal
sKeyReparo As String) As String
Dim iOficinaPos As Integer
For iOficinaPos = 1 To clEquipes.Item(sKeyEquipeAnterior).OficinaPos.Count

```

---

**Anexos**

---

```

    If
    clEquipes.Item(sKeyEquipeAnterior).OficinaPos.Item(iOficinaPos).Reparo.Exists(sKeyRepar
o) Then
        retornaOficinaPos =
    clEquipes.Item(sKeyEquipeAnterior).OficinaPos.Item(iOficinaPos).key
    Exit For
    End If
    Next
End Function

```

```

Private Sub carregarPrioridadeDosReparos(ByVal iEquipe As Integer)
'Inicia a collection para armazenamento dos Reparos (auxiliar)
Set clEquipesComPrioridade = New colEquipes
Dim iPrioridadeCount As Integer
Dim cReparoComPrioridade As clsReparo
Dim sKeyReparo As String
Dim sKeyEquipe As String
Dim sKeyEquipeAnterior As String
Dim sKeyOficinaPos As String
Dim iReparo As Integer
Dim iReparoCount As Integer
Dim vPrioridade() As Variant
Dim iCount As Integer
    Set cEquipe = New clsEquipe
    Set clReparos = New colReparos

'Returna um vetor ordenado
vPrioridade = retornarEquipeOrdenada(iEquipe)

iReparoCount = UBound(vPrioridade, 2)

For iReparo = 1 To iReparoCount
    sKeyEquipe = "E" + CStr(iEquipe)
    Set cReparoComPrioridade = New clsReparo
    sKeyReparo = vPrioridade(1, iReparo)
    cReparoComPrioridade.nome = sKeyReparo
    cReparoComPrioridade.tempoProcessamento = vPrioridade(3, iReparo)
    sKeyReparo = cReparoComPrioridade.nome
    cReparoComPrioridade.key = sKeyReparo
    Call clReparos.Add(cReparoComPrioridade, sKeyReparo)
Next

Set cEquipe.Reparos = clReparos
Call clEquipesComPrioridade.Add(cEquipe, sKeyEquipe)

End Sub

```

```

Private Function retornarEquipeOrdenada(ByVal iEquipe As Integer) As Variant
Dim atemp() As Variant

```

---

**Anexos**

---

```

Dim iOficinaPos As Integer
Dim iReparo As Integer
Dim sKeyReparo As String
Dim sKeyOficinaPos As String
Dim sKeyEquipeAnterior As String
Dim iReparoCount As Integer
    sKeyEquipeAnterior = "E" + CStr(iEquipe - 1)
    iReparoCount = Range("Equipes").Rows.Count / clEquipes.Count

For iReparo = 1 To iReparoCount
    ReDim Preserve atemp(3, iReparo) As Variant
    sKeyReparo = Range("Equipes")(iReparo + ((iEquipe - 1) * iReparoCount), colReparo)
    atemp(1, iReparo) = sKeyReparo
    If iEquipe = 1 Then
        'No coluna 2 será armazenado o que vai ser ordenado
        atemp(2, iReparo) = Range("Equipes")(iReparo + ((iEquipe - 1) * iReparoCount),
colPrioridade)
        'Tempo de processamento
        atemp(3, iReparo) = Range("Equipes")(iReparo + ((iEquipe - 1) * iReparoCount),
colTempoProcessamento)
    Else
        sKeyOficinaPos = retornaOficinaPos(sKeyEquipeAnterior, sKeyReparo)
        'Do segundo em diante é pelo final de processamento.
        atemp(2, iReparo) =
clEquipes.Item(sKeyEquipeAnterior).OficinaPos.Item(sKeyOficinaPos).Reparo.Item(sKeyRe
paro).fimProcessamento + Range("Equipes")(iReparo + ((iEquipe - 1) * iReparoCount),
colPrioridade)
        'Tempo de processamento
        atemp(3, iReparo) = Range("Equipes")(iReparo + ((iEquipe - 1) * iReparoCount),
colTempoProcessamento)
    End If
Next
    retornarEquipeOrdenada = Sort(atemp)
End Function

Private Sub carregarOficinaPosNosEquipes()
Dim iEquipe As Integer
Dim iNumeroOficinaPosNoEquipe As Integer
Dim iOficinaPos As Integer

Set clEquipes = New colEquipes
For iEquipe = 1 To Range("OficinaPos").Rows.Count
    iNumeroOficinaPosNoEquipe = Range("OficinaPos")(iEquipe, colOficinaPos).Value
    Set clOficinaPos = New colOficinaPos
    For iOficinaPos = 1 To iNumeroOficinaPosNoEquipe
        Set cOficinaPos = New clsOficinaPos
        cOficinaPos.nome = "M" + CStr(iEquipe) + CStr(iOficinaPos)
        cOficinaPos.key = cOficinaPos.nome
        Call clOficinaPos.Add(cOficinaPos, cOficinaPos.key)
    Next
Next

```

---

**Anexos**

---

```

'Define a equipe
Set cEquipe = New clsEquipe
cEquipe.nome = "E" + CStr(iEquipe)
cEquipe.key = cEquipe.nome
Set cEquipe.OficinaPos = cOficinaPos
Call cLEquipes.Add(cEquipe, cEquipe.key)
Next
End Sub

Private Function Sort(tempArray As Variant) As Variant
  Dim MaxVal As Variant
  Dim MaxElement1 As Variant
  Dim MaxElement2 As Variant
  Dim MaxIndex As Integer
  Dim i, j As Integer

  ' Step through the elements in the array starting with the
  ' last element in the array.
  If Not IsEmpty(tempArray) Then
    For i = UBound(tempArray, 2) To 1 Step -1

      ' Set MaxVal to the element in the array and save the
      ' index of this element as MaxIndex.
      MaxVal = tempArray(2, i)
      MaxElement1 = tempArray(1, i)
      MaxElement2 = tempArray(3, i)
      MaxIndex = i

      ' Loop through the remaining elements to see if any is
      ' larger than MaxVal. If it is then set this element
      ' to be the new MaxVal.
      For j = 1 To i
        If tempArray(2, j) > MaxVal Then
          MaxVal = tempArray(2, j)
          MaxElement1 = tempArray(1, j)
          MaxElement2 = tempArray(3, j)
          MaxIndex = j
        End If
      Next j

      ' If the index of the largest element is not i, then
      ' exchange this element with element i.
      If MaxIndex < i Then
        tempArray(3, MaxIndex) = tempArray(3, i)
        tempArray(2, MaxIndex) = tempArray(2, i)
        tempArray(1, MaxIndex) = tempArray(1, i)
        tempArray(2, i) = MaxVal
        tempArray(1, i) = MaxElement1
        tempArray(3, i) = MaxElement2
      End If
    Next i
  End If
End Function

```

---

**Anexos**

---

```
    Next i
  End If
  Sort = tempArray

End Function
```

---