

Tiago Venâncio Brasileiro

**MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS EM OPERAÇÃO DE
TRANSPORTE INTERNACIONAL**

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

Orientador:
Professor Antonio Rafael Namur Muscat

São Paulo

2005

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que com muito amor e dedicação na minha educação, são os maiores responsáveis por este momento;

À minha namorada Luana pelo apoio, compreensão e companheirismo demonstrados no último ano;

Ao professor Antonio Rafael Namur Muscat, pela orientação no desenvolvimento do trabalho;

A todos os meus familiares e amigos, pela convivência constante;

RESUMO

O presente trabalho, desenvolvido na Ryder Logística, tem o objetivo de minimizar os custos operacionais da operação de transporte internacional da empresa. A operação em análise possui uma programação realizada de maneira empírica e o estudo busca a sua modelagem matemática. Para a resolução do problema, foram empregadas técnicas de Pesquisa Operacional, com o desenvolvimento de um modelo de programação linear inteira que leva em consideração 14 períodos de programação e visa a minimização dos custos variáveis de transporte. A ferramenta desenvolvida servirá de apoio às decisões de movimentação de equipamentos, mas não substituirá o trabalho humano. As principais razões para a não substituição do fator humano são as exceções que ocorrem no dia-a-dia da operação e que são de difícil modelagem matemática.

ABSTRACT

This report, which was developed in Ryder Logística, has the aim of minimize the operational costs of the company's international transportation operation. The operation is used to plan the movements in a empiric way and the report try to do a mathematical model. To solve the problem, operations research techniques are used to develop an integer programming model, that considers 14 programming periods and has the objective of minimization of the variable transportation costs. The developed tool, will support the movement decisions, but will not substitute the human work. The main reasons for that are the exceptions that take place in the daily routine and are difficult to model.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1 - APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.1. LOGÍSTICA E CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	2
1.2. OPERADORES LOGÍSTICOS.....	3
1.3. RYDER LOGÍSTICA.....	6
1.3.1. História da Empresa.....	6
1.3.2. Ryder no Mundo.....	6
1.3.3. Ryder no Brasil.....	7
CAPÍTULO 2 – OPERAÇÃO TRANSPORTE INTERNACIONAL.....	9
2.1. TRANSPORTE.....	9
2.1.1. Importância do Transporte.....	9
2.1.2. Modais.....	10
2.1.3. Modal Rodoviário.....	10
2.1.3.1. Comparação com outros modais.....	10
2.1.3.2. Importância no Brasil.....	11
2.1.3.3. Situação no Brasil.....	11
2.2. OPERAÇÃO TRANSPORTE INTERNACIONAL.....	13
2.2.1. Objetivo, História e escopo da operação.....	13
2.2.2. Infra-Estrutura.....	14
2.2.2.1. Bases de apoio.....	14
2.2.2.2. Equipamentos.....	16
2.2.2.3. Equipes.....	17
2.2.3. Rotas.....	17
2.2.4. Embarque e suas etapas.....	18
2.2.4.1. Embarques vazios.....	22
2.2.5. <i>Lead Times</i> e <i>Transit Times</i>	23
2.2.6. Programação.....	26
2.3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	27
2.4. OBJETIVO DO TRABALHO.....	28
2.5. ESCOPO DO TRABALHO.....	29
CAPÍTULO 3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	30
3.1. PROBLEMA DE TRANSPORTE.....	30
3.2. PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA.....	32
3.3. MODELOS MULTIPERIODAIS.....	33
3.4. CUSTOS DE TRANSPORTE.....	33
3.4.1. Etapas.....	33
3.4.2. Itens de Custo.....	34

3.4.3. Classificação entre Fixos e Variáveis.....	35
3.4.4. Cálculo do custo de cada Item.....	35
3.4.5. Custeio das Rotas.....	36
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO.....	37
4.1. CÁLCULO DO CUSTO DE TRANSPORTE.....	37
4.1.1. Cálculo dos custos variáveis.....	37
4.1.2. Custo total de transporte e custo por rota.....	40
4.2. O MODELO MATEMÁTICO.....	40
4.2.1. Notação.....	41
4.2.2. Variáveis de Decisão.....	41
4.2.3. Parâmetros do Modelo.....	41
4.2.4. Função Objetivo.....	41
4.2.5. Restrições do Problema.....	42
4.2.6. Oferta e Demanda.....	43
4.3. UTILIZAÇÃO DO MODELO.....	45
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS DO MODELO.....	47
5.1. INPUTS DO MODELO.....	47
5.1.1. Oferta de equipamentos.....	47
5.1.2. Demanda.....	48
5.1.3. Nível de Serviço Mínimo.....	50
5.2. OUTPUTS DO MODELO.....	50
5.2.1. Definição do nível de serviço e resultados do modelo.....	50
5.2.2. Variação do nível de serviço.....	53
5.2.3. Oferta planejada de cavalos e carretas.....	55
5.3. COMPARAÇÃO COM OS DADOS REAIS.....	55
5.4. APERFEIÇOAMENTO DO MODELO.....	58
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO.....	59
BIBLIOGRAFIA.....	60
ANEXOS.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.1 – Cadeia genérica de suprimentos (Transcrito de Ballou, 2001).....	03
Figura 1.2.1 – Percepção dos clientes com relação ao serviço logístico (Elaborado pelo autor com base em informações do Coppead).....	05
Figura 1.3.2.1 – Países com operações Ryder (Dados cedidos pela empresa).....	06
Figura 1.3.2.2 – Serviços oferecidos pela Ryder (Dados cedidos pela empresa).....	07
Figura 2.1.3.3.1 – Situação das estradas brasileiras (Fonte: CNT 2005).....	12
Figura 2.1.3.3.2 – Evolução da idade média da frota brasileira (Fonte: ANFAVEA 2003).....	13
Figura 2.2.2.1.1 – Localização das bases operacionais (Elaborado pelo autor).....	16
Figura 2.2.4.1 – Ciclo de um equipamento (Elaborado pelo autor).....	22
Figura 2.5.1 – Níveis de Planejamento em Logística (Elaborado pelo autor).....	29
Figura 3.1.1 – Problema de Transporte.....	31
Figura 3.4.1.1 – Etapas de Custeio (Transcrito de Lima, 2005).....	34
Figura 5.2.2.1 – Nível de Serviço x Custo por embarque (Elaborado pelo autor).....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.1.1 – Participação do Setor de Transportes na Economia brasileira.....	09
Tabela 2.1.2.1 – Comparação entre modais (Transcrito de Ballou, 2001).....	10
Tabela 2.2.3.1 – Rotas percorridas pelos equipamentos (Elaborado pelo autor).....	18
Tabela 2.2.4.1 – Tempos de trânsito das rotas (Elaborado pelo autor).....	19
Tabela 2.2.4.2 – Tempos de trânsito das rotas (Elaborado pelo autor).....	21
Tabela 2.2.5.1 – Transit times para embarques vazios (Elaborado pelo autor).....	24
Tabela 2.2.5.2 – Transit times para embarques carregados (Elaborado pelo autor).....	24
Tabela 2.2.5.3 – Lead times para embarques vazios (Elaborado pelo autor).....	25
Tabela 2.2.5.4 – Lead times para embarques carregados com origem na Argentina e destino São Paulo (Elaborado pelo autor).....	25
Tabela 2.2.5.5 – Lead times para embarques carregados com origem na Argentina e destino Porto Alegre (Elaborado pelo autor).....	25
Tabela 2.2.5.6 – Lead times para embarques carregados com origem em São Paulo e destino Argentina (Elaborado pelo autor).....	26
Tabela 2.2.5.7 – Lead times para embarques carregados com origem em Porto Alegre e destino Argentina (Elaborado pelo autor).....	26
Tabela 4.1.1.1 – Cálculo do custo variável para viagens vazias (Elaborado pelo autor).....	38
Tabela 4.1.1.2 – Cálculo do custo variável para viagens carregadas (Elaborado pelo autor).....	39
Tabela 4.1.2.1 – Custo variável por rota (Elaborado pelo autor).....	40
Tabela 4.2.6.1 – Demanda por cargas (Elaborado pelo autor).....	44
Tabela 5.1.1.1 – Oferta de Carretas.....	47
Tabela 5.1.1.2 – Oferta de Cavalos.....	48
Tabela 5.1.2.1 – Demanda (Elaborado pelo autor).....	49

Tabela 5.2.1.1 – Custo de Transporte para a semana 01 (Elaborado pelo autor).....	51
Tabela 5.2.1.2 – Custo de Transporte para a semana 02 (Elaborado pelo autor).....	52
Tabela 5.2.2.1 – Comparação entre níveis de serviço (Elaborado pelo autor).....	53
Tabela 5.3.1 – Comparação entre resultados do modelo e a realidade para embarques Rumo sul (Elaborado pelo autor).....	55
Tabela 5.3.2 – Comparação entre resultados do modelo e a realidade para embarques Rumo norte (Elaborado pelo autor).....	56

Introdução

O presente estudo foi realizado durante estágio realizado na Ryder Logística no ano de 2005. Neste período, estive trabalhando na operação de transporte internacional, que realiza o transporte de mercadorias no eixo Brasil – Argentina.

Com a vivência operacional adquirida, pude perceber que o volume de decisões tomadas na operação diariamente é bastante alto. Essas decisões são tomadas de forma empírica e, por serem importantes financeiramente, necessitam de uma ferramenta que utilize métodos científicos de análise.

Nesse contexto, este trabalho propõe o uso de uma ferramenta baseada em técnicas de Pesquisa Operacional, com o objetivo de minimizar o custo de transporte através da melhor combinação possível de deslocamentos.

O trabalho será dividido em 6 capítulos. O primeiro capítulo é dedicado à definição e descrição das atividades logísticas, além de apresentar breve descrição da empresa. O segundo capítulo destina-se a descrição da operação em estudo. No terceiro capítulo, uma revisão da literatura é realizada. O quarto capítulo destina-se à apresentação da formulação matemática do modelo, e do seu funcionamento. O quinto capítulo destina-se à apresentação de alguns resultados obtidos com a utilização do modelo. Por fim, o capítulo 6 apresenta a conclusão do trabalho.

Capítulo 1 – Apresentação do Problema

1.1. Logística e Cadeia de Suprimentos

De acordo com o *Council of Logistics Management*, logística é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes.

Dentre as atividades realizadas pela logística podemos destacar, a previsão da demanda, o controle de estoques, as compras, o controle da informação ligada ao processo, o transporte da mercadoria e a escolha da localização de fábricas e centros de distribuição.

Todas as atividades listadas acima são de extrema importância e servem como diferencial no processo produtivo de qualquer organização. É através da boa gestão das atividades citadas que as empresas conseguem reduzir significativamente o custo dos seus produtos conseguindo, assim, um importante diferencial competitivo.

De acordo com Ballou (2001), “a missão da logística é dispor a mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo em que fornece a maior contribuição à empresa”.

Os profissionais de logística possuem o grande desafio de gerenciar a cadeia de suprimentos. A figura 1.1.1 ilustra uma cadeia de suprimentos:

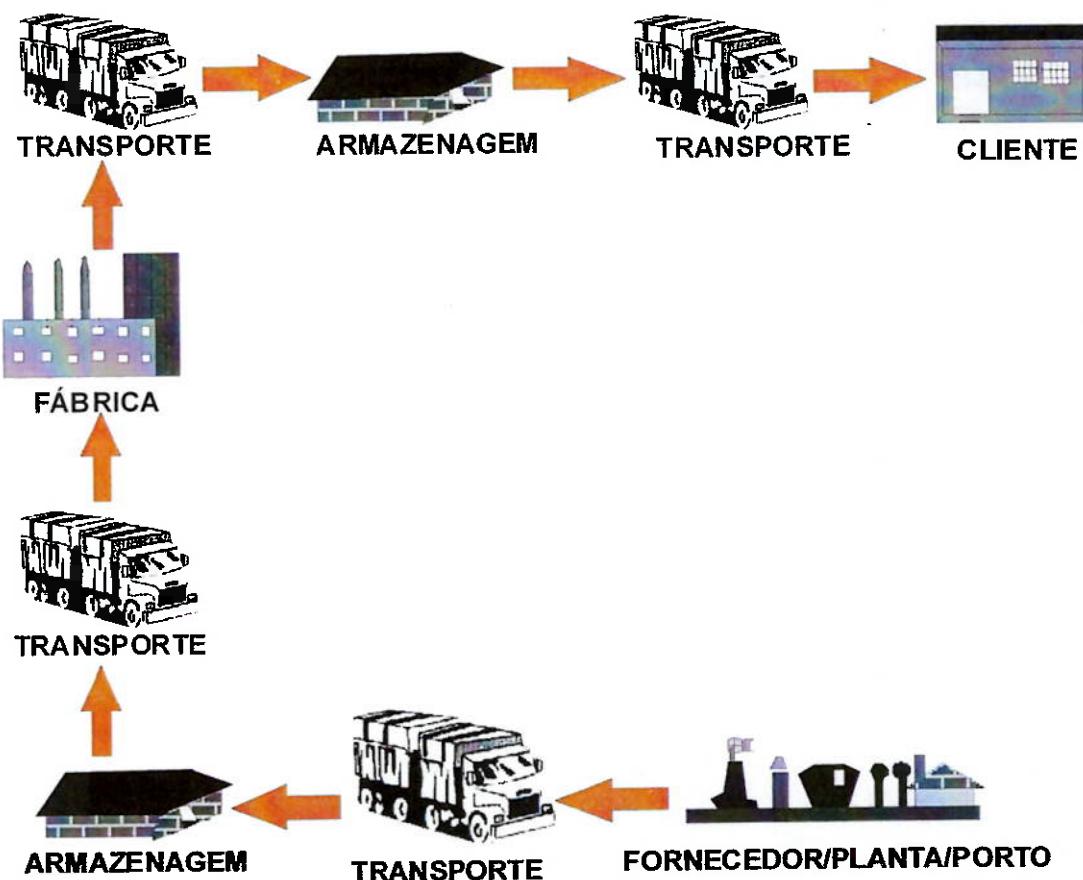


Figura 1.1.1 – Cadeia genérica de suprimentos (Transcrito de Ballou, 2001)

1.2. Operadores Logísticos

As atividades logísticas necessitam de forte investimento. Transportar e armazenar mercadorias exige muito espaço, muito equipamento, muitos recursos humanos e muita tecnologia da informação. Dados do *Centro de Estudos em Logística do COPPEAD/UFRJ*, indicam que a média de gastos com atividades logísticas nas empresas brasileiras é 7% do faturamento, sendo que o setor de bebidas possui um gasto de 12% do faturamento. Outro dado interessante mostra que as 500 maiores empresas do país consomem cerca de R\$ 39 bilhões por ano em atividades logísticas.

Em um cenário atual, no qual as empresas buscam o mínimo de investimento possível e o mínimo custo em todo o processo produtivo, os gastos com logística passaram a receber uma forte atenção.

Essa preocupação gerou oportunidades para empresas que realizam esse serviço. Essas companhias surgem com o intuito de diminuir o custo, além de melhorar a qualidade dos serviços. Tratando-se de empresas especializadas, com o objetivo de otimizar o serviço logístico, permitem aos clientes a concentração nas demais atividades produtivas que compõe o “*Core Business*”.

Quando se contrata um Operador Logístico pode-se contratar apenas um serviço de transporte, ou apenas um serviço de armazenagem, ou serviços mais complexos que incluem a coleta programada nos fornecedores, a armazenagem e a consolidação do que foi coletado e o transporte para as plantas do cliente.

Para se ter uma idéia da importância da logística para as empresas, do espaço que os operadores logísticos possuem para atuar e do crescimento do mercado, seguem abaixo algumas informações de uma pesquisa realizada no ano de 2004 pelo *Centro de Estudos em Logística do COPPEAD/UFRJ*:

- Nos setores de material de construção, higiene e limpeza, papel e celulose, automotivo e de autopeças, eletro-eletrônicos e de bebidas, 100% dos respondentes afirmou que logística é vantagem competitiva para as empresas. Já nos demais setores, o valor manteve-se sempre acima de 75%;
- Entre os anos de 1998 e 2003, houve um aumento em cerca de 50% no índice geral de terceirização logística nas empresas. Esse número pulou de 41% em 1998 para 60% em 2003;
- A previsão para o ano de 2005 era que 45% das empresas pretendiam aumentar os gastos com a terceirização dos serviços logísticos, enquanto apenas 7% pretendiam reduzi-los;

Ainda na mesma pesquisa, pode-se obter os principais motivos, em ordem crescente de importância, pelos quais as empresas vêm procurando terceirizar as suas atividades logísticas:

- Aumentar o controle das atividades logísticas;
- Melhorar a Tecnologia de Informação Utilizadas;
- Aumentar os níveis de serviço logísticos;
- Reduzir o investimento em ativos;
- Focar no “*Core Business*”;
- Reduzir Custos;

A percepção dos clientes é a de que a contratação dos operadores logísticos é benéfica para o processo produtivo. A figura 1.2.1 mostra os resultados obtidos após a contratação dos provedores logísticos:

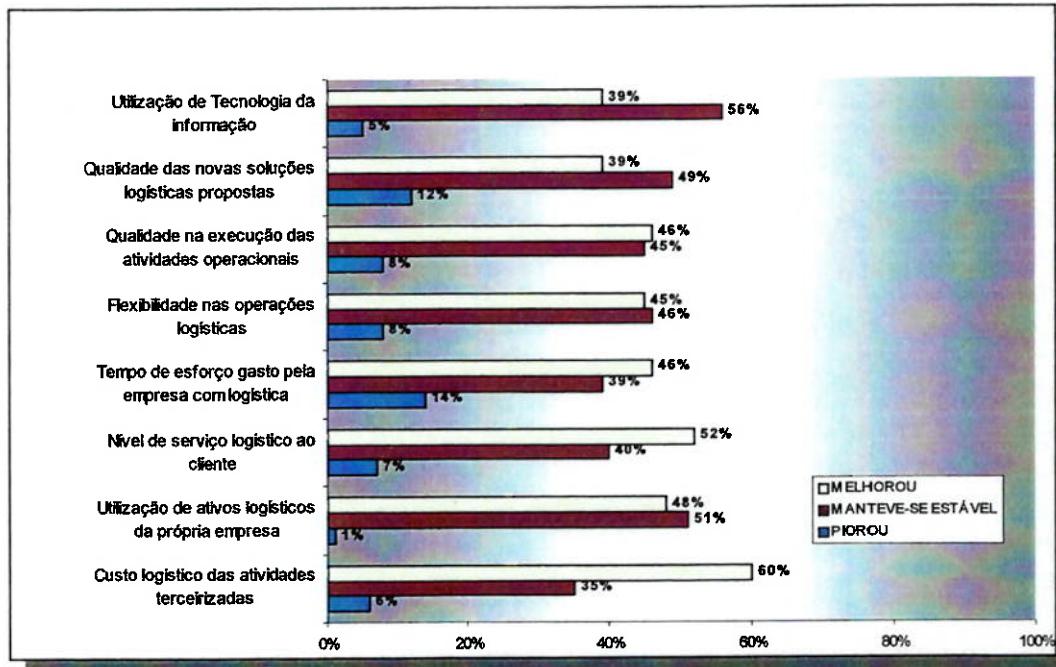


Figura 1.2.1 – Percepção dos clientes com relação ao serviço logístico (Elaborado pelo autor com base em informações do Copread)

1.3. Ryder Logística

1.3.1. História da Empresa

Segundo informações institucionais, a *Ryder Systems* foi fundada em 1933 por *James A. Ryder* em Miami, EUA. A empresa possuía apenas 1 caminhão Ford modelo “A” que realizava o transporte de concreto.

Ainda na década de 30, a empresa já possuía uma frota de 50 caminhões, com um faturamento anual próximo a US\$ 100 mil. O crescimento nos Estados Unidos aconteceu de forma acelerada e consistente. No ano de 1971 a empresa decidiu ampliar os negócios para o mercado europeu, especificamente na Inglaterra. Posteriormente, em 1978 a receita anual atingiu a barreira dos US\$ 1 bilhão.

A empresa continuou crescendo, tornou-se um operador logístico e não apenas uma transportadora e, atualmente possui um faturamento da ordem de US\$ 5 bilhões e cerca de 30 mil funcionários espalhados pelo mundo.

1.3.2. Ryder no Mundo

A Ryder possui negócios em 4 continentes (Ásia, Europa, América do Norte e América Latina). A figura 1.3.2.1 mostra os países que possuem operações da Ryder:

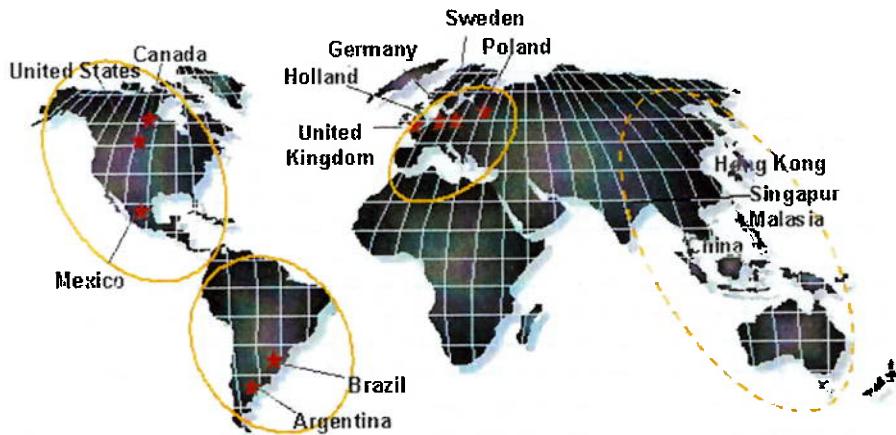


Figura 1.3.2.1 – Países com operações Ryder (Dados cedidos pela empresa)

A empresa presta serviços à quase todos os segmentos industriais, como o aeroespacial, o automotivo, o de bens de consumo não duráveis, o de alimentação, o de equipamentos de alta tecnologia, o de bens de capital, o de telecomunicações, o de varejo, o editorial e o de papel. Os serviços prestados vão desde a coleta no fornecedor até a entrega no cliente final incluindo, assim, toda a cadeia de suprimentos.

A figura 1.3.2.2 mostra o escopo dos serviços prestados pela Ryder:

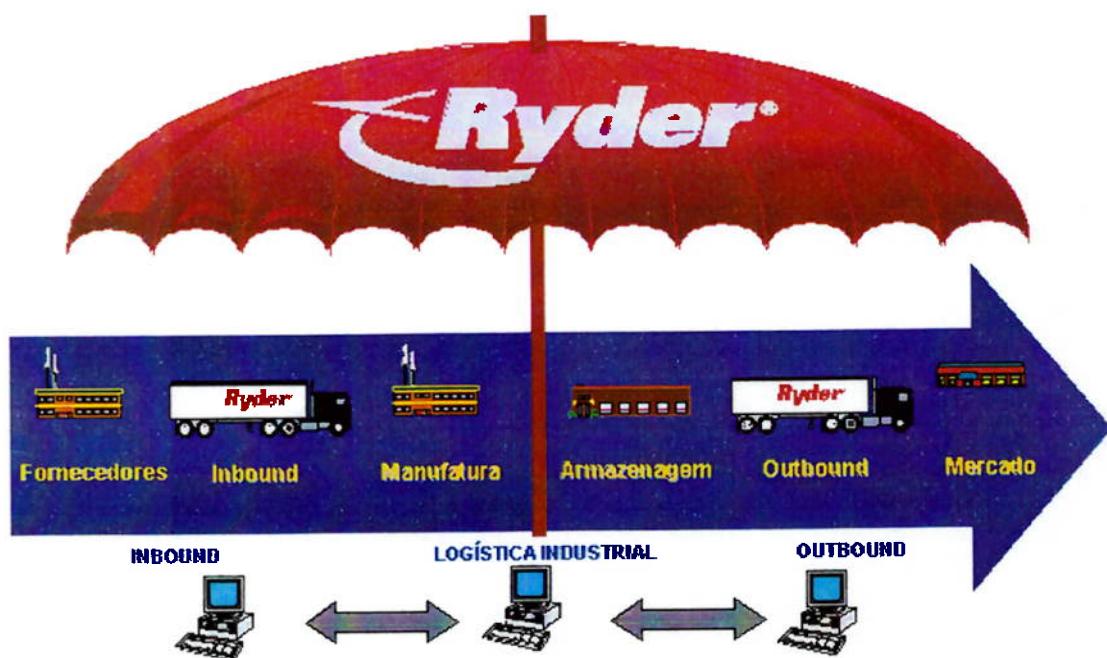


Figura 1.3.2.2 – Serviços oferecidos pela Ryder (Dados cedidos pela empresa)

1.3.3. Ryder no Brasil

A Ryder iniciou suas operações no Brasil em 1995. A estratégia foi associar-se à Cia. Transportadora e Comercial Translor, especializada no transporte de veículos automotivos no Mercosul, em 1997. Um ano mais tarde, adquiriu de forma definitiva a Translor, a qual passou a se chamar Ryder Logística Ltda.

Dentre as atividades prestadas pela empresa no Brasil, podemos citar:

- Importação, Exportação e Serviços Aduaneiros;

- (Des) Carregamento de containers;
- Transporte e Gerenciamento de Transporte;
- Armazenagem;
- Gerenciamento de estoques;
- Roteirização e Rastreamento;
- Distribuição;
- *Milk Runs*;
- Abastecimento de linha;

Capítulo 2 – Operação Transporte Internacional

Neste capítulo será feita uma descrição da situação do transporte rodoviário no Brasil, além de uma descrição da operação Transporte Internacional Brasil – Argentina. Ao final, o objetivo e o escopo do trabalho serão apresentados.

2.1. Transporte

2.1.1. Importância do transporte

De acordo com Lambert (1993), um produto tem pouco valor para o consumidor final a menos que ele seja movimentado para o ponto onde será consumido. O transporte serve para satisfazer a necessidade do consumidor.

Como Ballou (2001) aponta, o transporte é geralmente o elemento mais importante nos custos logísticos, para a maioria das empresas. A movimentação de fretes absorve entre um e dois terços do total de custos logísticos.

Em pesquisa realizada no ano de 2004, pelo *Centro de Estudos em Logística do COPPEAD/UFRJ*, o transporte representa 64% dos custos logísticos das empresas brasileiras. A tabela 2.1.1.1 mostra a participação do setor de transportes na economia brasileira:

PARTICIPAÇÃO DO SETOR DE TRANSPORTES NA ECONOMIA BRASILEIRA	
<i>Valor adicionado pelo setor de transportes no PIB (%)</i>	<i>4,4%¹</i>
<i>Valor adicionado pelo setor de transportes no PIB (R\$)</i>	<i>RS 42 bilhões¹</i>
<i>Empregos diretos gerados</i>	<i>1,2 milhões²</i>
<i>Total de carga movimentada por ano (T)</i>	<i>746 bilhões³</i>

¹ Fonte: *Balanço Econômico Nacional - 2000* / MME (dados do 1999) e IBGE

² Fonte: *Pesquisa Anual de Serviços* - IBGE (dados de 1998)

³ Fonte: *Anuário Estatístico 2001* - Geipor (dados do ano 2000)

Tabela 2.1.1.1 – Participação do Setor de Transportes na Economia brasileira

2.1.2. Modais

Em Logística temos 5 modais básicos: aquaviário, ferroviário, rodoviário, aerooviário e dutoviário. De acordo com Ballou (2001), a escolha do modal a ser utilizado depende de algumas características básicas: preço, tempo médio em trânsito, variabilidade do tempo em trânsito e perdas e danos.

A tabela 2.1.2.1, mostra estimativa realizada por Ballou (2001), sobre o desempenho de cada um dos modais:

MODAL	1 - CUSTO (1=MAIOR)	2 - TEMPO DE TRÂNSITO (1=MAIS RÁPIDO)	3 - VARIAÇÃO ABSOLUTA (1=MENOR)	4 - VARIAÇÃO RELATIVA (2/3) (1=MENOR)	5 - PERDAS E DANOS (1=MENOR)
Ferroviário	3	3	4	3	5
Rodoviário	2	2	3	2	4
Aquaviário	5	5	5	4	2
Dutoviário	4	4	2	1	1
Aéreo	1	1	1	5	3

Tabela 2.1.2.1 – Comparação entre modais (Transcrito de Ballou, 2001)

A escolha do Modal é uma difícil decisão e depende de um equilíbrio entre a qualidade de serviço desejada e do quanto se está disposto a gastar. Essa escolha é facilitada, em muitas situações, nas quais alguns dos modais estão indisponíveis, diminuindo assim, a quantidade de opções.

2.1.3. Modal Rodoviário

Nesse estudo, torna-se importante a apresentação de alguns dados sobre o modal rodoviário, tendo em vista que o estudo será feito numa operação rodoviária.

2.1.3.1. Comparação com outros modais

O transporte Rodoviário é um serviço destinado à produtos semi-acabados e acabados, com distâncias médias percorridas menores do que as percorridas pelo modal ferroviário, por exemplo.

Uma grande vantagem desse modal é que seus serviços são de porta-a-porta, de modo que carregamentos e descarregamentos não são exigidos entre a origem e o destino da carga, fato este que freqüentemente ocorre em modais ferroviários, aéreos e aquaviários.

Uma desvantagem desse serviço é a limitação de peso e volume da carga. Em outros modais, essas variáveis podem assumir valores maiores.

2.1.3.2. Importância no Brasil

O mercado brasileiro é dependente do transporte rodoviário. Dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), mostram que a participação do modal rodoviário no transporte de cargas no país é de 63%, em comparação com dados do Banco Mundial que afirmam que a participação nos EUA é de 26%.

Algumas razões para essa dependência são: deficiência na infra-estrutura de ferrovias, relevo que dificulta o transporte marítimo no interior do país e altos custos do modal aéreo.

2.1.3.3. Situação no Brasil

Como já foi dito anteriormente, o modal rodoviário é responsável por 63% da matriz de transporte brasileira. Com uma importância dessa magnitude, espera-se uma boa infra-estrutura, permitindo uma maior eficiência.

Na abertura da 71ª Exposição Internacional de Gado Zebu, no mês de maio de 2005, em Minas Gerais, o vice-presidente e ministro da defesa, José Alencar criticou a atual situação das estradas brasileiras. “É preciso que o governo ofereça garantia absoluta de que não faltarão estradas para escoar a produção”, declarou Alencar.

A verdade é que a situação em diversas estradas brasileiras é precária, dificultando a realização do transporte e gerando condições inseguras para os motoristas.

A figura 2.1.3.3.1 mostra a classificação da situação das estradas brasileiras. Note que a maioria das estradas encontra-se com a classificação deficiente:

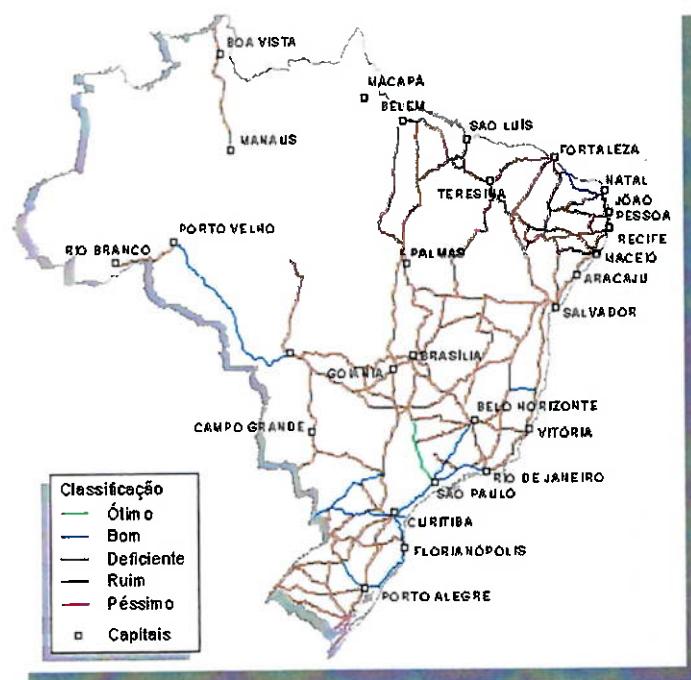


Figura 2.1.3.3.1 – Situação das estradas brasileiras (Fonte: CNT 2005)

Outro fator que dificulta a eficiência do modal é o alto custo de financiamento de veículos novos, o que vêm fazendo com que a idade média da frota brasileira aumente a cada ano.

Dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), mostram que em 2003, a frota brasileira estava em 1,8 milhões de veículos, com uma idade média que já ultrapassava os 18 anos. Esta idade média vem aumentando ao longo dos anos, já que o número de novos veículos entrantes no mercado não é suficiente para renovar a frota.

A figura 2.1.3.3.2 mostra a evolução da idade média da frota brasileira:

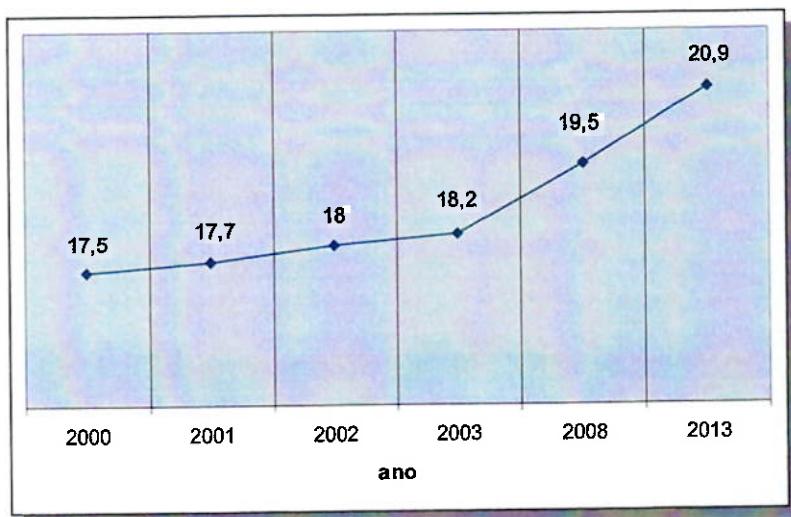


Figura 2.1.3.3.2 – Evolução da idade média da frota brasileira (Fonte: ANFAVEA 2003)

2.2. Operação Transporte Internacional

2.2.1. Objetivo, História e Escopo da Operação

A operação Transporte Internacional tem como objetivo transportar mercadorias no eixo Brasil – Argentina.

Essa operação surgiu como etapa da operação RGM (Ryder - General Motors). A operação RGM inclui a coleta dos produtos disponibilizados pelos fornecedores da GM, a consolidação dos produtos em um armazém Ryder e, finalmente o transporte das mercadorias consolidadas para a Argentina, com o posterior retorno de parte das embalagens usadas.

Com o desbalanceamento gerado pelo cliente *General Motors*, notou-se a necessidade de cargas que balanceassem o sistema, ou seja, cargas com origem na Argentina e destino no Brasil. Surgiu, assim, um grande negócio de transporte com um volume alto de viagens mensais.

O escopo da operação inclui as seguintes atividades:

- Transporte Físico das mercadorias;

- Desembaraço Aduaneiro (nacionalização e desnacionalização das mercadorias), para alguns dos clientes;
- Acompanhamento do desembaraço para alguns dos clientes;

O escopo da operação não inclui a realização dos planos de carga para os embarques. Para o cliente *General Motors*, o plano de carga é realizado por funcionários Ryder de um outro setor e, nos demais casos, os planos de carga são realizados pelos próprios clientes. A operação trabalha, portanto, com cargas fechadas.

2.2.2. Infra-Estrutura

Para se atingir o objetivo de transportar os produtos no eixo Brasil – Argentina, a Ryder utiliza a seguinte infra-estrutura:

2.2.2.1. Bases de Apoio

Podemos agrupar os clientes em 5 grandes regiões. No Brasil temos 2 regiões de concentração de plantas dos clientes:

- **Região do estado de São Paulo:** Grande parte dos clientes está situada no interior do estado ou no ABC paulista, localizados em um raio de até 200 Km;
- **Região próxima à cidade de Porto Alegre** no estado do Rio Grande do Sul: Todos os clientes estão situados em um raio de até 100 Km;

Já na Argentina, temos 3 regiões de concentração de plantas dos clientes:

- **Região próxima à cidade de Buenos Aires:** Todos os clientes estão situados em um raio de até 100 Km;
- **Região próxima à cidade de Rosário:** Temos nessa região apenas o cliente *General Motors* que está localizado na própria cidade;
- **Região próxima à cidade de Córdoba:** Todos os clientes estão localizados em um raio de até 100 Km;

As localizações dos clientes foram usadas para a definição da localização das bases operacionais. Como o transporte realizado inclui um processo em fronteira e o escopo da operação inclui o desembaraço aduaneiro, foram necessárias mais 2 bases operacionais na fronteira dos 2 países. As localizações das bases operacionais da Ryder são as seguintes:

- São Bernardo do Campo, no estado de São Paulo;
- São José dos Campos, no estado de São Paulo;
- Indaiatuba, no estado de São Paulo;
- Canoas, no estado do Rio Grande do Sul;
- São Borja, na fronteira entre o estado do Rio Grande do Sul e a Argentina;
- Uruguaiana, na fronteira entre o estado do Rio Grande do Sul e a Argentina;
- Buenos Aires, na Argentina;
- Rosário, na Argentina;
- Córdoba, na Argentina;

A figura 2.2.2.1.1 mostra um mapa esquemático com a localização das bases (em azul):



Figura 2.2.2.1.1 – Localização das bases operacionais (Elaborado pelo autor)

2.2.2.2. Equipamentos

Para atender a demanda de cargas é necessário o uso de equipamentos de transporte. A Ryder possui 476 *Carretas Randon Sider de 3 eixos*, que facilitam o carregamento já que permitem que ele seja feito pelas laterais, não exigindo a entradas de empilhadeiras para ter acesso a todo o compartimento.

Além das carretas, a empresa tem à sua disposição 330 cavalos-mecânicos utilizados para “puxar” as carretas. Existe uma variedade de marcas, mas o modelo mais comum e utilizado para a formação de preços é o *Cavalo Trator Scania – R124GA – 4X2 – 360 cavalos*.

Todos os cavalos possuem GPS (*Global Positioning System*), que auxilia os operadores no importante trabalho de rastreamento que garante o bom nível de serviço e a segurança de cargas e equipamentos.

Outro diferencial da empresa é a idade média da frota de cavalos. Os equipamentos possuem uma idade máxima de 5 anos, diferente da média brasileira de 18 anos.

2.2.2.3. Equipes

Para controlar uma operação com um volume alto de viagens precisa-se de uma grande equipe que faça o trabalho comercial, de programação, de controle e de rastreamento das viagens.

Nas bases de São Bernardo do Campo e de Buenos Aires, que possuem um maior volume de cargas, temos pessoas responsáveis pela parte comercial, que inclui o contato com o cliente e, a consequente solicitação de equipamentos. Também temos concentradas nessas 2 bases o trabalho de programação da frota.

As funções de controle são realizadas em todas as bases operacionais. Essas funções incluem o recebimento de motoristas e consequente baixa das viagens, além da liberação dos motoristas para as viagens originárias daquela base operacional.

Por último, a função de rastrear as cargas está sob responsabilidade de uma equipe situada na base se São Bernardo do Campo. Qualquer informação a respeito do andamento das viagens que não possa ser vista no sistema deve ser solicitada a essa equipe.

2.2.3. Rotas

Nesta seção serão expostas as rotas percorridas pelos equipamentos da Ryder.

Uma definição que precisa ser bem entendida é a de Embarques Rumo Sul e Rumo Norte.

Embarques Rumo Sul são aqueles com origem no Brasil e destino na Argentina. As possíveis origens desses embarques são, portanto, as regiões de São Paulo e de Porto Alegre e os possíveis destinos são Buenos Aires, Rosário e Córdoba.

Embarques Rumo Norte são aqueles com origem na Argentina e destino no Brasil. As possíveis origens são Buenos Aires, Rosário e Córdoba e os possíveis destinos são Porto Alegre e São Paulo.

A tabela 2.2.3.1 mostra as possíveis rotas percorridas pelos equipamentos.

ORIGEM	DESTINO
São Paulo	Buenos Aires
	Rosário
	Córdoba
Porto Alegre	Buenos Aires
	Rosário
	Córdoba
Buenos Aires	São Paulo
	Porto Alegre
Rosário	São Paulo
	Porto Alegre
Córdoba	São Paulo
	Porto Alegre

Tabela 2.2.3.1 – Rotas percorridas pelos equipamentos (Elaborado pelo autor)

Apesar de estarmos falando de uma operação de transporte internacional, por problemas no balanceamento da malha podem existir alguns embarques nacionais. Os mais comuns deles são os embarques de Porto Alegre para São Paulo. Porto Alegre, por exemplo, costuma ser uma região que recebe mais cargas do que gera, portanto, alguns equipamentos são deslocados para São Paulo, que é uma região originária de uma grande quantidade de cargas, gerando um custo indesejável de viagens vazias que não geram receitas.

2.2.4. Embarque e suas etapas

Um embarque pode ser definido como o transporte físico de mercadorias entre um ponto de origem e um ponto destino para o atendimento de uma demanda. As previsões de demanda são fornecidas pela área comercial e a operação deve disponibilizar os equipamentos no dia desejado para que as etapas do processo sejam cumpridas.

Podemos definir 7 etapas no processo a serem descritas a seguir:

➤ **Coleta**

Quando temos uma solicitação de carga, precisamos, primeiramente, enviar o equipamento para o local indicado pelo cliente. Essa etapa, portanto, consiste em um deslocamento da base Ryder para o cliente para a realização do carregamento, que é realizado por pessoas do próprio cliente. O envio deste equipamento normalmente ocorre horas antes do início planejado da viagem. As viagens costumam ter início no final da tarde ou no início da noite portanto, o equipamento deve ser enviado para o cliente no final da manhã, ou no início da tarde, dependendo da distância a ser percorrida.

➤ **Viagem Internacional (Trecho 1)**

Essa etapa do embarque se inicia ao final da coleta. Ela consiste no trânsito da origem do embarque até a fronteira. A viagem costuma iniciar no final da tarde ou no início da noite e costuma chegar em fronteira 1 ou 2 dias depois, dependendo do trecho percorrido, no período da manhã.

Para as rotas Rumo Sul, a 1^a parte do embarque é o trecho brasileiro. Em contrapartida, nas rotas Rumo Norte, esse 1º trecho é a parte Argentina do embarque.

A tabela 2.2.4.1 mostra os tempos médios de trânsito das principais rotas percorridas:

ORIGEM	FRONTEIRA	TRANSIT-TIME
São Paulo	São Borja	40 horas
	Uruguaiana	42 horas
Porto Alegre	São Borja	18 horas
	Uruguaiana	20 horas
Buenos Aires	São Borja	18 horas
	Uruguaiana	16 horas
Rosário	São Borja	20 horas
	Uruguaiana	18 horas
Córdoba	São Borja	22 horas
	Uruguaiana	20 horas

Tabela 2.2.4.1 – Tempos de trânsito das rotas (Elaborado pelo autor)

➤ Fronteira

Ao final do 1º trânsito, inicia-se a etapa de fronteira. Essa etapa possui a função de realizar a desnacionalização da carga com relação ao país de origem e, posterior, nacionalização da carga com relação ao país destino. É uma etapa importante e que diferencia o transporte internacional do transporte nacional.

A empresa possui 2 bases operacionais em fronteira com uma equipe responsável por acompanhar os processos de conferência de documentação e carga e por garantir que os prazos de cruzamento sejam cumpridos.

O caminhão costuma chegar em fronteira no período da manhã (entre 6 h e 12 h) e costuma ser liberado no dia seguinte no final da tarde ou início da noite (entre 15 h e 21 h). A fronteira funciona diariamente, com uma restrição de horário no domingo, dia em que o órgão só funciona até as 13 horas.

➤ Viagem Internacional (Trecho 2)

Quando o caminhão é liberado em fronteira se inicia a segunda parte do trânsito. Analogamente ao que foi dito anteriormente, temos que: para as rotas Rumo Sul, a 2ª parte do embarque é o trecho argentino, e para as rotas Rumo Norte, o 2º trecho é a parte brasileira do embarque. A tabela 2.2.4.2 mostra os tempos médios de trânsito das principais rotas percorridas:

FRONTEIRA	DESTINO	TRANSIT-TIME
São Borja	São Paulo	40 horas
	Porto Alegre	18 horas
	Buenos Aires	18 horas
	Rosário	20 horas
	Córdoba	22 horas
Uruguiana	São Paulo	42 horas
	Porto Alegre	20 horas
	Buenos Aires	16 horas
	Rosário	18 horas
	Córdoba	20 horas

Tabela 2.2.4.2 – Tempos de trânsito das rotas (Elaborado pelo autor)

➤ Descarregamento

Ao término do trânsito, temos a etapa de descarregamento. Esta etapa teoricamente é bastante simples já que consiste em retirar as mercadorias da carreta, colocando-as no estoque do cliente.

Porém, a maioria dos clientes, para reduzir os seus custos de estocagem, pede à Ryder para manter uma parte do seu estoque em suas carretas, ou seja, as carretas costumam ficar esperando em uma fila para descarregar os produtos.

O descarregamento físico dura entre 1 e 3 horas mas, devido às filas, que podem ocorrer nas bases Ryder ou nas próprias dependências dos clientes, considera-se que, para o Rumo Sul, o tempo de descarregamento é de 48 horas úteis e, para o Rumo Norte, o tempo de descarregamento é de 24 horas úteis.

Outra restrição importante, e que prejudica a produtividade da frota é o fato de que os clientes não realizam o descarregamento aos sábados e domingos, portanto, nos casos em que o caminhão chega ao destino no final de semana, o tempo de descarregamento pode ser de 96 horas (48 horas úteis + 48 horas perdidas com o final de semana).

➤ Manutenção de equipamentos

A etapa final da utilização de um equipamento é a manutenção. Precisamos dividir a manutenção entre a manutenção das carretas e dos cavalos.

A manutenção dos cavalos é realizada sempre em fronteira aproveitando o tempo ocioso de espera pela liberação da carga.

Já a manutenção das carretas é realizada sempre na base de São Bernardo do Campo. A cada 5.000 Km se faz uma inspeção geral dos itens e, a cada 10.000 Km é realizada uma manutenção mais abrangente. A inspeção dura, em média, 2 horas enquanto a manutenção dura 4 horas, em média.

A Ryder possui uma oficina de manutenção na base com um funcionamento de 24 horas por dia para que, não se gaste um tempo excessivo em esperas por manutenção que possam diminuir o estoque de equipamentos do dia.

➤ Tempo de espera em bases

Após o término do descarregamento ou o término da manutenção (quando necessária), o equipamento fica disponível para o uso da operação (programadores). Uma importante variável indicadora do nível de utilização da frota é o tempo de espera em bases até que a carreta seja novamente usada em um novo embarque. Outro indicador importante de ociosidade é o nível de estoque de equipamentos nas bases. Estoques com valores baixos indicam uma grande utilização da frota.

Com essa última etapa fechamos o ciclo dos equipamentos, já que o equipamento irá novamente iniciar uma coleta e realizar uma viagem.

Na figura 2.2.4.1, temos representado um ciclo de um equipamento:

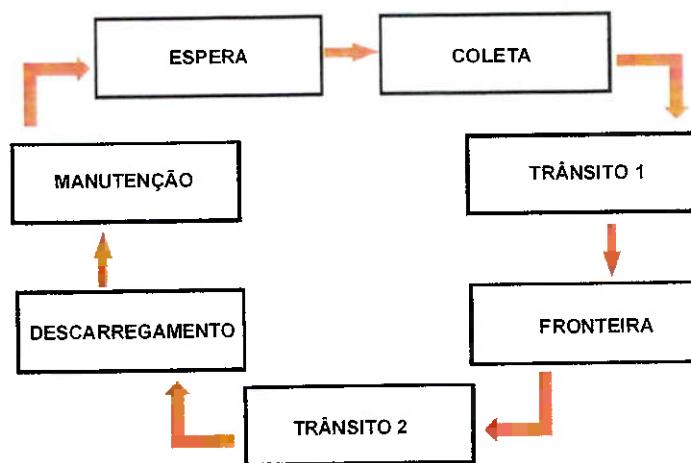


Figura 2.2.4.1 – Ciclo de um equipamento (Elaborado pelo autor)

2.2.4.1. Embarques Vazios

Devido ao desbalanceamento da malha, resultado de uma operação complexa e de uma variação na demanda, torna-se necessária à realização de embarques vazios para o re-posicionamento de equipamentos.

Um embarque vazio possui uma complexidade bem menor se comparado ao embarque carregado. As únicas etapas presentes são as etapas de trânsito e a etapa de

fronteira. Além disso, existe uma grande diferença em fronteira já que não existe a apresentação de documentação de carga e, portanto, o processo dura apenas algumas horas.

Existem ainda os deslocamentos vazios nacionais, tanto no caso brasileiro como no caso argentino, onde a única etapa presente é o trânsito.

2.2.5. *Lead-Times* e *Transit-Times*

Com base nos tempos gastos em cada uma das etapas dos embarques, podemos chegar aos tempos de ocupação de cavalos e carretas quando eles são alocados em algum embarque.

Podemos definir como *Transit-Time* o tempo gasto para conduzir a carga da origem até o destino, passando pela fronteira. Já o *Lead-Time* pode ser definido como o tempo de ocupação de uma carreta por parte da carga, ou seja, todo o processo, desde a coleta até o término do descarregamento.

Os *Transit-Times* podem ser também definidos como o tempo de ocupação de cavalos por um embarque, já que o cavalo torna-se disponível para uso após a chegada ao destino. Analogamente, os *Lead-Times* podem ser encarados como sendo o tempo de ocupação das carretas, incluindo o tempo de descarregamento.

Os *Transit-Times* de cada uma das rotas não possuem alterações com a variação dos dias da semana em que o embarque foi originado, visto que os tempos de trânsito são fixos e que o tempo de fronteira considerado é fixo e igual à 1 dia.

Em contrapartida, os *Lead-Times* variam conforme o dia da semana em que o embarque foi iniciado. Tomemos como exemplo o caso em que o equipamento sai na segunda-feira da região de São Paulo, em direção à região de Buenos Aires. Esse equipamento sairá no final da tarde de segunda-feira chegando em fronteira na manhã de quarta-feira. No período da tarde de quinta-feira, a carga será liberada em fronteira chegando em Buenos Aires na sexta-feira pela manhã. Como o tempo de descarregamento é de 48 horas úteis, ele só será finalizado no final do dia, na segunda-feira posterior, estando o equipamento disponível para utilização apenas na terça-feira. Todo esse processo resulta

em um *Lead-Time* de 8 dias, ou seja, o equipamento só estará disponível para uso 8 dias após o início do embarque.

Um outro caso a ser analisado é o caso das saídas de quinta-feira. Nesses casos, o equipamento chega na Argentina na segunda-feira, realizando o descarregamento até o final da terça-feira, tornando-se disponível na quarta-feira, o que, diferentemente do caso anterior, resulta em um *Lead-Time* de apenas 6 dias.

A seqüência de tabelas abaixo mostra *Transit-Times* e *Lead-Times* para todos os trechos e para todos os tipos de viagens:

TRANSIT-TIMES PARA EMBARQUES VAZIOS (em dias)					
De / Para	Todos as rotas				
	SBC	POA	BUE	ROS	CDB
SBC	X	2	3	3	3
POA	2	X	2	2	2
BUE	3	2	X	1	1
ROS	3	2	1	X	1
CDB	3	2	1	1	X

Tabela 2.2.5.1 – Transit-times para embarques vazios (Elaborado pelo autor)

TRANSIT-TIMES PARA EMBARQUES CARREGADOS (em dias)					
De / Para	Todos as rotas				
	SBC	POA	BUE	ROS	CDB
SBC	X	2	4	4	4
POA	2	X	3	3	3
BUE	4	3	X	X	X
ROS	4	3	X	X	X
CDB	4	3	X	X	X

Tabela 2.2.5.2 – Transit-times para embarques carregados (Elaborado pelo autor)

LEAD-TIMES PARA EMBARQUES VAZIOS (em dias)					
Todos as rotas					
De / Para	SBC	POA	BUE	ROS	CDB
SBC	x	2	3	3	3
POA	3	x	2	2	2
BUE	4	2	x	1	1
ROS	4	2	1	x	1
CDB	4	2	1	1	x

Tabela 2.2.5.3 – Lead-times para embarques vazios (Elaborado pelo autor)

LEAD-TIMES PARA EMBARQUES CARREGADOS (em dias)		
1) Origem: Argentina; Destino: São Paulo		
INÍCIO	DISPONIBILIDADE	LEAD-TIME
SEG	SEG	7
TER	TER	7
QUA	TER	6
QUI	QUA	6
SEX	QUI	6
SAB	SEX	6
DOM	SAB	6

Tabela 2.2.5.4 – Lead-times para embarques carregados com origem na Argentina e destino São Paulo (Elaborado pelo autor)

LEAD-TIMES PARA EMBARQUES CARREGADOS (em dias)		
2) Origem: Argentina; Destino: Porto Alegre		
INÍCIO	DISPONIBILIDADE	LEAD-TIME
SEG	SAB	5
TER	TER	7
QUA	QUA	7
QUI	QUA	6
SEX	QUA	5
SAB	QUI	5
DOM	SEX	5

Tabela 2.2.5.5 – Lead-times para embarques carregados com origem na Argentina e destino Porto Alegre (Elaborado pelo autor)

LEAD-TIMES PARA EMBARQUES CARREGADOS (em dias)		
3) Origem: São Paulo; Destino: Argentina		
INICIO	DISPONIBILIDADE	LEAD-TIME
SEG	TER	8
TER	QUA	8
QUA	QUA	7
QUI	QUA	6
SEX	QUI	6
SAB	SEX	6
DOM	SAB	6

Tabela 2.2.5.6 – Lead-times para embarques carregados com origem em São Paulo e destino Argentina
(Elaborado pelo autor)

LEAD-TIMES PARA EMBARQUES CARREGADOS (em dias)		
4) Origem: Porto Alegre; Destino: Argentina		
INICIO	DISPONIBILIDADE	LEAD-TIME
SEG	SAB	5
TER	TER	7
QUA	QUA	7
QUI	QUA	6
SEX	QUA	5
SAB	QUI	5
DOM	SEX	5

Tabela 2.2.5.7 – Lead-times para embarques carregados com origem em Porto Alegre e destino Argentina
(Elaborado pelo autor)

Note que, em um embarque, o tempo de ocupação de cavalos é menor do que o tempo de ocupação das carretas. Essa diferença entre *Transit-Time* e *Lead-Time*, resultado do efeito do descarregamento, explica a menor quantidade de cavalos na operação, em comparação com a quantidade de carretas.

2.2.6. Programação

Nos itens anteriores foi realizada uma descrição sobre a operação, com dados sobre a história, o escopo, a infra-estrutura, as rotas e as etapas e tempos de um embarque.

Nada foi mencionado sobre a programação. O processo de decisão é de extrema importância para o resultado financeiro da operação, já que decisões erradas podem levar a um custo elevado de transporte com deslocamentos desnecessários.

O papel do programador é o de fornecer os recursos, no caso os caminhões, no local requisitado, no dia requisitado, com o menor custo possível para a companhia.

Para apoiar as decisões, o programador dispõe de informações de previsões de demanda. Essa previsão é bastante precisa para um horizonte de até 1 semana e menos eficaz para um horizonte de até 1 mês. Previsões para horizontes de tempo maiores do que 1 mês não são utilizadas pelo programador. Elas servem apenas para o planejamento estratégico da operação realizado pela gerência da empresa.

Outra informação que o programador necessita é a posição dos equipamentos. Para isso, dispõe de 2 ferramentas que se complementam: o GPS - *Global Positioning System*, que envia as posições geográficas dos veículos a cada hora e o TMS - *Transportation Management System*, que informa a situação de cada embarque e permite ao programador identificar se, por exemplo, determinada carreta já foi descarregada.

2.3. Descrição do Problema

Atualmente, a movimentação dos equipamentos para o atendimento da demanda não é algo simples. A demanda de cargas nunca é a ideal e indesejáveis deslocamentos vazios tornam-se necessários. Esses deslocamentos geram um acréscimo de custo operacional sem gerar receita alguma.

Freqüentemente, a empresa se coloca numa situação de demanda alta para embarques em um dos rumos e uma demanda mais baixa para o outro rumo. Esse fenômeno causa um efeito de represamento, ou seja, um alto estoque de equipamentos em uma das pontas da operação (Brasil ou Argentina), que só é resolvido com um incremento de cargas com origem nessa ponta ou com deslocamentos vazios.

O que muitas vezes ocorre é uma programação realizada de forma reativa, ou seja, quando se percebe a falta de equipamentos em uma base, os deslocamentos vazios são

efetuados. Essa maneira de programar a frota é inadequada e pode gerar custos adicionais de transporte. Falta à operação uma visualização mais abrangente, onde um período maior de tempo é considerado para a tomada de decisão.

Um outro grave problema é a dúvida de onde devemos deslocar os equipamentos para o atendimento de uma demanda. Por exemplo, digamos que no dia de hoje o programador descubra que em um prazo de 3 dias haverá falta de equipamentos na base de Rosário. Ele tem a opção de deslocar o equipamento de bases próximas que geram um custo menor e possuem um tempo de trânsito menor, mas nada o protegerá de ter falta de equipamentos nessas bases próximas em dias posteriores. Talvez a melhor opção seja deslocar o equipamento da base mais distante, mas sem uma ferramenta que analise essa variedade de opções, não há condições de tomar uma decisão que otimize a utilização dos recursos.

2.4. Objetivo do Trabalho

A operação Transporte Internacional está em um processo de crescimento. A quantidade de embarques mensais, e o número de clientes está aumentando, tornando a operação mais difícil de ser gerenciada.

Como já foi dito anteriormente, o papel do programador torna-se importantíssimo para o sucesso da operação e ferramentas de gestão tornam-se necessárias.

Hoje temos uma situação na qual o programador trabalha utilizando-se apenas de informações de demanda e oferta de equipamentos. Com base nessas informações, ele toma as decisões de deslocamento. Não existe uma ferramenta que analise todas as opções e indique os melhores deslocamentos que geram um menor custo de transporte e um nível de serviço desejado.

Este estudo se insere neste contexto e tem o objetivo de fornecer uma ferramenta de apoio ao programador que permita a ele tomar as melhores decisões. Estaremos no estudo preocupados em minimizar os custos e maximizar o nível de serviço oferecido pela companhia.

2.5. Escopo do Trabalho

Em logística podemos ter o planejamento realizado em 3 diferentes níveis: estratégico, tático e operacional. A figura abaixo mostra os 3 níveis e seus produtos olhando a realidade da operação em estudo:

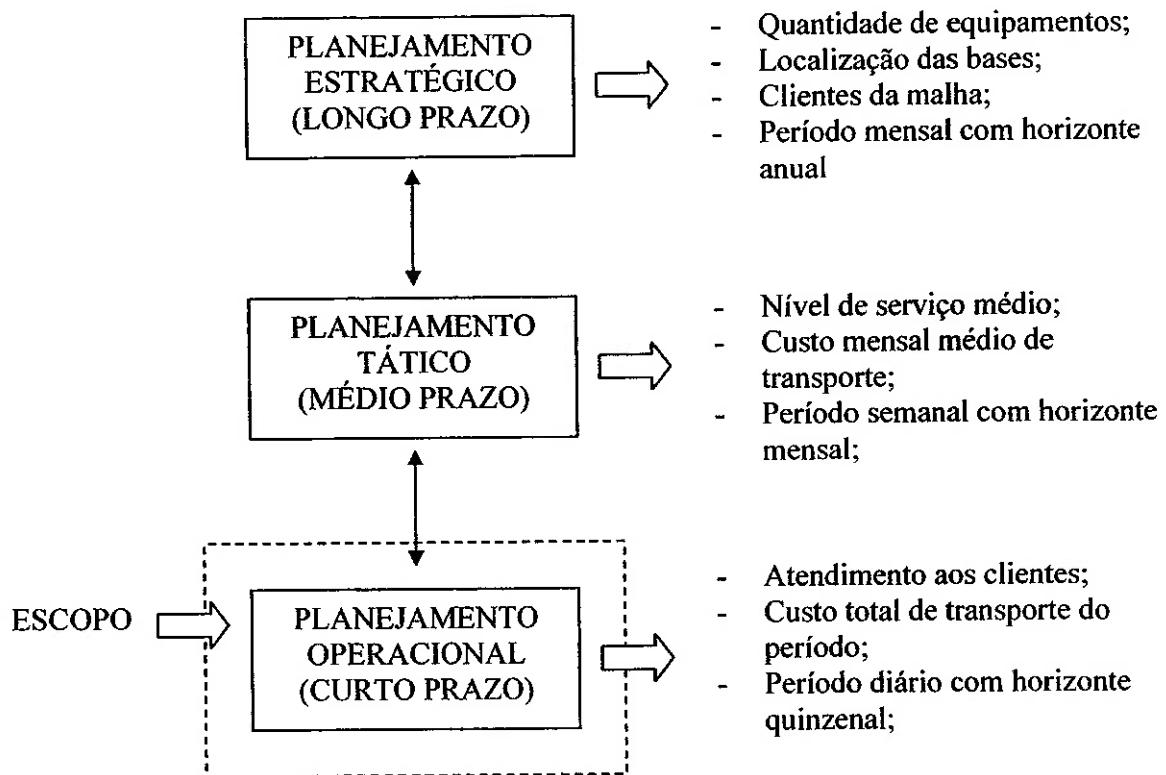


Figura 2.5.1 – Níveis de Planejamento em Logística (Elaborado pelo autor)

Este trabalho tem como escopo o nível de planejamento operacional. Será fornecida uma ferramenta baseada em bibliografia da Pesquisa Operacional que permita ao operador realizar o atendimento aos clientes da melhor forma possível com o menor custo total de transportes. Para isso utilizaremos um horizonte de programação de 14 dias, com períodos diários de atendimento.

Capítulo 3 – Revisão Bibliográfica

Para a concretização do objetivo traçado, tornou-se necessária uma pesquisa bibliográfica contendo os seguintes tópicos:

- Problema de Transporte;
- Programação Inteira;
- Modelos Multiperiodais;
- Formação do custo de transporte;

Este capítulo tem o objetivo de apresentar os conceitos dos tópicos listados acima, para que tenhamos base suficiente para realização do estudo.

3.1. Problema de Transporte

O problema de transporte é um típico problema de programação linear. De acordo com Hillier e Lieberman (1988), o problema de transporte diz respeito à distribuição de uma mercadoria de um grupo de centros de oferta, chamados de fontes, para qualquer grupo de centros de recebimento, chamados de destinos, de tal modo que os custos totais de distribuição sejam minimizados.

A figura 3.1.1 ilustra o problema:

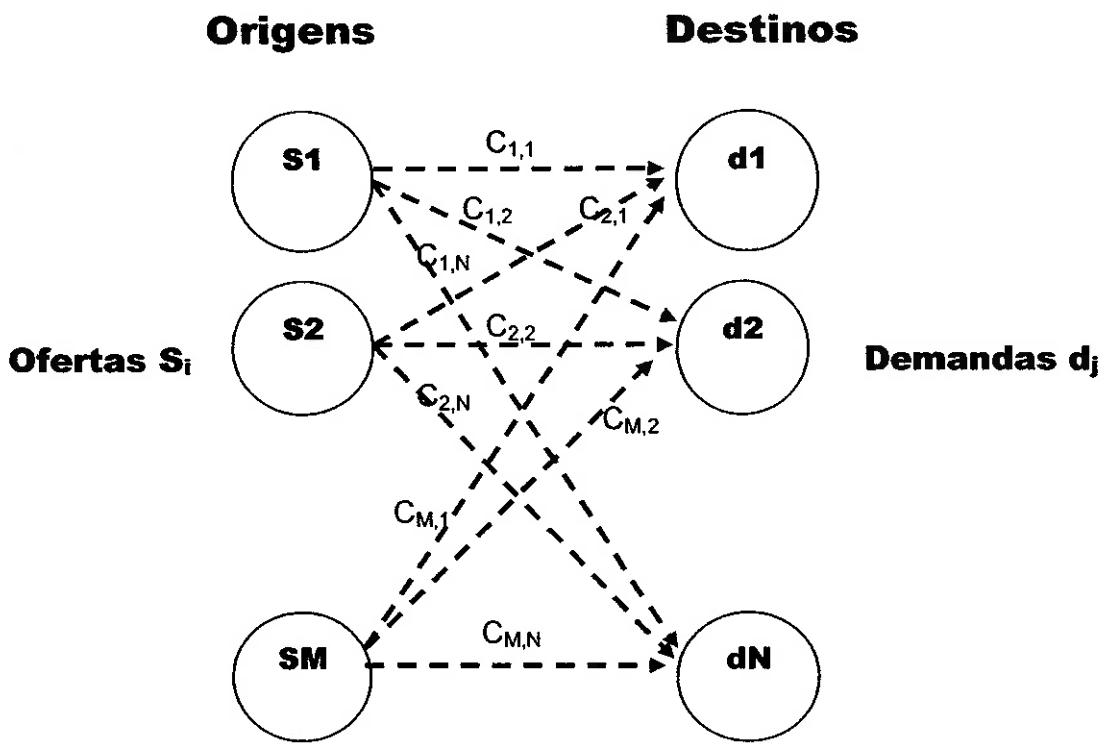


Figura 3.1.1 – Problema de Transporte (Elaborado pelo autor)

Tomando-se Z como o custo total de distribuição e de X_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$) o número de unidades a serem distribuídas da fonte i para o destino j , a formulação de programação linear deste problema se torna:

$$\text{Min} \quad Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} * X_{ij} \quad (1)$$

$$\text{S.a.} \quad \sum_{j=1}^n X_{ij} \leq S_i; \text{ para } i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \geq D_j; \text{ para } j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$X_{ij} \geq 0 ; \text{ para todo } i \text{ e } j \quad (4)$$

A equação (1) é a equação a ser minimizada e indica que a somatória dos deslocamentos dos m pontos de origem aos n pontos destino, multiplicados pelos respectivos coeficientes de custo devem ser minimizados.

A restrição (2) impede que a somatória dos deslocamentos com origem i supere a oferta em i , e a restrição (3) impede que a somatória dos deslocamentos com destino j supere a demanda em j .

Por ultimo, a restrição (4) impede que tenhamos deslocamentos negativos.

Como Hillier e Lieberman (1988) afirmam, o problema de transporte não serve apenas para a operação física de transporte, ele possui diversas outras aplicações. Esta é uma das razões para que o problema seja considerado o mais importante tipo especial de problema de programação linear.

3.2. Programação Linear Inteira

Em muitos problemas práticos as variáveis de decisão apenas fazem sentido se assumirem valores inteiros. Como Hillier e Lieberman (1988) afirmam, freqüentemente é necessário alocar homens, máquinas e veículos a atividades, em quantidades inteiras. Esses problemas assumem portanto essa restrição adicional e se tornam de mais difícil resolução matemática.

De acordo com Miller e Schmidt (1984), os problemas de programação inteira podem ser subdivididos em problemas puramente inteiros, nos quais as variáveis de decisão irão todas assumir valores inteiros, em problemas binários, onde as variáveis irão assumir valores 0 ou 1, e em problemas mistos onde algumas das variáveis podem assumir valores fracionários.

Os métodos de solução destes problemas incluem um procedimento de enumeração. A idéia é buscar um procedimento que seja inteligentemente estruturado para que apenas uma parcela das soluções viáveis seja testada. Uma técnica aplicada nesses problemas é a técnica do *Branch-and-bound*.

De acordo com Hillier e Lieberman (1988), a técnica consiste, basicamente, em subdividir as soluções viáveis em diversos subconjuntos e, para cada um deles, obter um limite inferior (caso em que a função objetivo deve ser minimizada) para o valor da função objetivo das soluções dentro do respectivo subconjunto. Aqueles subconjuntos cujos limites inferiores excedam o limite superior corrente no valor da função objetivo são excluídos de futuras considerações. Novas subdivisões são realizadas nos subconjuntos remanescentes em um processo interativo até que a solução ótima seja encontrada.

3.3. Modelos Multiperiodais

De acordo com Shapiro (2001), o planejamento da cadeia de suprimentos é um processo dinâmico já que decisões tomadas no período atual influem nos períodos futuros. Os modelos multiperiodais são aqueles que levam em consideração mais de um período para se encontrar um valor ótimo.

Se tomarmos como exemplo o caso da Ryder, veremos que decisões tomadas hoje influem em períodos futuros e o ótimo custo da operação não é, necessariamente, o ótimo de hoje.

Para se considerar mais de um período em um modelo precisamos realizar a minimização da somatória das variáveis para uma quantidade de períodos estipulada.

3.4. Custos de Transporte

Esta seção irá discutir métodos de custeio do transporte. As informações fornecidas aqui são baseadas em artigo de Lima (2005).

3.4.1. Etapas

A figura 3.4.1.1 mostra as etapas do custeio:

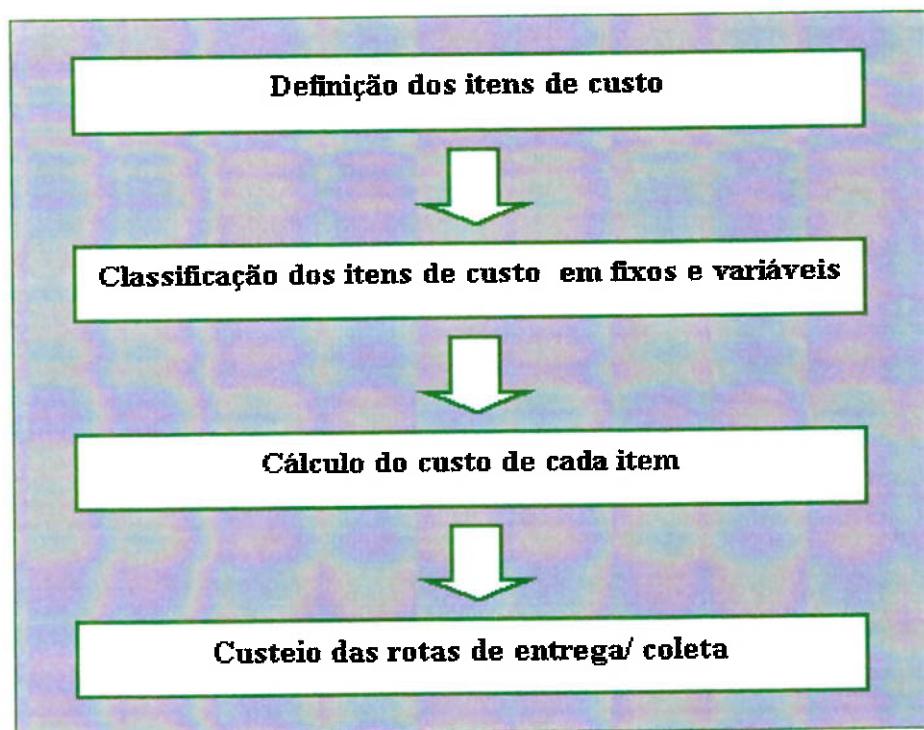


Figura 3.4.1.1 – Etapas de Custeio (Transcrito de Lima, 2005)

3.4.2. Itens de Custo

A primeira etapa consiste em definir os itens de custo. De acordo com Lima (2005), os principais itens formadores do custo de transporte são:

- Depreciação do veículo;
- Remuneração do capital, que diz respeito ao custo de oportunidade do capital imobilizado na compra dos ativos;
- Salários e encargos / benefícios pagos ao motorista;
- Seguro do Veículo;
- IPVA / Seguro obrigatório;
- Custos administrativos ou custos indiretos;
- Combustível;
- Pneus;

- Lubrificantes;
- Manutenção;
- Pedágio;

3.4.3. Classificação entre Fixos e Variáveis

A segunda etapa consiste na classificação dos itens em fixos e variáveis. A classificação será feita em relação à distância percorrida assim, todos os custos que variam conforme a quilometragem serão considerados variáveis e os demais serão considerados fixos.

Os itens considerados fixos são: depreciação, remuneração do capital, salários e encargos, custos administrativos, seguro do veículo e IPVA / Seguro obrigatório.

Os custos administrativos merecem atenção especial já que são indiretos, ou seja, são custos que não possuem relação alguma com os equipamentos, mas que devem ser rateados entre todos os equipamentos para a formação do custo total de transporte.

Já os itens variáveis são: combustível, pneus, lubrificantes e manutenção. Os pedágios são itens variáveis, mas com relação à rota e não à quilometragem.

Para o modelo proposto, os custos considerados serão os custos variáveis (que variam com o Km). Portanto, será discutido apenas o cálculo dos custos variáveis de transporte.

3.4.4. Cálculo do Custo de cada Item

Após a separação entre custos fixos e variáveis precisamos realizar os cálculos de todos os itens para chegarmos ao valor total.

Os custos variáveis devem ser calculados em função da quilometragem (R\$/Km). A seguir temos as fórmulas para cálculo de cada um dos itens.

$$1) \text{ Custo com Pneus} = \frac{N_{pneu} * (P1 + N_{pneu \text{ recapado}} * P2)}{\text{Vida Útil do pneu recapado}}$$

Onde:
 P1 – Preço unitário do novo;
 P2 – Preço da recapagem;

N – Número de pneus do veículo

No cálculo do custo com pneus, divide-se o gasto com pneus (Número de Pneus x Preço do Pneu) pela vida útil. Para considerar a recapagem do pneu, soma-se ao preço do pneu, o preço das recapagens, e divide-se esse numerador pela vida útil do pneu recapado.

$$2) \text{ Custo com Óleo} = \frac{\text{Preço} * \text{Capacidade}}{\text{Intervalo entre trocas}}$$

$$3) \text{ Custo com Lavagem e Lubrificação} = \frac{\text{Custo de Lubrificação}}{\text{Intervalo entre trocas}}$$

$$4) \text{ Custo com Combustível} = \frac{\text{Preço por litro}}{\text{Rendimento}}$$

5) Custo com Manutenção = Custo estimado por km; a Associação Nacional do Transporte (NTC) sugere um índice de 0,24 que deve ser multiplicado pela somatória dos outros custos variáveis por km.

6) Custo com Pedágio = De acordo com a rota.

3.4.5. Custeio das Rotas

Como Lima (2005) afirma, uma vez calculados os valores unitários de todos os itens de custos, basta agrupá-los (R\$/Km). Chega-se ao custo por Km da operação. Dessa maneira, podemos escrever a equação de custo para uma rota (considerando-se apenas os custos variáveis):

$$C_{rota} = \text{Distância (Km)} \times CV \text{ (R$/Km)}$$

Cada rota possui um valor de pedágio que deve ser somado ao custo da rota. Com o incremento do pedágio, temos a seguinte equação que representa o custeio por rota:

$$C_{rota} = [\text{Distância (Km)} \times CV \text{ (R$/Km)}] + \text{Valor Pedágio}$$

Capítulo 4 – Metodologia de Resolução

Esse capítulo tem o objetivo de mostrar a metodologia de resolução do problema descrito no capítulo 2. O capítulo se inicia com o cálculo do custo total de transporte da operação e termina com a proposição de um modelo multiperiodal que minimiza os custos variáveis para um horizonte determinado.

4.1. Cálculo do custo de transporte

O presente estudo tem como objetivo minimizar os custos da operação. Para atingir esse objetivo, torna-se necessário passar por uma etapa de cálculo dos custos de transporte da operação. O cálculo de custos fixos e indiretos é indiferente ao modelo. A frota possui uma quantidade fixa de equipamentos e, portanto, seus custos fixos não podem ser reduzidos operacionalmente. O modelo pretende fornecer uma combinação de deslocamentos que minimize os custos e, portanto, ele atua somente nos custos variáveis.

4.1.1. Cálculo dos Custos Variáveis

Os custos variáveis são os custos que dependem da quantidade de viagens realizadas. Os cálculos foram baseados nas fórmulas apresentadas no capítulo anterior e as informações foram obtidas junto à empresa e em pesquisa junto à Associação nacional do Transporte (NTC) de valores padrão.

O consumo e o preço dos combustíveis foram obtidos junto à empresa, assim como a freqüência e o custo de uma lavagem. Já os demais dados foram obtidos junto à NTC e são baseados em médias brasileiras.

Existe uma diferença entre o cálculo dos custos por Km para viagens vazias e carregadas. Isso ocorre devido ao menor consumo de combustível das viagens vazias, resultado de um menor peso a ser “puxado” pelo cavalo.

As tabelas 4.1.1.1 e 4.1.1.2 mostram o cálculo do custo por Km para viagens vazias e carregadas:

Capítulo 4 – Metodologia de Resolução

PLANILHA DE CUSTOS VARIAVEIS - VIAGENS VAZIAS			
CAVALO		CARRETA	
Óleo Diesel		Pneus	
Rendimento (km/litro)	3	Qtde	12
Preço Diesel (R\$/litro)	1.85	Preço do pneu	1250.00
Custo do Diesel (R\$/Km)	0.6167	Vida Útil do Pneu - km	100.000
		Custo Recapagem a frio	250.00
Óleo de Carter		Preço Total (pneu)	1.500,00
Óleo de Carter (média brasileira) - km	15.000	Vida Útil do Pneu (após recapagem) - km	60.000
Capacidade do Carter (litros)	25	Custo com Pneus (R\$/Km)	0.2000
Remonte (litros)	3		
Total (litros)	28	Lavagem	
Preço do Óleo de Carter (R\$/litro)	4.20	Frequência (km)	5.000,00
Custo do Óleo de Carter (R\$/Km)	0.0078	Preço da Lavagem (R\$)	80.00
		Custo com Lavagens (R\$/Km)	0.0160
Óleo de Câmbio/Diferencial			
Capacidade Câmbio/Diferencial (litros)	30	Manutenção	
Troca (média brasileira) - km	25.000	Índice da NTC	0.24
Custo Óleo Câmbio/Diferencial (R\$/litro)	9.00	Custo variável por Km	0.2160
Custo do Óleo Câmbio/Difer. (R\$/Km)	0.0108	Custo Manutenção (Custo Var / Índice)	0.0518
Pneus			
Qtde	6		
Preço do pneu	1250.00		
Vida Útil do Pneu - km	100.000		
Custo Recapagem a frio	250.00		
Preço Total (pneu)	1.500,00		
Vida Útil do Pneu (após recapagem) - km	60.000		
Custo com Pneus (R\$/Km)	0.1000		
Lavagem			
Frequência (km)	5.000		
Preço da Lavagem (R\$)	80.00		
Custo com Lavagens (R\$/Km)	0.0160		
Manutenção			
Índice da NTC	0.24		
Custo variável por Km	0.75		
Custo com Manutenção (Custo Var / Índice)	0.1803		
TOTAL CAVALO (R\$/Km)	0.93	TOTAL CARRETA (R\$/Km)	0.27

Tabela 4.1.1.1 – Cálculo do custo variável para viagens vazias (Elaborado pelo autor)

Capítulo 4 – Metodologia de Resolução

PLANILHA DE CUSTOS VARIAVEIS - VIAGENS CARREGADAS			
CAVALO		CARRETA	
Oleo Diesel		Pneus	
Rendimento (km/litro)	2.7	Qtde	12
Preço Diesel (R\$/litro)	1.85	Preço do pneu	1250.00
Custo do Diesel (R\$/Km)	0.6852	Vida Útil do Pneu - km	100,000
		Custo Recapagem a frio	250.00
Óleo de Carter		Preço Total (pneu)	1,500.00
Óleo de Carter (média brasileira) - km	15,000	Vida Útil do Pneu (após recapagem) - km	60,000
Capacidade do Carter (litros)	25	Custo com Pneus (R\$/Km)	0.2000
Remonte (litros)	3		
Total (litros)	28	Lavagem	
Preço do Óleo de Carter (R\$/litro)	4.20	Frequência (km)	5,000.00
Custo do Óleo de Carter (R\$/Km)	0.0078	Preço da Lavagem (R\$)	80.00
		Custo com Lavagens (R\$/Km)	0.0160
Óleo de Câmbio/Diferencial			
Capacidade Câmbio/Diferencial (litros)	30	Manutenção	
Troca (média brasileira) - km	25,000	Índice da NTC	0.24
Custo Óleo Câmbio/Diferencial (R\$/litro)	9.00	Custo variável por Km	0.2160
Custo do Óleo Câmbio/Difer. (R\$/Km)	0.0108	Custo Manutenção (Custo Var / Índice)	0.0518
Pneus			
Qtde	6		
Preço do pneu	1250.00		
Vida Útil do Pneu - km	100,000		
Custo Recapagem a frio	250.00		
Preço Total (pneu)	1,500.00		
Vida Util do Pneu (após recapagem) - km	60,000		
Custo com Pneus (R\$/Km)	0.1000		
Lavagem			
Frequência (km)	5,000		
Preço da Lavagem (R\$)	80.00		
Custo com Lavagens (R\$/Km)	0.0160		
Manutenção			
Índice da NTC	0.24		
Custo variável por Km	0.82		
Custo com Manutenção (Custo Var / Índice)	0.1968		
TOTAL CAVALO (R\$/Km)	1.02	TOTAL CARRETA (R\$/Km)	0.27

Tabela 4.1.1.2 – Cálculo do custo variável para viagens carregadas (Elaborado pelo autor)

Com este cálculo, temos um custo variável de **R\$ 1,20 por Km** para viagens vazias e de **R\$ 1,29 por Km** para viagens carregadas.

4.1.2. Custo Total de Transporte e custo por rota

O custo total da operação será a somatória dos custos fixos diretos, variáveis e indiretos. No modelo, tem-se apenas considerados os custos variáveis e, portanto, o cálculo do custo por rota seria o Km da rota multiplicado pelo custo por Km.

Adotando-se essa premissa e somando-se os custos de pedágios para cada rota, temos os seguintes valores:

ORIGEM	DESTINO	KM	PEDAGIOS	CUSTO VAZIO	CUSTO CARREGADO
São Paulo	Porto Alegre	1196	\$93.60	\$1,528.80	\$1,636.44
	Buenos Aires	2250	\$162.30	\$2,862.30	\$3,064.80
	Rosário	2380	\$148.00	\$3,004.00	\$3,218.20
	Córdoba	2510	\$164.00	\$3,176.00	\$3,401.90
Porto Alegre	São Paulo	1196	\$52.00	\$1,487.20	\$1,594.84
	Buenos Aires	1490	\$80.70	\$1,868.70	\$2,002.80
	Rosário	1620	\$66.40	\$2,010.40	\$2,156.20
	Córdoba	1750	\$82.40	\$2,182.40	\$2,339.90
Buenos Aires	São Paulo	2250	\$114.30	\$2,814.30	\$3,016.80
	Porto Alegre	1490	\$80.10	\$1,868.10	\$2,002.20
	Rosário	250	\$18.30	\$318.30	\$340.80
	Córdoba	705	\$46.30	\$892.30	\$955.75
Rosário	São Paulo	2380	\$100.00	\$2,956.00	\$3,170.20
	Porto Alegre	1620	\$66.20	\$2,010.20	\$2,156.00
	Buenos Aires	250	\$26.40	\$326.40	\$348.90
	Córdoba	410	\$28.00	\$520.00	\$556.90
Córdoba	São Paulo	2510	\$116.00	\$3,128.00	\$3,353.90
	Porto Alegre	1750	\$82.20	\$2,182.20	\$2,339.70
	Buenos Aires	705	\$46.30	\$892.30	\$955.75
	Rosário	410	\$0.00	\$492.00	\$528.90

Tabela 4.1.2.1 – Custo variável por rota (Elaborado pelo autor)

4.2. O Modelo Matemático

Dado o problema (minimizar o custo variável de transporte mensal), precisa-se de um modelo que considere um horizonte quinzenal de programação, indicando ao operador quais são as movimentações que minimizam o custo.

Para se chegar ao objetivo final foi desenvolvido um modelo matemático de programação linear inteira multiperiodal. O modelo se assemelha a um problema de transporte e sua formulação será descrita nas próximas páginas.

4.2.1. Notação

A seguinte notação foi utilizada no modelo:

$s = 1, 2$ (Para $s = 1$, a viagem é vazia e para $s = 2$, a viagem é carregada);

$d = 0, 1, \dots, 13$ (Períodos considerados. Cada período corresponde a 1 dia);

$i = 1, 2, \dots, 5$ (Conjunto de índices das bases de origem);

Onde: 1 = São Paulo; 2 = Porto Alegre; 3 = Buenos Aires; 4 = Rosário e 5 = Córdoba;

$j = 1, 2, \dots, 5$ (Conjunto de índices das bases destino);

Onde: 1 = São Paulo; 2 = Porto Alegre; 3 = Buenos Aires; 4 = Rosário e 5 = Córdoba;

4.2.2. Variáveis de Decisão

O problema possui as seguintes variáveis de decisão:

X_{ijsd} → Quantidade de deslocamentos de origens i para destinos j , no período d e com o status s

Como o problema possui 2 status, 14 períodos, 5 origens e 5 destinos, temos uma quantidade de 700 variáveis ($2 \times 14 \times 5 \times 5$).

4.2.3. Parâmetros do Modelo

O problema utiliza os seguintes parâmetros:

C_{ijs} – Custo variável de transporte da origem i para o destino j com o status s ;

α - Nível de Serviço mínimo (Nº entre 0 e 1);

TR – Tempo de Resposta (igual aos Transit-Times para cavalos e Lead-Times para carretas);

4.2.4. Função Objetivo

Utilizando-se da notação mostrada, a função objetivo fica sendo a seguinte:

$$\text{Min } \sum_{s=1}^2 \sum_{d=0}^{13} \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 X_{ijds} * C_{ijs}$$

Para $i=j \rightarrow X_{ijds} = 0$ (Não existe deslocamento de uma base para a mesma base). Essa condição elimina 140 variáveis de decisão e temos, assim, um total de 560 variáveis de decisão.

A função objetivo irá minimizar a somatória de todos os deslocamentos para todas as origens, destinos, períodos e status multiplicados pelos seus respectivos custos. Em outras palavras, irá encontrar a melhor combinação de deslocamentos possíveis necessários para atender a demanda.

4.2.5. Restrições do Problema

O problema possui as seguintes restrições:

$$\sum_{s=1}^2 \sum_{j=1}^5 X_{ijds} \leq \text{Oferta } (i, d)_{cavalo} ; \text{ para } i = 1, 2, \dots, 5 \text{ e } d = 0, 1, \dots, 13 \quad (1)$$

$$\sum_{s=1}^2 \sum_{j=1}^5 X_{ijds} \leq \text{Oferta } (i, d)_{carretas} ; \text{ para } i = 1, 2, \dots, 5 \text{ e } d = 0, 1, \dots, 13 \quad (2)$$

$$X_{ijd2} \leq \text{Demanda } (i, j, d) ; \text{ para } i = 1, 2, \dots, 5; j = 1, 2, \dots, 5 \text{ e } d = 0, 1, \dots, 13 \quad (3)$$

$$X_{ijd2} \geq \alpha * \text{Demanda } (i, j, d) ; \text{ para } i = 1, 2, \dots, 5; j = 1, 2, \dots, 5 \text{ e } d = 0, 1, \dots, 13 \quad (4)$$

$$X_{ijd} \geq 0 ; \text{ para } i = 1, 2, \dots, 5; j = 1, 2, \dots, 5 \text{ e } d = 0, 1, \dots, 13 \quad (5)$$

$$\text{Todos } X_{ijds} \text{ Inteiros} \quad (6)$$

O conjunto de restrições (1) e (2) impedem que, para todas as origens e para todos os dias, sejam realizadas mais viagens do que a oferta da base. Temos 2 restrições para esse problema já que o fator limitante na base pode ser a oferta de cavalos ou a oferta de carretas.

O conjunto de restrições (3) impede que os deslocamentos carregados superem as demandas de cada ramo, para todos os períodos considerados.

O conjunto de restrições (4) impede que os deslocamentos carregados de cada ramo, para todos os períodos, sejam menores do que um Nível de Serviço mínimo multiplicado pelas demandas.

A combinação de restrições (3) e (4), força os deslocamentos a se situarem entre um nível se serviço mínimo (parâmetro do modelo que deve ser indicado pelo programador) e o nível de serviço 100% (atendimento total da demanda).

O conjunto de restrições (5) impede que os deslocamentos vazios sejam negativos. Não é necessário um conjunto de restrições impedindo que os deslocamentos carregados sejam negativos já que os conjuntos (3) e (4) impedem essa situação.

Por último, a restrição (6) indica que todas as variáveis devem ser inteiras.

4.2.6. Oferta e Demanda

As ofertas e demandas são fatores chave para o modelo. As ofertas indicam a quantidade de equipamentos disponíveis em cada base para todos os períodos, já as demandas informam as solicitações de cargas que devem ser atendidas.

A oferta inicial deverá ser informada pelo programador no momento em que o modelo for rodado. Esse *input* será a oferta para $d=0$. Para os dias posteriores, o modelo fará uma previsão baseada em todos os deslocamentos realizados no período. Essa previsão é baseada em *Transit-Times* e *Lead-Times*, informados no capítulo 2 e pode ser descrita pela seguinte equação:

$$Oferta(1, d) = Oferta(1, d-1) - \left(\sum_{s=1}^2 \sum_{j=2}^5 X1, j, d-1, s \right) + \left(\sum_{s=1}^2 \sum_{i=2}^5 X1, i, d-TR, s \right);$$

para $d = 1, \dots, 13$

Sendo que: se $d - TR < 0 \rightarrow X_{i,1,d-TR,s} = 0$

Temos acima um exemplo de função oferta para a base 1 (região de São Paulo). A oferta no dia d será sempre a oferta do dia $d - 1$, subtraída de todas as saídas de 1 em $d - 1$ (todos os deslocamentos de 1 para qualquer outra base) e somadas de todas entradas na base em d (todos os deslocamentos de qualquer outra base para 1).

Temos um parâmetro chamado Tempo de Resposta (TR) que significa os *Transit-Times* para os cavalos e os *Lead-Times* nos casos das carretas. Portanto, no 3º termo da equação o índice $d - TR$ significa as saídas para a base 1 em dias, que somados ao TR chegam à base em questão no dia d .

As demandas são outro fator limitante para os deslocamentos. A operação deverá realizar o número de deslocamentos carregados informados pela área comercial. Uma demanda é caracterizada por um dia e por uma combinação de origem e destino determinada. Por exemplo, digamos que em um dia d a operação precise enviar um equipamento para coletar na região de Porto Alegre e seguir viagem. Esse equipamento ao coletar já saberá o destino da carga, portanto temos uma demanda em 2 pontos (na origem no dia d e no destino no dia $d + Transit-Time$).

As demandas são *Inputs* do modelo. Ao informar a demanda, o programador está informando uma demanda em (i,j,d) . A tabela abaixo mostra um exemplo de demanda do modelo para um dia d :

DO (CA)	1	2	3	4	5
1			28	12	2
2			11		
3	22	4			
4	9	2			
5	1				

Tabela 4.2.6.1 – Demanda por cargas (Elaborado pelo autor)

4.3. Utilização do Modelo

O modelo descrito no item anterior foi colocado em uma planilha Excel e utilizará o software *What's Best 5.0* para gerar as soluções.

Ele será utilizado pelo programador central da operação. Decidiu-se que o melhor dia para realizar os testes é a segunda-feira no período da manhã. Com isso, ter-se-ia um auxílio na programação de toda a semana.

O programador deverá, primeiramente informar os dados de demanda para os próximos 14 dias, portanto os dados da segunda-feira em que o modelo for rodado até o domingo da semana posterior. Os dados possuem uma boa precisão para a 1^a semana e uma precisão um pouco menor para a 2^a semana.

Em seguida, ele deverá inserir os dados de oferta. Esse trabalho consiste em informar a quantidade de cavalos e carretas disponíveis para uso no momento em todas as bases, além de, baseado nas viagens com saída anterior à segunda-feira, mas ainda não finalizadas, informar a previsão de disponibilidade dos equipamentos para os dias posteriores. Para todos os embarques realizados à partir de segunda-feira, o modelo calcula a previsão de disponibilidade.

O próximo passo é escolher o nível de serviço mínimo (entre 0 e 1), rodar o modelo e analisar os resultados gerados.

Como as demandas da segunda semana não são totalmente confiáveis, o modelo deverá ser rodado com uma periodicidade semanal para que tenhamos uma comparação e validação do que foi previsto com o que foi realizado. Portanto, deve-se rodar o modelo para um horizonte de 2 semanas, mas apenas executar para a primeira semana. O modelo irá informar a posição dos equipamentos para a outra semana, mas o operador deverá validar essas posições e modificá-las caso a previsão não tenha sido totalmente executada.

A razão pela qual temos um horizonte considerado de 2 semanas é o fato de que o valor ótimo para a primeira semana pode resultar em uma configuração ruim para a próxima semana impedindo que se tenha um nível de serviço satisfatório e gerando uma quantidade elevada de embarques vazios para re-posicionamento.

Os resultados gerados pelo modelo servirão de apoio às decisões tomadas durante a semana. Podem ocorrer modificações de demanda em um período muito curto de tempo. Como exemplo pode ser citado um cancelamento de alguns embarques por parte do cliente. Essas situações estão fora do alcance do modelo e deverão ser administradas pela operação no dia-a-dia.

Capítulo 5 – Resultados do Modelo

Neste capítulo serão apresentados alguns resultados do modelo e alguns exemplos de utilização. Será realizada uma comparação para um período entre os resultados do modelo e as decisões da operação. Ao final, serão apontadas as vantagens da utilização, além de passos a serem realizados para o aperfeiçoamento.

5.1. Inputs do Modelo

Para utilizar o modelo o programador não pode prescindir de alguns dados para a alimentação da planilha. Esses valores fundamentais são:

- Oferta de cavalos e carretas em cada uma das bases;
- Demanda do período;
- Nível de Serviço mínimo desejado;

5.1.1. Oferta de equipamentos

O programador precisa informar ao modelo qual é a oferta física de equipamentos em cada uma das bases (oferta em $d=0$). O modelo também pede ao usuário a previsão de disponibilidade dos equipamentos que estão alocados em viagens em andamento (oferta em $d=1, \dots, d=5$). As viagens que seguirem após $d=0$, terão o seu término, e consequente liberação dos equipamentos para uso, calculados pelo modelo.

As tabelas 5.1.1.1 e 5.1.1.2 mostram os dados de oferta para carretas e cavalos, respectivamente. Os dados serão utilizados posteriormente para exemplificar a utilização.

	SP	POA	BUE	ROS	CDB
D0	44	12	70	15	2
D1	40	14	8	5	2
D2	30	0	15	9	0
D3	41	13	41	11	0
D4	22	2	37	10	3
D5	7	0	16	5	2

Tabela 5.1.1.1 – Oferta de Carretas

	SP	POA	BUE	ROS	CDB
D0	43	17	33	13	2
D1	41	18	35	11	0
D2	41	2	28	12	3
D3	7	0	22	5	2

Tabela 5.1.1.2 – Oferta de Cavalos

5.1.2. Demanda

A demanda é mais um *input* necessário para o modelo. Uma demanda é caracterizada por uma solicitação de equipamentos para a realização de um embarque com origem e destino definidos, em uma data de início determinada (Dijd).

Com a análise das restrições do modelo, percebe-se que as demandas aparecem em restrições que forçam o deslocamento dos equipamentos. A dificuldade para a realização do atendimento aumenta com o incremento da demanda.

A tabela 5.1.2.1 mostra os dados de demanda que serão utilizados em exemplo futuro.

DEMANDAS												
SEMANA 1												SEMANA 2
31-Oct		DO (CA)					D7 (CA)					D8 (CA)
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
DO (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		28	12	2			27	12	0			
2		11					5	0	0			
3	22	4				21	4					
4	9	2				7	2					
5	1					1	0					
D1 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		29	12	1			31	12	4			
2		14	0	0			7	0	0			
3	25	4				26	3					
4	7	2				7	2					
5	1	0				4	0					
D2 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		3	1	0			26	7	1			
2		12	0	0			8	2	0			
3	36	3				35	4					
4	7	2				7	2					
5	3	0				2	0					
D3 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		33	11	1			30	12	2			
2		12	2	0			9	0	0			
3	28	4				28	3					
4	7	2				7	2					
5	2	0				2	0					
D4 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		42	7	0			31	8	1			
2		10	0	0			7	0	0			
3	19	3				14	3					
4	7	2				7	2					
5	3	0				2	0					
D5 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		14	6	1			0	6	0			
2		0	0	0			0	0	0			
3	0	0				0	0					
4	1	0				1	0					
5	1	0				1	0					
D6 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		0	4	0			0	4	0			
2		0	0	0			0	0	0			
3	0	0				0	0					
4	0	0				0	0					
5	0	0				0	0					
D7 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		27	12	0			26	7	1			
2		5	0	0			8	2	0			
3	21	4				35	4					
4	7	2				7	2					
5	1	0				2	0					
D8 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		31	12	4			30	12	2			
2		7	0	0			9	0	0			
3	26	3				28	3					
4	7	2				7	2					
5	4	0				2	0					
D9 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		26	7	1			25	7	1			
2		8	2	0			32	7	1			
3	35	4				35	4					
4	7	2				7	2					
5	2	0				2	0					
D10 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		30	12	2			29	12	2			
2		9	0	0			28	3				
3	28	3				28	3					
4	7	2				7	2					
5	2	0				2	0					
D11 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		31	8	1			30	8	1			
2		7	0	0			29	8	1			
3	14	3				14	3					
4	7	2				7	2					
5	2	0				2	0					
D12 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		0	6	0			0	6	0			
2		0	0	0			0	0	0			
3	0	0				0	0					
4	1	0				1	0					
5	1	0				1	0					
D13 (CA)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
1		0	4	0			0	4	0			
2		0	0	0			0	0	0			
3	0	0				0	0					
4	0	0				0	0					
5	0	0				0	0					

Tabela 5.1.2.1 – Demanda (Elaborado pelo autor)

5.1.3. Nível de Serviço Mínimo

O terceiro Input necessário é o Nível de Serviço mínimo desejado. O NS é um parâmetro do modelo que se multiplica pelos valores de demanda. Quanto maior o NS desejado, mais difícil é a satisfação das restrições do problema e, consequentemente, maior tende a ser o custo de transporte.

O programador deverá inserir em uma célula determinada da planilha o Nível de Serviço mínimo desejado (número entre 0 e 1) para que o software execute o cálculo.

Ao realizar as interações, o software poderá apresentar valores maiores de nível de serviço para cada um dos ramos. O programador estará apenas definindo o limite inferior para o atendimento.

5.2. Outputs do Modelo

O modelo proposto possui o objetivo de minimizar os custos variáveis de transporte através da melhor combinação possível de deslocamentos vazios, para re-posicionamento da frota, e carregados, para o atendimento da demanda. Porém, ele também faz o papel de controle da operação, tendo em vista que informa a oferta planejada de equipamentos em cada um dos períodos em estudo.

Tem-se, portanto, que o modelo construído informa ao programador os seguintes dados:

- Deslocamentos vazios recomendados no período;
- Deslocamentos carregados recomendados no período;
- Custo Variável Total do Período;
- Oferta planejada de cavalos e carretas no período;

5.2.1. Definição do Nível de Serviço e Resultados do Modelo

Para exemplificar os produtos do modelo, serão utilizadas as informações de oferta e demanda das tabelas 5.2.1.1, 5.2.1.2 e 5.1.2.1.

Com esses dados, tem-se que a frota é incapaz de atender toda a demanda. Ao definir $\alpha = 1$, verifica-se que o modelo não encontra solução factível, ou seja, a demanda supera a capacidade da frota.

Uma simples variação em α pode informar qual é o nível de serviço máximo que a frota pode alcançar. Para esse caso, foi encontrado o nível de serviço de 83% (maior valor de α para o qual o software encontra solução factível).

Os dados de deslocamentos e de custos gerados pelo modelo, para as 2 semanas de visibilidade, com NS = 83%, estão nas tabelas 5.2.1.1 e 5.2.1.2.

CUSTO TOTAL TRANSPORTE 1ª SEMANA						
Deslocamentos (Vz)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Deslocamentos (Car.)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Total
1>>1	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
2>>1	0	\$ 1,487.20	0	\$ 1,594.84	\$ -	\$ -
3>>1	32	\$ 2,814.30	90.057,60	\$ 3,016.80	\$ 331,848.00	\$ 421,905,60
4>>1	0	\$ 2,956.00	\$ -	\$ 3,170.20	\$ 104,616.60	\$ 104,616,60
5>>1	0	\$ 3,128.00	\$ -	\$ 3,353.90	\$ 36,892.90	\$ 36,892,90
1>>2	0	\$ 1,528.80	\$ -	\$ 1,636.44	\$ -	\$ -
2>>2	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
3>>2	14	\$ 1,868.10	26,153.40	\$ 2,002.20	\$ 36,039.60	\$ 62,193.00
4>>2	0	\$ 2,010.20	\$ -	\$ 2,156.00	\$ 21,560.00	\$ 21,560,00
5>>2	0	\$ 2,182.20	\$ -	\$ 2,339.70	\$ -	\$ -
1>>3	0	\$ 2,862.30	\$ -	\$ 3,064.80	\$ 389,229.60	\$ 389,229.60
2>>3	0	\$ 1,868.70	\$ -	\$ 2,002.80	\$ 102,142.80	\$ 102,142.80
3>>3	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
4>>3	0	\$ 326.40	\$ -	\$ 348.90	\$ -	\$ -
5>>3	0	\$ 892.30	\$ -	\$ 995.75	\$ -	\$ -
1>>4	0	\$ 3,004.00	\$ -	\$ 3,218.20	\$ 148,037.20	\$ 148,037.20
2>>4	0	\$ 2,010.40	\$ -	\$ 2,156.20	\$ 4,312.40	\$ 4,312.40
3>>4	1	\$ 318.30	318.30	\$ 340.80	\$ -	\$ 318.30
4>>4	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
5>>4	0	\$ 492.00	\$ -	\$ 528.90	\$ -	\$ -
1>>5	0	\$ 3,176.00	\$ -	\$ 3,401.90	\$ 17,009.50	\$ 17,009.50
2>>5	0	\$ 2,182.40	\$ -	\$ 2,339.90	\$ -	\$ -
3>>5	0	\$ 892.30	\$ -	\$ 955.75	\$ -	\$ -
4>>5	5	\$ 520.00	2,600.00	\$ 556.90	\$ -	\$ 2,600.00
5>>5	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 119,129.30		\$ 1,191,688.60	\$ 1,310,817.90	

Tabela 5.2.1.1 – Custo de Transporte para a semana 1 (Elaborado pelo autor)

CUSTO TOTAL TRANSPORTE 2ª SEMANA						
	Deslocamentos (Vz)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Deslocamentos (Carr.)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)
1>>1	0	\$ 1,487.20	\$ -	0	\$ 1,594.84	\$ -
2>>1	0	\$ 2,814.30	\$ 22,514.40	106	\$ 3,016.80	\$ 319,780.80
3>>1	8	\$ 2,956.00	\$ -	31	\$ 3,170.20	\$ 98,276.20
4>>1	0	\$ 3,128.00	\$ -	12	\$ 3,353.90	\$ 40,246.80
1>>2	0	\$ 1,528.80	\$ -	0	\$ 1,636.44	\$ -
2>>2	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
3>>2	4	\$ 1,868.10	\$ 7,472.40	17	\$ 2,002.20	\$ 34,037.40
4>>2	0	\$ 2,010.20	\$ -	10	\$ 2,156.00	\$ 21,560.00
5>>2	0	\$ 2,182.20	\$ -	0	\$ 2,339.70	\$ -
1>>3	0	\$ 2,862.30	\$ -	122	\$ 3,064.80	\$ 373,905.60
2>>3	0	\$ 1,868.70	\$ -	32	\$ 2,002.80	\$ 64,089.60
3>>3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
4>>3	0	\$ 326.40	\$ -	0	\$ 348.90	\$ -
5>>3	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 995.75	\$ -
1>>4	0	\$ 3,004.00	\$ -	52	\$ 3,218.20	\$ 167,346.40
2>>4	0	\$ 2,010.40	\$ -	2	\$ 2,156.20	\$ 4,312.40
3>>4	0	\$ 318.30	\$ -	0	\$ 340.80	\$ -
4>>4	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
5>>4	0	\$ 492.00	\$ -	0	\$ 528.90	\$ -
1>>5	0	\$ 3,176.00	\$ -	8	\$ 3,401.90	\$ 27,215.20
2>>5	0	\$ 2,182.40	\$ -	0	\$ 2,339.90	\$ -
3>>5	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 955.75	\$ -
4>>5	5	\$ 520.00	\$ 2,600.00	0	\$ 556.90	\$ -
5>>5	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 32,586.80			\$ 1,150,770.40	\$ 1,183,357.20

Tabela 5.2.1.2 – Custo de Transporte para a semana 2 (Elaborado pelo autor)

Ao analisar os dados, observa-se que o modelo procura realizar o mínimo de deslocamentos vazios. A justificativa para uma viagem vazia é a falta de equipamentos em alguma das bases, que é suprida por uma viagem de re-posicionamento. Caso as demandas fossem balanceadas no tempo, a necessidade de viagens vazias seria minimizada.

Nota-se que os deslocamentos vazios costumam ser entre as regiões de Buenos Aires e São Paulo ou Porto Alegre. Esse fenômeno ocorre no dia-a-dia da operação e ilustra o desbalanceamento entre a quantidade de viagens Rumo Sul e Rumo Norte. Somando-se as quantidades de viagens Rumo Sul no período, chega-se ao valor de 447. Ao comparar com o número de viagens Rumo Norte (358), chegamos à conclusão de que ocorre uma retenção de equipamentos na Argentina e portanto, existem momentos em que o deslocamento vazio de equipamentos Rumo Norte torna-se necessário.

Continuando a análise, percebe-se que existe uma pequena quantidade de deslocamentos vazios de Rosário para Córdoba, na Argentina. Esse fenômeno é explicado pelo fato de Córdoba ser uma região originária de embarques. Como poucos embarques

chegam à região, torna-se necessário o apoio de outras bases. A melhor opção costuma ser a base de Rosário, que se encontra a uma menor distância.

No exemplo estudado, o modelo realizou deslocamentos vazios em 3 ramos:

- Buenos Aires → São Paulo;
- Buenos Aires → Porto Alegre;
- Rosário → Córdoba;

Na operação real, os ramos citados acima são os 3 ramos em que, empiricamente, o programador realiza os deslocamentos vazios. Dificilmente ocorrem deslocamentos vazios em outros ramos. Essa observação mostra aderência do modelo à realidade, além de ilustrar a importância da experiência do programador que, mesmo empiricamente, consegue se aproximar de resultados ótimos.

5.2.2. Variação do Nível de Serviço

Quanto maior o nível de serviço oferecido, maior é o custo de transporte associado. Quando a frota trabalha com sua capacidade máxima, a quantidade de deslocamentos vazios tende a aumentar, já que os estoques em bases tornam-se baixos.

Com os mesmos dados utilizados no item 5.2.1, podemos variar o parâmetro α para analisar o comportamento dos custos.

A tabela 5.2.2.1 mostra a simulação realizada.

	Nível Serviço	Custo Vazios	Custo Carregados	Custo Total	Qtde Embarques	Custo por embarque
1ª sem	83%	R\$ 119,129.30	R\$ 1,191,688.00	R\$ 1,310,817.30	413	R\$ 3,173.89
	80%	R\$ 29,071.70	R\$ 1,160,138.40	R\$ 1,189,210.10	402	R\$ 2,958.23
	75%	R\$ 26,365.30	R\$ 1,086,597.80	R\$ 1,112,963.10	376	R\$ 2,960.01
	70%	R\$ 9,032.40	R\$ 1,027,999.40	R\$ 1,037,031.80	356	R\$ 2,913.01
2ª sem	83%	R\$ 32,586.80	R\$ 1,150,770.40	R\$ 1,183,357.20	392	R\$ 3,018.77
	80%	R\$ 102,968.60	R\$ 1,118,359.60	R\$ 1,221,328.20	381	R\$ 3,205.59
	75%	R\$ 64,514.60	R\$ 1,054,078.00	R\$ 1,118,592.60	359	R\$ 3,115.86
	70%	R\$ 52,806.90	R\$ 985,319.20	R\$ 1,038,126.10	336	R\$ 3,089.66
Total	83%	R\$ 151,716.10	R\$ 2,342,458.40	R\$ 2,494,174.50	805	R\$ 3,098.35
	80%	R\$ 132,040.30	R\$ 2,278,498.00	R\$ 2,410,538.30	783	R\$ 3,078.59
	75%	R\$ 90,879.90	R\$ 2,140,675.80	R\$ 2,231,555.70	735	R\$ 3,036.13
	70%	R\$ 61,839.30	R\$ 2,013,318.60	R\$ 2,075,157.90	692	R\$ 2,998.78

Tabela 5.2.2.1 – Comparação entre níveis de serviço (Elaborado pelo autor)

Nota-se que os custos vazios, carregados e totais diminuem com a queda do Nível de Serviço, assim como a quantidade de Embarques. Um bom indicador é o custo por embarques, que também diminui com a queda do Nível de Serviço. Isso ocorre devido ao menor gasto com deslocamentos vazios.

A figura 5.2.2.1 mostra a relação entre o Nível de serviço e o custo por embarque.

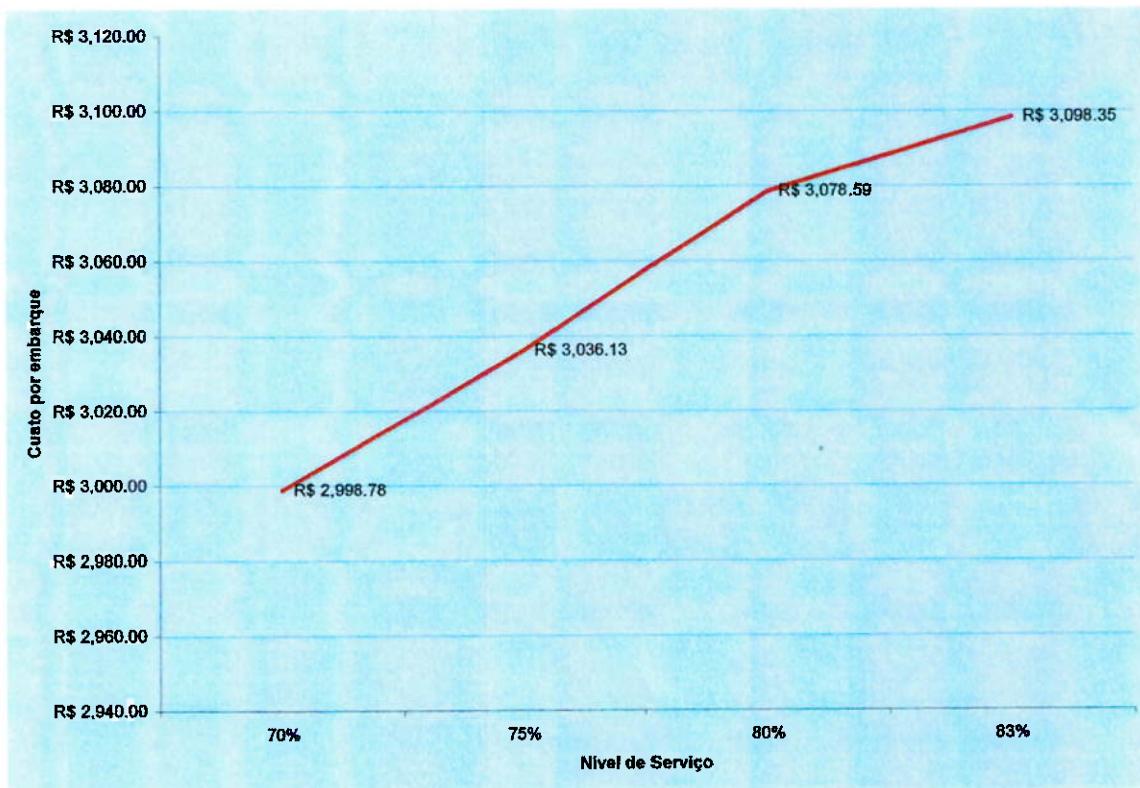


Figura 5.2.2.1 – Nível de Serviço x Custo por embarque (Elaborado pelo autor)

Porém, a empresa precisa levar em consideração que níveis de serviço mais baixos geram uma menor quantidade de embarques realizados. Não se pode excluir o fato de que existem custos fixos e indiretos associados que precisam ser cobertos pela receita.

Outro agravante é o grau de satisfação dos clientes. A empresa necessita manter um nível de serviço satisfatório para que os clientes sejam mantidos.

Com o uso do modelo, o programador dispõe de previsões de gastos com vazios para alguns níveis de serviço determinados. Cabe ao responsável decidir o valor mais adequado que gere uma melhor relação entre custo e nível de serviço.

5.2.3. Oferta Planejada de Cavalos e Carretas

Os itens 5.2.1 e 5.2.2 mostram os resultados e o funcionamento do modelo alinhado com o objetivo do estudo. Paralelamente aos resultados principais, pode-se extrair da planilha a previsibilidade da oferta de cavalos e carretas em cada uma das bases, para os 14 períodos analisados.

Essa funcionalidade possibilita ao usuário uma visualização futura da situação da operação, caso todos os deslocamentos planejados sejam executados. Permite a antecipação e preparação para situações de desconforto na operação. Se o programador fizer a comparação entre a oferta e a demanda para cada um dos dias em estudo, poderá ver as situações em que não existe folga.

5.3. Comparação com os dados reais

Para validar a precisão do modelo, foi realizada a comparação com uma base de dados da empresa. A validação foi realizada para os dados de 1 semana. Os *inputs* utilizados são os mesmos adotados em todo o capítulo (NS mínimo = 83%). Os resultados são apresentados nas tabelas a seguir:

RUMO SUL								
	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	TOTAL
DEMANDA	53	56	16	59	59	21	4	268
MODELO	46	48	14	51	50	18	4	231
REAL	28	46	4	48	40	15	2	183
DIF DIARIA	-18	-2	-10	-3	-10	-3	-2	-48
NS MODELO	87%	86%	88%	86%	85%	86%	100%	86%
NS REAL	53%	82%	25%	81%	68%	71%	50%	68%

Tabela 5.3.1 – Comparação entre resultados do modelo e a realidade para embarques Rumo sul (Elaborado pelo autor)

RUMO NORTE								
	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	TOTAL
DEMANDA	38	39	51	43	34	2	0	207
MODELO	34	34	44	38	30	2	0	182
REAL	24	39	33	39	44	12	0	191
DIFERENÇA	-10	5	-11	1	14	10	0	9
NS MODELO	89%	87%	86%	88%	88%	100%	0%	88%
NS REAL	63%	100%	65%	91%	129%	600%	0%	92%

Tabela 5.3.2 – Comparação entre resultados do modelo e a realidade para embarques Rumo norte (Elaborado pelo autor)

A análise dos dados mostra que, para o Rumo Sul, o modelo conseguiu um Nível de Serviço maior do que a operação, já no Rumo Norte, a operação atingiu um Nível de Serviço maior. O modelo está planejado para atender a um nível de serviço mínimo indicado pelo usuário (no caso 83%). Quando o usuário define o NS mínimo, o modelo procura manter os NS de todos os ramos próximos ao valor definido. Analisando os dados reais do período, percebe-se que a quantidade de embarques para cada um dos rumos é semelhante. Com essa medida, a operação procura balancear a malha, minimizando a quantidade de embarques vazios. Esse balanceamento forçado gera um baixo nível de serviço para o Rumo Sul, o que pode vir a gerar um descontentamento dos clientes.

Existem diferenças diárias ao comparar o atendimento do modelo com o atendimento realizado pela operação efetivamente. Em uma situação extrema, temos que em d=4, no Rumo Norte, a operação realizou 14 embarques a mais do que o modelo havia proposto.

As principais razões para as diferenças nos valores são as seguintes:

- Durante a semana podem ocorrer incrementos ou diminuições na demanda. Essas variações não podem ser previstas no modelo e devem ser administradas pela operação no dia-a-dia.
- No modelo o conceito de nível de serviço é estar no dia solicitado com o equipamento disponível para o carregamento, portanto ele busca uma combinação de deslocamentos que viabilize essa premissa. Já na realidade, existem situações onde a empresa negocia com os clientes um atraso de 1 ou 2 dias no carregamento,

já que o atendimento no dia desejado pode ser impossível, dada a configuração da frota, ou pode ser de elevado custo, visto que será necessário o deslocamento vazio de um número inaceitável de equipamentos. Essa negociação explica os NS reais maiores do que 100% encontrados na tabela. Na realidade, o que ocorre é o atendimento atrasado das demandas dos dias anteriores.

- Em algumas situações, podem ocorrer atrasos não previstos em embarques, que alteram a oferta de equipamentos no dia e podem gerar atrasos no atendimento. O modelo considera Transit-Times e Lead-Times padrão e, portanto não provê ao programador uma análise probabilística. O modelo não está, portanto, considerando situações de exceção;

Por todos os fatores explicitados acima, torna-se complicada a mensuração de ganhos financeiros com a utilização do modelo. Nos dados reais, o nível de serviço alcançado foi menor do que o alcançado pelo modelo. Dessa forma, os custos também são menores, porém a receita também é menor. Existem ações tomadas no dia-a-dia que diminuem o custo, mas são de difícil modelagem matemática.

Com essas considerações percebe-se que o modelo não possui a capacidade de substituir completamente o trabalho de um programador. Ele é capaz de guiá-lo e alertá-lo para algumas situações de extremo sendo, portanto, uma ferramenta de apoio às decisões. A sistemática não está preparada para alterações repentinhas de demanda, nem para possíveis atrasos em embarques. Essas particularidades deverão ser analisadas pelo tomador de decisão.

A vantagem do modelo é a imparcialidade. Todo o trabalho de programação é baseado na experiência de um pequeno grupo de pessoas. Com o apoio do modelo, pessoas com menor experiência podem se inserir com maior facilidade na equipe. Além disso, os erros são minimizados. O modelo, portanto, cumpre com a função de atribuir uma abordagem científica a uma atividade que vem sendo realizada de forma empírica.

5.4. Aperfeiçoamento do Modelo

Na seção anterior foi realizada a validação do modelo. Após a análise chegou-se à conclusão de que o modelo serve de apoio às decisões mas não substitui o trabalho de um programador. Para que a aderência à realidade aumente, sugerem-se as seguintes melhorias:

- O modelo deve permitir que a demanda seja atendida com o atraso de 1 ou mais períodos, já que na prática isso ocorre. Quando apenas permitimos que o atendimento seja realizado no prazo, temos pouco espaço para variações e o que ocorre é o deslocamento forçado de equipamentos vazios gerando custos excedentes;
- No modelo não são consideradas particularidades de alguns clientes. Em casos de não atendimento, torna-se necessária a escolha das cargas atendidas, e o modelo não faz essa escolha para o programador;
- O modelo precisa considerar alguns atrasos em embarques. Quando isso ocorre, a oferta se dá em um período posterior. Como o modelo não considera atrasos, existem casos em que a sistemática utiliza o equipamento e, na realidade, a operação não possui tal oferta;

Capítulo 6 – Conclusão

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de aplicar, em uma operação real, os conhecimentos adquiridos no curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP.

O trabalho apresentou um modelo de programação linear inteira para auxiliar no processo de decisão de deslocamento de equipamentos, cumprindo com a função de atribuir uma abordagem científica para uma atividade que vem sendo realizada de forma empírica.

A análise dos resultados mostrou que o modelo serve como uma ferramenta de apoio à decisão, sem que a figura do programador seja substituída. Existem particularidades da operação que não puderam ser inseridas no modelo e, portanto, os valores gerados precisam ser validados pela figura humana.

A grande vantagem encontrada é a diminuição da intervenção humana no processo. O modelo indica ao usuário a situação da malha no início da semana, e a função do operador é administrar as exceções.

Em uma operação dinâmica, onde as exceções ocorrem diariamente, um modelo matemático dificilmente substitui completamente o trabalho humano. Porém, a adoção de uma ferramenta que tenha a capacidade de considerar períodos maiores para a programação é extremamente importante para a operação e impede que grandes erros de falta de visibilidade sejam cometidos.

Considero, desta forma, que o trabalho de formatura, que tem como principal objetivo propor soluções e/ou melhorias a problemas existentes nas empresas em que os alunos estagiam, teve seu resultado alcançado neste projeto.

Bibliografia

BALLOU, R.H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. 4^a Edição. Porto Alegre: Bookman, 2001. p.21-22;119-127

BOWERSOX, D.J.; CLOSS, D.J. Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process. New York: MacGraw-Hill, 1996

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. Introdução à Pesquisa Operacional. São Paulo: Campus, 1988. p.124-133;694-703

LAMBERT, D.M. Strategic Logistics Management. 3^a Edição. Chicago: Irwin, 1993

MILLER, D.M.; SCHMIDT, J.W. Industrial Engineering and Operations Research. New York: Wiley, 1984. p.219

SHAPIRO, J.F. Modeling the Supply Chain. Pacific Grove: Duxbury, 2001. p.72

www.cel.coppead.ufrj.br

www.cnt.org.br

www.antt.gov.br

www.anfavea.com.br

Anexos

Anexo A – Dados para $\alpha = 83\%$

OFERTA DE CARRETAS												
SBC		POA		BUE		ROS		CDB				
DO	44	DO	12	DO	70	DO	15	DO	2			
D1	48	D1	16	D1	49	D1	10	D1	3			
D2	42	D2	10	D2	38	D2	9	D2	4			
D3	79	D3	14	D3	41	D3	11	D3	2			
D4	62	D4	9	D4	43	D4	14	D4	3			
D5	28	D5	6	D5	50	D5	11	D5	2			
D6	10	D6	6	D6	24	D6	10	D6	1			
D7	40	D7	6	D7	22	D7	8	D7	3			
D8	74	D8	9	D8	37	D8	10	D8	4			
D9	92	D9	19	D9	87	D9	24	D9	3			
D10	88	D10	12	D10	86	D10	18	D10	5			
D11	53	D11	6	D11	71	D11	15	D11	4			
D12	27	D12	6	D12	61	D12	11	D12	2			
D13	22	D13	6	D13	61	D13	10	D13	1			

OFERTA DE CAVALOS												
SBC		POA		BUE		ROS		CDB				
DO	43	DO	17	DO	33	DO	13	DO	2			
D1	48	D1	25	D1	39	D1	14	D1	1			
D2	53	D2	15	D2	41	D2	16	D2	5			
D3	56	D3	12	D3	35	D3	12	D3	5			
D4	45	D4	11	D4	36	D4	15	D4	5			
D5	32	D5	7	D5	52	D5	17	D5	3			
D6	59	D6	13	D6	39	D6	19	D6	2			
D7	87	D7	18	D7	74	D7	27	D7	5			
D8	105	D8	15	D8	87	D8	30	D8	4			
D9	67	D9	9	D9	64	D9	26	D9	2			
D10	38	D10	8	D10	33	D10	18	D10	4			
D11	34	D11	7	D11	35	D11	20	D11	2			
D12	32	D12	7	D12	53	D12	24	D12	4			
D13	65	D13	12	D13	83	D13	29	D13	4			

DESLOCAMENTOS VAZIOS

SEMANA 1						SEMANA 2					
O/D	DO (VZ)					D7 (VZ)					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
3	0	6	0	0	0	3	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
O/D	D1 (VZ)					D8 (VZ)					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
3	0	1	0	0	0	3	8	2	0	0	
4	0	0	0	0	2	4	0	0	0	1	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
O/D	D2 (VZ)					D9 (VZ)					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
3	0	5	0	0	0	3	0	2	0	0	
4	0	0	0	0	1	4	0	0	0	4	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
O/D	D3 (VZ)					D10 (VZ)					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
3	6	0	0	1	0	3	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
O/D	D4 (VZ)					D11 (VZ)					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
O/D	D5 (VZ)					D12 (VZ)					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
3	26	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
O/D	D6 (VZ)					D13 (VZ)					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
3	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	

DESLOCAMENTOS CARREGADOS

		SEMANA 1					SEMANA 2						
		DO (CA)	1	2	3	4	5	DO (CA)	1	2	3	4	5
1			0	0	24	10	2	1	0	0	23	10	0
2			0	0	10	0	0	2	0	0	5	0	0
3			19	4	0	0	0	3	18	4	0	0	0
4			8	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
5			1	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0
		D1 (CA)	1	2	3	4	5	D8 (CA)	1	2	3	4	5
			0	0	25	10	1	1	0	0	26	10	4
			0	0	12	0	0	2	0	0	6	0	0
			21	4	0	0	0	3	22	3	0	0	0
			6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
			1	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0
		D2 (CA)	1	2	3	4	5	D9 (CA)	1	2	3	4	5
			0	0	3	1	0	1	0	0	22	6	1
			0	0	10	0	0	2	0	0	7	2	0
			30	3	0	0	0	3	30	4	0	0	0
			6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
			3	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0
		D3 (CA)	1	2	3	4	5	D10 (CA)	1	2	3	4	5
			0	0	28	10	1	1	0	0	25	10	2
			0	0	10	2	0	2	0	0	8	0	0
			24	4	0	0	0	3	24	3	0	0	0
			6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
			2	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0
		D4 (CA)	1	2	3	4	5	D11 (CA)	1	2	3	4	5
			0	0	35	6	0	1	0	0	26	7	1
			0	0	9	0	0	2	0	0	6	0	0
			16	3	0	0	0	3	12	3	0	0	0
			6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
			3	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0
		D5 (CA)	1	2	3	4	5	D12 (CA)	1	2	3	4	5
			0	0	12	5	1	1	0	0	0	5	0
			0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
			1	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0
			1	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0
		D6 (CA)	1	2	3	4	5	D13 (CA)	1	2	3	4	5
			0	0	0	4	0	1	0	0	0	4	0
			0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0

CUSTO TOTAL TRANSPORTE 1ª SEMANA						
Deslocamentos (Vz)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Deslocamentos (Carr.)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Total
1>>1	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
2>>1	0	\$ 1,487.20	0	\$ 1,594.84	\$ -	\$ -
3>>1	32	\$ 2,814.30	90,057.60	\$ 3,016.80	\$ 331,848.00	\$ 421,905.60
4>>1	0	\$ 2,956.00	\$ -	\$ 3,170.20	\$ 104,616.60	\$ 104,616.60
5>>1	0	\$ 3,128.00	\$ -	\$ 3,353.90	\$ 36,892.90	\$ 36,892.90
1>>2	0	\$ 1,528.80	\$ -	\$ 1,636.44	\$ -	\$ -
2>>2	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
3>>2	14	\$ 1,868.10	\$ 26,153.40	\$ 2,002.20	\$ 36,039.60	\$ 62,193.00
4>>2	0	\$ 2,010.20	\$ -	\$ 2,156.00	\$ 21,560.00	\$ 21,560.00
5>>2	0	\$ 2,182.20	\$ -	\$ 2,339.70	\$ -	\$ -
1>>3	0	\$ 2,862.30	\$ -	\$ 3,064.80	\$ 389,229.60	\$ 389,229.60
2>>3	0	\$ 1,868.70	\$ -	\$ 2,002.80	\$ 102,142.80	\$ 102,142.80
3>>3	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
4>>3	0	\$ 326.40	\$ -	\$ 348.90	\$ -	\$ -
5>>3	0	\$ 892.30	\$ -	\$ 995.75	\$ -	\$ -
1>>4	0	\$ 3,004.00	\$ -	\$ 3,218.20	\$ 148,037.20	\$ 148,037.20
2>>4	0	\$ 2,010.40	\$ -	\$ 2,156.20	\$ 4,312.40	\$ 4,312.40
3>>4	1	\$ 318.30	\$ 318.30	\$ 340.80	\$ -	\$ 318.30
4>>4	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
5>>4	0	\$ 492.00	\$ -	\$ 528.90	\$ -	\$ -
1>>5	0	\$ 3,176.00	\$ -	\$ 3,401.90	\$ 17,009.50	\$ 17,009.50
2>>5	0	\$ 2,182.40	\$ -	\$ 2,339.90	\$ -	\$ -
3>>5	0	\$ 892.30	\$ -	\$ 955.75	\$ -	\$ -
4>>5	5	\$ 520.00	\$ 2,600.00	\$ 556.90	\$ -	\$ 2,600.00
5>>5	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 119,129.30		\$ 1,191,688.60	\$ 1,310,817.90	

CUSTO TOTAL TRANSPORTE 2ª SEMANA						
Deslocamentos (Vz)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Deslocamentos (Carr.)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Total
1>>1	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
2>>1	0	\$ 1,487.20	0	\$ 1,594.84	\$ -	\$ -
3>>1	8	\$ 2,814.30	\$ 22,514.40	\$ 3,016.80	\$ 319,780.80	\$ 342,295.20
4>>1	0	\$ 2,956.00	\$ -	\$ 3,170.20	\$ 98,276.20	\$ 98,276.20
5>>1	0	\$ 3,128.00	\$ -	\$ 3,353.90	\$ 40,246.80	\$ 40,246.80
1>>2	0	\$ 1,528.80	\$ -	\$ 1,636.44	\$ -	\$ -
2>>2	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
3>>2	4	\$ 1,868.10	\$ 7,472.40	\$ 2,002.20	\$ 34,037.40	\$ 41,509.80
4>>2	0	\$ 2,010.20	\$ -	\$ 2,156.00	\$ 21,560.00	\$ 21,560.00
5>>2	0	\$ 2,182.20	\$ -	\$ 2,339.70	\$ -	\$ -
1>>3	0	\$ 2,862.30	\$ -	\$ 3,064.80	\$ 373,905.60	\$ 373,905.60
2>>3	0	\$ 1,868.70	\$ -	\$ 2,002.80	\$ 64,089.60	\$ 64,089.60
3>>3	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
4>>3	0	\$ 326.40	\$ -	\$ 348.90	\$ -	\$ -
5>>3	0	\$ 892.30	\$ -	\$ 995.75	\$ -	\$ -
1>>4	0	\$ 3,004.00	\$ -	\$ 3,218.20	\$ 167,346.40	\$ 167,346.40
2>>4	0	\$ 2,010.40	\$ -	\$ 2,156.20	\$ 4,312.40	\$ 4,312.40
3>>4	0	\$ 318.30	\$ -	\$ 340.80	\$ -	\$ -
4>>4	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
5>>4	0	\$ 492.00	\$ -	\$ 528.90	\$ -	\$ -
1>>5	0	\$ 3,176.00	\$ -	\$ 3,401.90	\$ 27,215.20	\$ 27,215.20
2>>5	0	\$ 2,182.40	\$ -	\$ 2,339.90	\$ -	\$ -
3>>5	0	\$ 892.30	\$ -	\$ 955.75	\$ -	\$ -
4>>5	5	\$ 520.00	\$ 2,600.00	\$ 556.90	\$ -	\$ 2,600.00
5>>5	0	\$ -	0	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 32,586.80		\$ 1,150,770.40	\$ 1,183,357.20	

Anexo B – Dados para $\alpha = 80\%$

OFERTA DE CARRETAS									
SBC		POA		BUE		ROS		CDB	
DO	44	DO	12	DO	70	DO	15	DO	2
D1	49	D1	17	D1	49	D1	10	D1	3
D2	44	D2	12	D2	40	D2	9	D2	4
D3	81	D3	15	D3	46	D3	11	D3	2
D4	66	D4	8	D4	51	D4	14	D4	3
D5	33	D5	10	D5	57	D5	11	D5	2
D6	15	D6	10	D6	57	D6	10	D6	1
D7	38	D7	10	D7	57	D7	8	D7	3
D8	71	D8	12	D8	46	D8	10	D8	4
D9	63	D9	22	D9	95	D9	23	D9	3
D10	60	D10	13	D10	96	D10	17	D10	5
D11	52	D11	6	D11	82	D11	14	D11	4
D12	28	D12	6	D12	71	D12	10	D12	2
D13	23	D13	6	D13	71	D13	9	D13	1

OFERTA DE CAVALOS									
SBC		POA		BUE		ROS		CDB	
DO	43	DO	17	DO	33	DO	13	DO	2
D1	49	D1	26	D1	39	D1	14	D1	1
D2	55	D2	16	D2	43	D2	16	D2	5
D3	58	D3	12	D3	39	D3	12	D3	5
D4	48	D4	9	D4	42	D4	15	D4	5
D5	35	D5	10	D5	57	D5	17	D5	3
D6	55	D6	16	D6	70	D6	19	D6	2
D7	82	D7	21	D7	105	D7	26	D7	5
D8	75	D8	17	D8	92	D8	29	D8	4
D9	38	D9	11	D9	71	D9	25	D9	2
D10	36	D10	8	D10	42	D10	17	D10	4
D11	33	D11	6	D11	44	D11	19	D11	2
D12	31	D12	6	D12	61	D12	23	D12	4
D13	62	D13	11	D13	90	D13	28	D13	4

DESLOCAMENTOS VAZIOS

SEMANA 1						SEMANA 2					
O/D	D1 (VZ)					D7 (VZ)					
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	7	0	0	0	3	26	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
O/D	D2 (VZ)					D8 (VZ)					
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	9	0	0	0	0
4	0	0	0	0	2	4	0	0	0	1	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
O/D	D3 (VZ)					D9 (VZ)					
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	3	0	0	0	3	0	1	0	0	0
4	0	0	0	0	1	4	0	0	0	4	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
O/D	D4 (VZ)					D10 (VZ)					
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	0	4	0	1	3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
O/D	D5 (VZ)					D11 (VZ)					
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
O/D	D6 (VZ)					D12 (VZ)					
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
O/D	D7 (VZ)					D13 (VZ)					
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0

DESLOCAMENTOS CARREGADOS

SEMANA 1						SEMANA 2					
DO (CA)	1	2	3	4	5	D7 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	23	10	2	1	0	0	22	10	0
2	0	0	9	0	0	2	0	0	4	0	0
3	18	4	0	0	0	3	17	4	0	0	0
4	8	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
5	1	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0
D1 (CA)	1	2	3	4	5	D8 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	24	10	1	1	0	0	25	10	4
2	0	0	12	0	0	2	0	0	6	0	0
3	20	4	0	0	0	3	21	3	0	0	0
4	6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
5	1	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0
D2 (CA)	1	2	3	4	5	D9 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	3	1	0	1	0	0	21	6	1
2	0	0	10	0	0	2	0	0	7	2	0
3	29	3	0	0	0	3	28	4	0	0	0
4	6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
5	3	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0
D3 (CA)	1	2	3	4	5	D10 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	27	9	1	1	0	0	24	10	2
2	0	0	10	2	0	2	0	0	8	0	0
3	23	4	0	0	0	3	23	3	0	0	0
4	6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
5	2	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0
D4 (CA)	1	2	3	4	5	D11 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	34	6	0	1	0	0	25	7	1
2	0	0	8	0	0	2	0	0	6	0	0
3	16	3	0	0	0	3	12	3	0	0	0
4	6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
5	3	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0
D5 (CA)	1	2	3	4	5	D12 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	12	5	1	1	0	0	0	5	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0
D6 (CA)	1	2	3	4	5	D13 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	0	4	0	1	0	0	0	4	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0

Anexos

CUSTO TOTAL TRANSPORTE 1ª SEMANA						
	Deslocamentos (Vz)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Deslocamentos (Carr.)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)
1>>1	0	\$ 1,487.20	\$ -	0	\$ 1,594.84	\$ -
2>>1	0	\$ 2,814.30	\$ -	0	\$ 3,016.80	\$ 319,780.80
3>>1	0	\$ 2,956.00	\$ -	106	\$ 3,170.20	\$ 104,616.60
4>>1	0	\$ 3,128.00	\$ -	33	\$ 3,353.90	\$ 36,892.90
5>>1	0	\$ 1,528.80	\$ -	11	\$ 1,636.44	\$ -
1>>2	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
2>>2	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
3>>2	14	\$ 1,868.10	\$ 26,153.40	18	\$ 2,002.20	\$ 36,039.60
4>>2	0	\$ 2,010.20	\$ -	10	\$ 2,156.00	\$ 21,560.00
5>>2	0	\$ 2,182.20	\$ -	0	\$ 2,339.70	\$ -
1>>3	0	\$ 2,862.30	\$ -	123	\$ 3,064.80	\$ 376,970.40
2>>3	0	\$ 1,868.70	\$ -	49	\$ 2,002.80	\$ 98,137.20
3>>3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
4>>3	0	\$ 326.40	\$ -	0	\$ 348.90	\$ -
5>>3	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 995.75	\$ -
1>>4	0	\$ 3,004.00	\$ -	45	\$ 3,218.20	\$ 144,819.00
2>>4	0	\$ 2,010.40	\$ -	2	\$ 2,156.20	\$ 4,312.40
3>>4	1	\$ 318.30	\$ 318.30	0	\$ 340.80	\$ -
4>>4	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
5>>4	0	\$ 492.00	\$ -	0	\$ 528.90	\$ -
1>>5	0	\$ 3,176.00	\$ -	5	\$ 3,401.90	\$ 17,009.50
2>>5	0	\$ 2,182.40	\$ -	0	\$ 2,339.90	\$ -
3>>5	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 955.75	\$ -
4>>5	5	\$ 520.00	\$ 2,600.00	0	\$ 556.90	\$ -
5>>5	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 29.071.70			\$ 1.160.138.40	\$ 1.189.210.10

CUSTO TOTAL TRANSPORTE 2ª SEMANA						
	Deslocamentos (Vz)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Deslocamentos (Carr.)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)
1>>1	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
2>>1	0	\$ 1,487.20	\$ -	0	\$ 1,594.84	\$ -
3>>1	35	\$ 2,814.30	\$ 98,500.50	101	\$ 3,016.80	\$ 304,596.80
4>>1	0	\$ 2,956.00	\$ -	31	\$ 3,170.20	\$ 98,276.20
5>>1	0	\$ 3,128.00	\$ -	12	\$ 3,353.90	\$ 40,246.80
1>>2	0	\$ 1,528.80	\$ -	0	\$ 1,636.44	\$ -
2>>2	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
3>>2	1	\$ 1,868.10	\$ 1,868.10	17	\$ 2,002.20	\$ 34,037.40
4>>2	0	\$ 2,010.20	\$ -	10	\$ 2,156.00	\$ 21,560.00
5>>2	0	\$ 2,182.20	\$ -	0	\$ 2,339.70	\$ -
1>>3	0	\$ 2,862.30	\$ -	117	\$ 3,064.80	\$ 358,581.60
2>>3	0	\$ 1,868.70	\$ -	31	\$ 2,002.80	\$ 62,086.80
3>>3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
4>>3	0	\$ 326.40	\$ -	0	\$ 348.90	\$ -
5>>3	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 995.75	\$ -
1>>4	0	\$ 3,004.00	\$ -	52	\$ 3,218.20	\$ 167,346.40
2>>4	0	\$ 2,010.40	\$ -	2	\$ 2,156.20	\$ 4,312.40
3>>4	0	\$ 318.30	\$ -	0	\$ 340.80	\$ -
4>>4	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
5>>4	0	\$ 492.00	\$ -	0	\$ 528.90	\$ -
1>>5	0	\$ 3,176.00	\$ -	8	\$ 3,401.90	\$ 27,215.20
2>>5	0	\$ 2,182.40	\$ -	0	\$ 2,339.90	\$ -
3>>5	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 955.75	\$ -
4>>5	5	\$ 520.00	\$ 2,600.00	0	\$ 556.90	\$ -
5>>5	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 102.968.60			\$ 1.118.359.60	\$ 1.221.328.20

Anexo C – Dados para $\alpha = 75\%$

OFERTA DE CARRETAS									
SBC		POA		BUE		ROS		CDB	
DO	44	DO	12	DO	70	DO	15	DO	2
D1	52	D1	17	D1	55	D1	11	D1	3
D2	50	D2	9	D2	44	D2	11	D2	3
D3	87	D3	17	D3	55	D3	11	D3	3
D4	74	D4	8	D4	68	D4	13	D4	4
D5	43	D5	5	D5	75	D5	10	D5	3
D6	26	D6	5	D6	69	D6	9	D6	2
D7	48	D7	11	D7	69	D7	9	D7	2
D8	80	D8	12	D8	69	D8	10	D8	3
D9	73	D9	21	D9	114	D9	21	D9	4
D10	70	D10	13	D10	116	D10	18	D10	3
D11	52	D11	6	D11	103	D11	13	D11	4
D12	29	D12	5	D12	93	D12	8	D12	2
D13	24	D13	5	D13	93	D13	7	D13	1

OFERTA DE CAVALOS									
SBC		POA		BUE		ROS		CDB	
DO	43	DO	17	DO	33	DO	13	DO	2
D1	52	D1	26	D1	45	D1	15	D1	1
D2	61	D2	17	D2	47	D2	18	D2	4
D3	64	D3	17	D3	48	D3	12	D3	6
D4	54	D4	11	D4	56	D4	13	D4	6
D5	42	D5	8	D5	69	D5	14	D5	4
D6	61	D6	13	D6	75	D6	16	D6	3
D7	87	D7	24	D7	108	D7	25	D7	4
D8	81	D8	20	D8	107	D8	28	D8	3
D9	47	D9	14	D9	87	D9	23	D9	3
D10	34	D10	11	D10	61	D10	17	D10	2
D11	31	D11	9	D11	64	D11	16	D11	2
D12	29	D12	8	D12	80	D12	19	D12	3
D13	59	D13	13	D13	107	D13	24	D13	3

DESLOCAMENTOS VAZIOS

DESLOCAMENTOS VAZIOS					
SEMANA 1					
O/D	DO (VZ)	1	2	3	4
1	DO (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	3	0	0
4		0	0	0	0
5		0	0	0	0
O/D	D1 (VZ)	1	2	3	4
1	D1 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	4	0	0
4		0	0	0	1
5		0	0	0	0
O/D	D2 (VZ)	1	2	3	4
1	D2 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	0	0	0
4		0	0	0	3
5		0	0	0	0
O/D	D3 (VZ)	1	2	3	4
1	D3 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	0	0	0
4		0	0	0	0
5		0	0	0	0
O/D	D4 (VZ)	1	2	3	4
1	D4 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	0	0	0
4		0	0	0	0
5		0	0	0	0
O/D	D5 (VZ)	1	2	3	4
1	D5 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	6	0	0
4		0	0	0	0
5		0	0	0	0
O/D	D6 (VZ)	1	2	3	4
1	D6 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	0	0	0
4		0	0	0	0
5		0	0	0	0
SEMANA 2					
O/D	D7 (VZ)	1	2	3	4
1	D7 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		14	0	0	0
4		0	0	0	0
5		0	0	0	0
O/D	D8 (VZ)	1	2	3	4
1	D8 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		8	0	0	0
4		0	0	0	2
5		0	0	0	0
O/D	D9 (VZ)	1	2	3	4
1	D9 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	0	0	0
4		0	0	0	1
5		0	0	0	0
O/D	D10 (VZ)	1	2	3	4
1	D10 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	0	0	0
4		0	0	0	2
5		0	0	0	0
O/D	D11 (VZ)	1	2	3	4
1	D11 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	0	0	0
4		0	0	0	0
5		0	0	0	0
O/D	D12 (VZ)	1	2	3	4
1	D12 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	0	0	0
4		0	0	0	0
5		0	0	0	0
O/D	D13 (VZ)	1	2	3	4
1	D13 (VZ)	0	0	0	0
2		0	0	0	0
3		0	0	0	0
4		0	0	0	0
5		0	0	0	0

DESLOCAMENTOS CARREGADOS

SEMANA 1						SEMANA 2					
DO (CA)	1	2	3	4	5	D7 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	21	9	2	1	0	0	21	9	0
2	0	0	9	0	0	2	0	0	4	0	0
3	17	3	0	0	0	3	16	3	0	0	0
4	7	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
5	1	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0
D1 (CA)	1	2	3	4	5	D8 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	22	9	1	1	0	0	24	9	3
2	0	0	11	0	0	2	0	0	6	0	0
3	19	3	0	0	0	3	20	3	0	0	0
4	6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
5	1	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0
D2 (CA)	1	2	3	4	5	D9 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	3	1	0	1	0	0	20	6	1
2	0	0	9	0	0	2	0	0	6	2	0
3	27	3	0	0	0	3	27	3	0	0	0
4	6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
5	3	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0
D3 (CA)	1	2	3	4	5	D10 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	25	9	1	1	0	0	23	9	2
2	0	0	9	2	0	2	0	0	7	0	0
3	21	3	0	0	0	3	21	3	0	0	0
4	6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
5	2	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0
D4 (CA)	1	2	3	4	5	D11 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	32	6	0	1	0	0	24	6	1
2	0	0	8	0	0	2	0	0	6	0	0
3	15	3	0	0	0	3	11	3	0	0	0
4	6	2	0	0	0	4	6	2	0	0	0
5	3	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0
D5 (CA)	1	2	3	4	5	D12 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	11	5	1	1	0	0	0	5	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0
D6 (CA)	1	2	3	4	5	D13 (CA)	1	2	3	4	5
1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	3	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0

Anexos

CUSTO TOTAL TRANSPORTE 1ª SEMANA						
	Deslocamentos (Vz)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Deslocamentos (Carr.)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)
1>>1	0	\$ 1,487.20	\$ -	0	\$ 1,594.84	\$ -
2>>1	0	\$ 2,814.30	\$ -	99	\$ 3,016.80	\$ 298,663.20
3>>1	0	\$ 2,956.00	\$ -	32	\$ 3,170.20	\$ 101,446.40
4>>1	0	\$ 3,128.00	\$ -	11	\$ 3,353.90	\$ 36,892.90
5>>1	0	\$ 1,528.80	\$ -	0	\$ 1,636.44	\$ -
1>>2	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
2>>2	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
3>>2	13	\$ 1,868.10	\$ 24,285.30	15	\$ 2,002.20	\$ 30,033.00
4>>2	0	\$ 2,010.20	\$ -	10	\$ 2,156.00	\$ 21,560.00
5>>2	0	\$ 2,182.20	\$ -	0	\$ 2,339.70	\$ -
1>>3	0	\$ 2,862.30	\$ -	114	\$ 3,064.80	\$ 349,387.20
2>>3	0	\$ 1,868.70	\$ -	46	\$ 2,002.80	\$ 92,128.80
3>>3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
4>>3	0	\$ 326.40	\$ -	0	\$ 348.90	\$ -
5>>3	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 995.75	\$ -
1>>4	0	\$ 3,004.00	\$ -	42	\$ 3,218.20	\$ 135,164.40
2>>4	0	\$ 2,010.40	\$ -	2	\$ 2,156.20	\$ 4,312.40
3>>4	0	\$ 318.30	\$ -	0	\$ 340.80	\$ -
4>>4	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
5>>4	0	\$ 492.00	\$ -	0	\$ 528.90	\$ -
1>>5	0	\$ 3,176.00	\$ -	5	\$ 3,401.90	\$ 17,009.50
2>>5	0	\$ 2,182.40	\$ -	0	\$ 2,339.90	\$ -
3>>5	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 955.75	\$ -
4>>5	4	\$ 520.00	\$ 2,080.00	0	\$ 556.90	\$ -
5>>5	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 25,365.30			\$ 1,086,597.80	\$ 1,112,983.10

CUSTO TOTAL TRANSPORTE 2ª SEMANA						
	Deslocamentos (Vz)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Deslocamentos (Carr.)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)
1>>1	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
2>>1	0	\$ 1,487.20	\$ -	0	\$ 1,594.84	\$ -
3>>1	22	\$ 2,814.30	\$ 61,914.60	95	\$ 3,016.80	\$ 286,596.00
4>>1	0	\$ 2,956.00	\$ -	31	\$ 3,170.20	\$ 98,276.20
5>>1	0	\$ 3,128.00	\$ -	11	\$ 3,353.90	\$ 36,892.90
1>>2	0	\$ 1,528.80	\$ -	0	\$ 1,636.44	\$ -
2>>2	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
3>>2	0	\$ 1,868.10	\$ -	15	\$ 2,002.20	\$ 30,033.00
4>>2	0	\$ 2,010.20	\$ -	10	\$ 2,156.00	\$ 21,560.00
5>>2	0	\$ 2,182.20	\$ -	0	\$ 2,339.70	\$ -
1>>3	0	\$ 2,862.30	\$ -	112	\$ 3,064.80	\$ 343,257.60
2>>3	0	\$ 1,868.70	\$ -	29	\$ 2,002.80	\$ 58,081.20
3>>3	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
4>>3	0	\$ 326.40	\$ -	0	\$ 348.90	\$ -
5>>3	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 995.75	\$ -
1>>4	0	\$ 3,004.00	\$ -	47	\$ 3,218.20	\$ 151,255.40
2>>4	0	\$ 2,010.40	\$ -	2	\$ 2,156.20	\$ 4,312.40
3>>4	0	\$ 318.30	\$ -	0	\$ 340.80	\$ -
4>>4	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
5>>4	0	\$ 492.00	\$ -	0	\$ 528.90	\$ -
1>>5	0	\$ 3,176.00	\$ -	7	\$ 3,401.90	\$ 23,813.30
2>>5	0	\$ 2,182.40	\$ -	0	\$ 2,339.90	\$ -
3>>5	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 955.75	\$ -
4>>5	5	\$ 520.00	\$ 2,600.00	0	\$ 556.90	\$ -
5>>5	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 64,514.60			\$ 1,054,078.00	\$ 1,118,592.60

Anexo D – Dados para $\alpha = 70\%$

OFERTA DE CARRETAS									
SBC		POA		BUE		ROS		CDB	
DO	44	DO	12	DO	70	DO	15	DO	2
D1	53	D1	18	D1	58	D1	11	D1	3
D2	52	D2	9	D2	52	D2	10	D2	5
D3	89	D3	13	D3	61	D3	14	D3	2
D4	78	D4	7	D4	75	D4	17	D4	3
D5	50	D5	5	D5	82	D5	15	D5	2
D6	34	D6	5	D6	82	D6	14	D6	1
D7	55	D7	5	D7	82	D7	14	D7	1
D8	85	D8	6	D8	80	D8	12	D8	6
D9	78	D9	16	D9	131	D9	25	D9	5
D10	75	D10	8	D10	129	D10	23	D10	3
D11	60	D11	5	D11	116	D11	19	D11	4
D12	31	D12	5	D12	107	D12	15	D12	2
D13	26	D13	5	D13	107	D13	14	D13	1

OFERTA DE CAVALOS									
SBC		POA		BUE		ROS		CDB	
DO	43	DO	17	DO	33	DO	13	DO	2
D1	53	D1	27	D1	48	D1	15	D1	1
D2	63	D2	19	D2	55	D2	17	D2	6
D3	66	D3	15	D3	53	D3	15	D3	5
D4	57	D4	12	D4	60	D4	17	D4	5
D5	46	D5	10	D5	73	D5	19	D5	3
D6	64	D6	15	D6	85	D6	21	D6	2
D7	88	D7	20	D7	116	D7	29	D7	3
D8	82	D8	16	D8	113	D8	28	D8	6
D9	50	D9	11	D9	101	D9	26	D9	4
D10	40	D10	8	D10	73	D10	22	D10	2
D11	29	D11	10	D11	74	D11	22	D11	2
D12	27	D12	10	D12	89	D12	26	D12	3
D13	54	D13	15	D13	115	D13	30	D13	3

DESLOCAMENTOS VAZIOS													
		SEMANA 1					SEMANA 2						
O/D		DO (VZ)					D7 (VZ)						
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	3	15	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
O/D		D1 (VZ)					D8 (VZ)						
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
O/D		D2 (VZ)					D9 (VZ)						
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	3	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
O/D		D3 (VZ)					D10 (VZ)						
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	2	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
O/D		D4 (VZ)					D11 (VZ)						
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
O/D		D5 (VZ)					D12 (VZ)						
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
O/D		D6 (VZ)					D13 (VZ)						
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0

DESLOCAMENTOS CARREGADOS												
SEMANA 1												
SEMANA 2												
D0 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	20	9	2							
2	0	0	8	0	0							
3	16	3	0	0	0							
4	7	2	0	0	0							
5	1	0	0	0	0							
D1 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	21	9	1							
2	0	0	10	0	0							
3	18	3	0	0	0							
4	5	2	0	0	0							
5	1	0	0	0	0							
D2 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	3	1	0							
2	0	0	9	0	0							
3	26	3	0	0	0							
4	5	2	0	0	0							
5	3	0	0	0	0							
D3 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	24	8	1							
2	0	0	9	2	0							
3	20	3	0	0	0							
4	5	2	0	0	0							
5	2	0	0	0	0							
D4 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	30	5	0							
2	0	0	7	0	0							
3	14	3	0	0	0							
4	5	2	0	0	0							
5	3	0	0	0	0							
D5 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	10	5	1							
2	0	0	0	0	0							
3	0	0	0	0	0							
4	1	0	0	0	0							
5	1	0	0	0	0							
D6 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	3	0							
2	0	0	0	0	0							
3	0	0	0	0	0							
4	0	0	0	0	0							
5	0	0	0	0	0							
D7 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	19	9	0							
2	0	0	4	0	0							
3	15	3	0	0	0							
4	5	2	0	0	0							
5	1	0	0	0	0							
D8 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	22	9	3							
2	0	0	5	0	0							
3	19	3	0	0	0							
4	5	2	0	0	0							
5	3	0	0	0	0							
D9 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	19	5	1							
2	0	0	6	2	0							
3	25	3	0	0	0							
4	5	2	0	0	0							
5	2	0	0	0	0							
D10 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	21	9	2							
2	0	0	7	0	0							
3	20	3	0	0	0							
4	5	2	0	0	0							
5	2	0	0	0	0							
D11 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	22	6	1							
2	0	0	5	0	0							
3	10	3	0	0	0							
4	5	2	0	0	0							
5	2	0	0	0	0							
D12 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	5	0							
2	0	0	0	0	0							
3	0	0	0	0	0							
4	1	0	0	0	0							
5	1	0	0	0	0							
D13 (CA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	3	0							
2	0	0	0	0	0							
3	0	0	0	0	0							
4	0	0	0	0	0							
5	0	0	0	0	0							

Anexos

CUSTO TOTAL TRANSPORTE 1ª SEMANA						
	Deslocamentos (Vz)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Deslocamentos (Carr.)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)
1>>1	0	\$ 1,487.20	\$ -	0	\$ 1,594.84	\$ -
2>>1	0	\$ 2,814.30	\$ -	94	\$ 3,016.80	\$ 283,579.20
3>>1	0	\$ 2,956.00	\$ -	28	\$ 3,170.20	\$ 88,765.60
4>>1	0	\$ 3,128.00	\$ -	11	\$ 3,353.90	\$ 36,892.90
5>>1	0	\$ 1,528.80	\$ -	0	\$ 1,636.44	\$ -
1>>2	0	\$ 1,868.10	\$ 7,472.40	15	\$ 2,002.20	\$ 30,033.00
2>>2	0	\$ 2,010.20	\$ -	10	\$ 2,156.00	\$ 21,560.00
5>>2	0	\$ 2,182.20	\$ -	0	\$ 2,339.70	\$ -
1>>3	0	\$ 2,862.30	\$ -	108	\$ 3,064.80	\$ 330,998.40
2>>3	0	\$ 1,868.70	\$ -	43	\$ 2,002.80	\$ 86,120.40
3>>3	0	\$ 326.40	\$ -	0	\$ 348.90	\$ -
4>>3	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 995.75	\$ -
1>>4	0	\$ 3,004.00	\$ -	40	\$ 3,218.20	\$ 128,728.00
2>>4	0	\$ 2,010.40	\$ -	2	\$ 2,156.20	\$ 4,312.40
3>>4	0	\$ 318.30	\$ -	0	\$ 340.80	\$ -
4>>4	0	\$ 492.00	\$ -	0	\$ 528.90	\$ -
1>>5	0	\$ 3,176.00	\$ -	5	\$ 3,401.90	\$ 17,009.50
2>>5	0	\$ 2,182.40	\$ -	0	\$ 2,339.90	\$ -
3>>5	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 955.75	\$ -
4>>5	3	\$ 520.00	\$ 1,560.00	0	\$ 556.90	\$ -
5>>5	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 9,032.40			\$ 1,027,999.40	\$ 1,037,031.80

CUSTO TOTAL TRANSPORTE 2ª SEMANA						
	Deslocamentos (Vz)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)	Deslocamentos (Carr.)	\$ (Unidade)	\$ (Totais)
1>>1	0	\$ 1,487.20	\$ -	0	\$ 1,594.84	\$ -
2>>1	15	\$ 2,814.30	\$ 42,214.50	89	\$ 3,016.80	\$ 268,495.20
3>>1	0	\$ 2,956.00	\$ -	26	\$ 3,170.20	\$ 82,425.20
4>>1	0	\$ 3,128.00	\$ -	11	\$ 3,353.90	\$ 36,892.90
5>>1	0	\$ 1,528.80	\$ -	0	\$ 1,636.44	\$ -
1>>2	0	\$ 1,868.10	\$ 7,472.40	15	\$ 2,002.20	\$ 30,033.00
2>>2	0	\$ 2,010.20	\$ -	10	\$ 2,156.00	\$ 21,560.00
5>>2	0	\$ 2,182.20	\$ -	0	\$ 2,339.70	\$ -
1>>3	0	\$ 2,862.30	\$ -	103	\$ 3,064.80	\$ 315,674.40
2>>3	0	\$ 1,868.70	\$ -	27	\$ 2,002.80	\$ 54,075.60
3>>3	0	\$ 326.40	\$ -	0	\$ 348.90	\$ -
4>>3	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 995.75	\$ -
1>>4	0	\$ 3,004.00	\$ -	46	\$ 3,218.20	\$ 148,037.20
2>>4	0	\$ 2,010.40	\$ -	2	\$ 2,156.20	\$ 4,312.40
3>>4	0	\$ 318.30	\$ -	0	\$ 340.80	\$ -
4>>4	0	\$ 492.00	\$ -	0	\$ 528.90	\$ -
1>>5	0	\$ 3,176.00	\$ -	7	\$ 3,401.90	\$ 23,813.30
2>>5	0	\$ 2,182.40	\$ -	0	\$ 2,339.90	\$ -
3>>5	0	\$ 892.30	\$ -	0	\$ 955.75	\$ -
4>>5	6	\$ 520.00	\$ 3,120.00	0	\$ 556.90	\$ -
5>>5	0	\$ -	\$ -	0	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 52,806.90			\$ 985,319.20	\$ 1,038,126.10