

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**NATÁLIA MARTINS GONÇALVES**

**" ECONOMIAS DE ESCALA EM UMA LINHA DE ÔNIBUS URBANO :  
O ENFOQUE MICRO-ANALÍTICO "**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA  
CATARINA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM **ENGENHARIA**



0.237.876-1

UFSC-BU

FLORIANÓPOLIS/SC - BRASIL

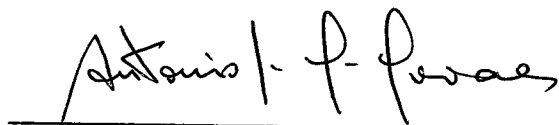
- 1995 -

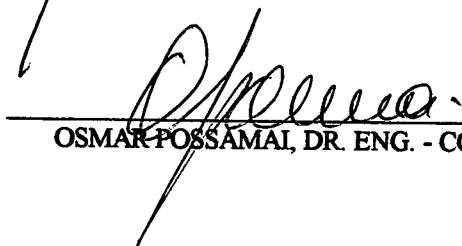
**" ECONOMIAS DE ESCALA EM UMA LINHA DE ÔNIBUS URBANO :  
O ENFOQUE MICRO-ANALÍTICO "**

**NATÁLIA MARTINS GONÇALVES**

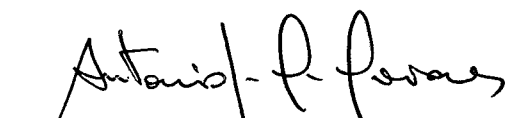
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
**MESTRE EM ENGENHARIA**

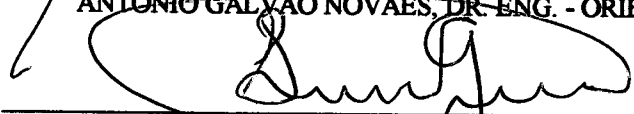
ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

  
\_\_\_\_\_  
ANTÔNIO GALVÃO NOVAES, DR. ENG. - ORIENTADOR

  
\_\_\_\_\_  
OSMAR POSSAMAI, DR. ENG. - COORDENADOR DO CURSO

BANCA EXAMINADORA :

  
\_\_\_\_\_  
ANTÔNIO GALVÃO NOVAES, DR. ENG. - ORIENTADOR

  
\_\_\_\_\_  
SÉRGIO GRANEMANN, DR. ENG.

  
\_\_\_\_\_  
EDVALDO SANTANA, DR. ENG.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Antônio Galvão Novaes, pela excelência na orientação.

Ao Núcleo de Transportes da Prefeitura Municipal de Florianópolis, em especial aos Srs. Névio e Jorge Cruz.

À TRANSOL, em especial ao Sr. Aloísio.

À URBS - Urbanização de Curitiba S/A, em especial ao Sr. Ismael Bagatin França.

À instituição de ensino público: Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade a mim oferecida.

Ao CNPQ, pelo apoio financeiro.

Ao Jaime, pela acolhida em Curitiba.

À Alejandra, Eliana, Leandra, Polyana, Ronaldo e Suzane, que apoiaram na pesquisa de campo.

À Suzane pela ajuda na confecção do material de pesquisa.

Aos amigos que estiveram presente nestes dois anos de mestrado e que colaboraram para o êxito desse trabalho: Alejandra, Guillermo, Jaime, Leandra, Mauro, Nébel, Peter, Suzane, Verceles e Volmir.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desse trabalho de dissertação.

*Ao brilho de um olhar*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE QUADROS	IX
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
CAPÍTULO 01	01
1 - INTRODUÇÃO	02
1.1 - Antecedentes e Objetivos da Pesquisa	02
1.2 - Estrutura do Trabalho	08
CAPÍTULO 02	10
2 - MODELO ECONÔMICO DO TRANSPORTE URBANO EM ÔNIBUS	11
2.1 - Introdução	11
2.2 - Considerações Sobre o Preço Ótimo em Transportes	14
2.3 - Modelo de um Sistema de Transportes Regular	18
2.4 - Frequência e Tamanho do Ônibus	20
2.4.1 - Custo Incremental	27
2.4.2 - Benefício Incremental	28
2.4.3 - Uma Versão Modificada da Fórmula da Raiz Quadrada	29
2.4.4 - Tamanho Ótimo do Ônibus	30
2.5 - Aplicação ao Estudo	34
CAPÍTULO 03	36
3 - ANÁLISE DA OFERTA	37
3.1 - Escolha da Linha	37
3.2 - Levantamento dos Parâmetros	37
3.2.1 - Distâncias	37
3.2.2 - Pesquisa Sobe-Desce, Tempos ( Deslocamento; Parada nos Pontos) e	

Velocidade	38
3.2.3 - Aceleração e Desaceleração	43
3.3 - Caracterização dos Veículos	47
3.3.1 - Características Físicas	47
3.4 - Custos Unitários	54
3.5 - Tempos de Subida e Descida dos Passageiros	57
3.6 - Simulação da Marcha do ônibus	61
3.6.1 - Objetivo	61
3.6.2 - Representação Matemática	62
3.6.3 - Tempo de Deslocamento entre Dois Pontos Sucessivos	63
3.6.4 - Tempo de Retardamento	66
3.6.5 - Validação do Modelo	71
<b>CAPÍTULO 04</b>	<b>75</b>
<b>4 - ANÁLISE DA DEMANDA</b>	<b>76</b>
4.1 - Matriz Origem-Destino	76
4.1.1 - Embarques e Desembarques Observados	76
4.1.2 - Estimativa da Matriz O-D	78
4.1.3 - Dados Sobre Fluxos O-D	80
4.1.4 - Matriz O-D Corrigida	84
4.1.5 - Verificação dos Resultados	84
4.2 - Técnicas de Preferência Declarada e sua Aplicação ao Estudo	90
4.2.1 - Introdução	90
4.2.2 - Métodos de Pesquisa Junto a Consumidores/Usuários	92
4.2.3 - Métodos de Entrevista	94
4.2.4 - Planejamento do Experimento	95
4.2.5 - A Apresentação da Pesquisa ao Entrevistado	97
4.2.6 - Estimação dos Parâmetros	97

4.2.7 - Análise dos Dados	99
4.2.8 - Pesquisa SP na Linha de Ônibus em Estudo	100
4.2.8.1 - Pesquisa de Reconhecimento	100
4.2.8.2 - Pesquisa Prévia	102
4.2.8.3 - Montagem da Pesquisa SP	107
4.2.8.4 - Execução da Pesquisa	129
4.2.8.5 - Ajuste do Modelo	134
4.3 - Função Custo Generalizado dos Usuários	137
4.3.1 - Objetivo	137
4.3.2 - A Função Custo Generalizado - Conceituação	137
4.3.3 - Função Custo Generalizado	143
<b>CAPÍTULO 05</b>	<b>147</b>
<b>5 - MODELO DE AVALIAÇÃO</b>	<b>148</b>
5.1 - Descrição Geral	148
5.2 - Aplicações do Modelo	161
5.2.1 - Situação Atual	161
5.2.2 - Situação Otimizada I	163
5.2.3 - Situação Otimizada II	167
5.2.4 - Situação Otimizada sob o Ponto de Vista do Usuário	168
5.2.5 - Situação Otimizada sob o Ponto de Vista do Operador	171
5.2.6 - Apreciação Geral	173
5.3 - Análise de Sensibilidade	173
<b>CAPÍTULO 06</b>	<b>178</b>
<b>6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>179</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>184</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>191</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Lay-Out Interno MICRO-ÔNIBUS	51
FIGURA 02 - Lay-Out Interno Ônibus PADRON	51
FIGURA 03 - Lay-Out Interno Ônibus ARTICULADO	52
FIGURA 04 - Lay-Out Interno Ônibus BI-ARTICULADO	52
FIGURA 05 - Lay-Out Interno Ônibus CONVENCIONAL	53
FIGURA 06 - Variação de CK, CF e da Função da Área Ocupada do Veículo pelos Assentos	57
FIGURA 07 - Ajuste da Função para Estimar os Tempos de Parada para Embarque / Desembarque de Passageiros	61
FIGURA 08 - Variação da Velocidade de Cruzeiro VC ao Longo do Percurso	65
FIGURA 09 - Linha "Monte Verde": Curvas de Marcha	68
FIGURA 10 - Linha "Monte Verde": Curva de Retardamento ao Longo do Percurso (Média de Três Dias Úteis)	69
FIGURA 11 - Variação do Tempo T1 ao Longo do Percurso	72
FIGURA 12 - Sistemas de Transportes Coletivos de Florianópolis Zoneamento de Tráfego	83
FIGURA 13 - Sistemas de Transportes Coletivos de Florianópolis Zoneamento de Tráfego (Detalhe)	83
FIGURA 14 - Lotação do Ônibus ao Longo da Linha - Simulado X Observado	85
FIGURA 15 - Projeto Esquemático dos Cartões para a Pesquisa SP	113
FIGURA 16 - Custo Percebido pelo Usuário com Relação ao Conforto	145
FIGURA 17 - Fluxograma Geral do Modelo	158
FIGURA 17 (Continuação) - Fluxograma Geral do Modelo	159
FIGURA 17 (Continuação) - Fluxograma Geral do Modelo	160



## LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 - Medidas Acumuladas ao Longo da linha	38
QUADRO 02 - Resultados Levantamento de Dados: Sobe-Desce; Tempos, Velocidade - Linha "Monte Verde" / Florianópolis/SC. Data: 15/06/94 - Horário: 7:30 Hs	40
QUADRO 03 - Resultados Levantamento de Dados: Sobe-Desce; Tempos, Velocidade - Linha "Monte Verde" / Florianópolis/SC. Data: 16/06/94 - Horário: 7:30 Hs	41
QUADRO 04 - Resultados Levantamento de Dados: Sobe-Desce; Tempos, Velocidade - Linha "Monte Verde" / Florianópolis/SC. Data: 17/06/94 - Horário: 7:30 Hs	42
QUADRO 05 - Tempo de Aceleração e Desaceleração Linha "Monte Verde"	46
QUADRO 06 - Características Físicas dos Veículos	48
QUADRO 07 - Modelos dos Ônibus Considerados no Estudo	50
QUADRO 08 - Custos Unitários por KM	55
QUADRO 09 - Custos Fixos Unitários	55
QUADRO 10 - Valores Interpolados de CK, CF e da Função da Área Ocupada pelos Assentos	56
QUADRO 11 - Resultado do Ajuste Estatístico da Expressão	59
QUADRO 12 - Velocidades Médias ao Longo da Linha de ônibus "Monte Verde"	66
QUADRO 13 - Tempos de Retardamento ao Longo do Percorso	70
QUADRO 14 - Valores do Tempo T <sub>1i</sub> (min.)	73
QUADRO 14 (Continuação) - Valores do Tempo T <sub>1i</sub> (min.)	74
QUADRO 15 - Valores Observados de Passageiros Embarcando e Desembarcando ao Longo da Linha	77
QUADRO 16 - Matriz O-D por Grupo de Pontos de Parada (Pass./dia)	81
QUADRO 17 - Zonas de Localização dos Pontos de Parada na Linha "Monte Verde" - Florianópolis/SC.	82
QUADRO 18 - Movimento de Passageiros nos Pontos de Parada (Dados Observados)	87
QUADRO 19 - Movimento de Passageiros nos Pontos de Parada (Dados Simulados)	88

QUADRO 20 - Questionário aplicado na Entrevista Prévia	104
QUADRO 21 - Resultados da Ordenação dos Atributos Referentes ao Serviço de ônibus Urbano	105
QUADRO 22 - Formulário Utilizado na Pesquisa SP	130
QUADRO 23 - Resultados da Pesquisa de Preferência Declarada	132
QUADRO 23 (Continuação) - Resultados da Pesquisa de Preferência Declarada	133
QUADRO 24 - Pesquisa de Preferência Declarada - Resultados Finais	135
QUADRO 25 - Situação Atual	162
QUADRO 26 - Situação Otimizada, Sem Subsídio, Tarifa Variando Proporcionalmente Acréscimo de Custo do Operador	164
QUADRO 27 - Benefícios Desagregados Segundo Principais Fluxos	166
QUADRO 28 - Situação Otimizada, Com Subsídio, Tarifa Atual, sendo o Déficit Coberto pelos Contribuintes	168
QUADRO 29 - Situação Otimizada do ponto de Vista do Usuário, Tarifa Atual com Subsídio Cobrindo Déficit Operacional Operador	169
QUADRO 30 - Benefícios Desagregados Segundo Principais Fluxos - Situação Otimizada Ponto de Vista do Usuário	170
QUADRO 31 - Situação Otimizada do Ponto de Vista do Operador (Laissez-Faire), Sem Subsídio, Headway Máximo de 60 min., Tarifa Atual	171
QUADRO 32 - Benefícios Desagregados Segundo Principais Fluxos - Situação Otimizada Ponto de Vista Operador, Sem Subsídio	172
QUADRO 33 - Situação Atual com Redução de 58 p/ 44 Pontos de Parada, Tarifa de R\$0,30, Sem Subsídio	175
QUADRO 34 - Situação Otimizada, com Redução de 58 p/ 44 Pontos de Parada, Tarifa Proporcional Variação Custo do Operador	177

## RESUMO

Atualmente se observa uma crescente preocupação em relação ao nível de serviço oferecido aos usuários pelos operadores de transporte urbano de passageiros. O enfoque deste trabalho é o detalhamento da análise do problema operacional de uma linha de ônibus urbano, englobando conjuntamente o ponto de vista do operador e do usuário. Neste sentido, buscou-se analisar uma situação real, com parâmetros operacionais diferenciados ao longo da linha de ônibus (tempos de parada, velocidade, distância entre pontos de parada, etc.), possibilitando um tratamento prático e mais detalhado da teoria. Por outro lado, com a diferenciação dos vários grupos de usuários em função da sua posição geográfica, avaliou-se os custos e benefícios para cada segmento de demanda de forma distributiva, considerando que, o nível de serviço oferecido pelo operador não alcança da mesma forma todas as pessoas. Para ajustar a função custo generalizado dos usuários, foi realizada uma pesquisa de preferência declarada em uma linha de ônibus da cidade de Florianópolis/SC. O estudo apresenta um modelo de avaliação que possibilita a simulação de situações diversas para operador e usuários, buscando otimizar custos e benefícios.

## **ABSTRACT.**

A growing concern is noticed nowadays with respect to the level of service offered by urban transport operators to passengers users. The aim of this thesis is to analyze in more detail the operation of on urban bus line, incorporating both the operator's point of view and the user's preferences. To do that we selected a real situation (a bus line in Florianópolis, SC) in which the operational parameters varied along the route (such as bus stop, times, speed, distance between bus stops, etc.). Thus, users were differentiated according to their geographical location along the bus line, leading to different cost and benefit levels. Cost-benefit analysis was then performed in a distributive way since service levels are distinct for the various groups of users. A user's generalised cost function was adjusted with the aid of a stated preference experiment. An evaluation model is presented which yields simulated cost and benefits to users and operator for a number of situations, in which a predefined goal is optimized.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUÇÃO**

## CAPÍTULO 1

### → INTRODUÇÃO

#### 1.1 - ANTECEDENTES E OBJETIVOS DA PESQUISA

Os órgãos reguladores do transporte público urbano -e até mesmo os operadores- tendem a buscar uma configuração de oferta tão otimizada quanto possível.

O método tradicional consiste em fixar um nível de serviço mínimo a ser oferecido ao usuário. Dada essa restrição a ser observada, passa-se a buscar a combinação ótima das variáveis do problema, procurando o vetor solução que otimize uma determinada função objetivo (mínimo custo, máxima utilização, etc.)

A Economia dos Transportes Urbanos evoluiu bastante nos últimos quinze anos (década de 80 para cá), tendo sido analisados e parcialmente solucionados problemas importantes, dos quais se destacam:

(a) o problema da tarifação, buscando-se esquemas tarifários mais justos;

(b) a questão da economia de escala, que está interligada intimamente com o porte das empresas operadoras;

(c) os custos e benefícios para os usuários. (Small, 1992).

No caso da tarifa, a discussão maior se refere ao critério de cálculo (custo marginal ou custo médio, custo marginal de curto ou de longo prazo, etc.)

O segundo problema está intimamente ligado à forma de exploração do transporte público urbano. Se houver sensíveis economias de escala, dever-se-ia incentivar a existência de empresas de ônibus de maior porte. Caso contrário, talvez a oferta à base individual (motorista operando seus próprios veículos) ou com pequenas empresas transportadoras fosse a solução. (Small, 1992).

Há também a questão da forma de obtenção da economia de escala.

Finalmente, há a questão da incorporação dos custos do usuário no problema da otimização dos serviços de transportes urbanos. (Small, 1992).

Mhoring (1970) foi um dos primeiros a formular e resolver a questão, ainda que de forma preliminar. Considerou em seu trabalho o tempo de espera do usuário no ponto de ônibus, convertendo-o em custo através do valor do tempo. Comparando o custo de espera do usuário com o custo de operação dos ônibus, mostrou que, nesse caso, há uma nítida economia de escala (Small, 1992).

O resultado obtido por Mhoring é chamado de "*Regra da Raiz Quadrada*", sendo considerada uma solução clássica para o problema.

Na realidade, quando o "headway" cresce, o tempo médio de espera não pode ser considerado como igual à sua metade, como

Mohring admitia. Por outro lado, há outros custos para o usuário; como aquele ligado ao conforto e ao tempo de viagem no veículo.

Finalmente, deve-se lembrar que o "usuário" não pode ser admitido como um indivíduo de características únicas, uma vez que os valores dos atributos que formam o nível de serviço variam ao longo do percurso. Por exemplo, uma pessoa que apanhe o ônibus no ponto inicial, terá um tempo no veículo bem maior do que outra que o apanhe no meio do percurso. Mas a primeira poderá viajar sentada e, a segunda em pé, portanto, em condições bastante diversas.

Tendo em vista esses antecedentes e a problemática ainda em discussão na literatura especializada, decidimos dar o seguinte encaminhamento ao nosso trabalho:

① Partimos de uma revisão bibliográfica buscando o conhecimento do 'estado da arte', bem como angariar subsídios que dessem sustentação teórica ao trabalho. Da literatura existente, do ponto de vista da economia de transporte, foi feito um estudo de autores como Mhoring (1970), Small (1992), McIntosh and Quarmby (1972), Jansson (1984), entre outros.

O arcabouço teórico desenvolvido por Jansson, propõe metodologias de avaliação econômica que incorporam conjuntamente os custos do operador e dos usuários na definição de sistemas de transportes otimizados. Tais modelos, embora teoricamente avançados, apresentam formulações genéricas, não operacionalizadas. A partir desta constatação, adotou-se no trabalho os conceitos apresentados pelo autor, buscando submetê-los a uma situação real e, assim testar a validade empírica dos mesmos.



Por outro lado, foram também estudadas as metodologias das pesquisas de preferência declarada. Dentre os autores, podemos citar Ortúzar & Willunmsen (1990) e Ben-Akiva & Lerman (1985).

● Elegemos uma linha de ônibus urbano em operação em Florianópolis, com demanda conhecida. Toda a análise é feita em relação a essa linha, servindo o estudo como caso piloto para outros trabalhos subseqüentes. Consideramos também o período de pico da manhã para nosso estudo.

Uma vez estando definida a linha Monte Verde para o estudo, partiu-se, então, para o levantamento dos parâmetros operacionais:

(a) medição das distâncias ponto-a-ponto, fechando todo o ciclo;

(b) pesquisa sobe-desce - realizada durante três dias do mês de julho de 1994, no horário de 7:30 da manhã, no sentido centro-bairro;

(c) cronometragem dos tempos de deslocamento e de parada ao longo do percurso (amostragem de três dias, no horário de 7:30 da manhã);

(d) levantamento da velocidade, por trechos, ao longo do trajeto;

(e) cronometragem dos tempo de aceleração e desaceleração em trechos da linha;

(f) levantamento das características físicas de ônibus urbanos, considerando cinco modelos distintos. Os dados referentes

a quatro modelos de veículos foram conseguidos junto à empresa responsável pelo transporte urbano da cidade de Curitiba/PR (Urbanização de Curitiba S/A -URBS). O quinto modelo, foi fornecido pelo Núcleo de Transportes da Prefeitura Municipal de Florianópolis (modelo utilizado na linha Monte Verde);

(g) levantamento dos custos de operação: feito junto à URBS (Curitiba/PR), através da planilha de cálculo tarifário do mês de julho de 1994 (valores em moeda corrente - R\$).

● Admitimos que a empresa operadora atue sobre três variáveis básicas na operação da linha:

(a) número de ônibus em operação (N), que implicará em um determinado "headway" médio;

(b) tipo (tamanho) do veículo (W), com diferentes capacidades;

(c) espaçamento médio entre pontos de parada (d)

Para um conjunto de valores de 'N', 'W' e 'd' ajusta-se uma função custo  $C=F(N,W,d)$  para a oferta de transportes, partindo-se de custos unitários (planilhas) existentes.

● Para determinar as variáveis operacionais relevantes do problema foi desenvolvido um modelo determinístico de simulação em computador, que analisa o percurso do ônibus detalhando aspectos como paradas, acelerações, desacelerações, retardamentos, etc.

● No que diz respeito à demanda, ajustou-se uma função custo generalizado (McIntosh and Quarmby - 1972), cujos valores

unitários foram estimados a partir de uma pesquisa de preferência declarada realizada junto aos usuários da linha.

A pesquisa com os usuários da linha em estudo foi feita a partir de uma amostra definida previamente dentro do universo da demanda (linha Monte Verde). Primeiramente, fez-se uma pesquisa de reconhecimento, visando levantar as características mais marcantes da demanda. Em seguida, foi realizada uma pesquisa prévia, utilizando-se um questionário. Finalmente, aplicou-se a pesquisa de preferência declarada.

⑤ Com o intuito de estabelecer a interface entre oferta e demanda, foi desenvolvido um modelo de avaliação distributiva, em que os usuários foram divididos em grupos homogêneos, sendo então, considerados de um lado, o operador, e as diferentes categorias de usuários, de outro. Utilizando-se de programas computacionais, hipóteses diversas de operação/tarifação foram simuladas, concluindo-se com uma análise geral dos resultados.

O efeito do espaçamento entre pontos de parada foi estudado na forma de análise de sensibilidade dos resultados, por se tratar de um fator de menor importância na função custo global da linha.

A estrutura de desenvolvimento da dissertação está apoiada nos seguintes objetivos gerais:

① Nosso objetivo não é o de analisar eventuais economias de escala no setor de transportes urbanos, nem tampouco definir estruturas e níveis tarifários economicamente adequados e socialmente justos.

● Partindo de uma situação existente, real, e seguindo os modernos conceitos de Economia do Transporte Urbano, nosso objetivo foi o de ir mais a fundo na aplicação da teoria, cujos contornos permanecem ainda genéricos e não muito testados na prática.

● Uma vez que o custo do tempo do usuário é uma parcela bastante elevada do custo total, procuramos aprofundar mais sua avaliação, definindo uma função utilidade e, a partir dela, uma função de custo generalizado para ser utilizada no modelo.

Assim, nossa contribuição ao estudo da Economia do Transporte Urbano pode ser resumida em três pontos principais. Em primeiro lugar, o detalhamento e melhor compreensão da forma de análise atual (Jansson -1984, Small -1992). Em segundo lugar, a metodologia de avaliação dos custos para os usuários, baseada em SP e custo generalizado. Finalmente, a análise prática de um caso real, avaliando alternativas de operação e algumas formas de tarifação.

## **1.2 - ESTRUTURA DO TRABALHO:**

O trabalho foi organizado da seguinte forma:

No Capítulo 2 são apresentadas e discutidas as abordagens da moderna economia de transporte.

No Capítulo 3 é feita a análise da oferta, englobando o levantamento e avaliação dos parâmetros operacionais do sistema, dos custos, além da pesquisa quantitativa da demanda (sobe-desce). Também, é apresentado o ajuste da curva de marcha na linha.

O capítulo 4 constitui-se na análise da demanda. É apresentado os dados sobre fluxos O-D, buscando obter o movimento de passageiros ao longo da linha, de forma desagregada. É apresentada a metodologia de pesquisa com os usuários, definindo-se três tipos: pesquisa informal, pesquisa prévia e a pesquisa de preferência declarada. Contendo o desenvolvimento da pesquisa e a apresentação dos resultados. Os dados obtidos são utilizados no ajuste da função de custo generalizado, demonstrada ao final do capítulo.

No capítulo 5 é desenvolvido um modelo de avaliação distributiva, com suporte em um programa de computador em linguagem Pascal. São apresentadas situações diversas para o operador e o usuário. Através de simulações, obteve-se diferentes configurações de custos e benefícios para o operador e os usuários (sendo os custos e benefícios dos usuários apresentados de forma desagregada para os grupos homogêneos de usuários ao longo da linha).

Finalmente, no Capítulo 6, são apresentadas as conclusões do trabalho e algumas recomendações para trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 2**

### **MODELO ECONÔMICO DO TRANSPORTE URBANO EM ÔNIBUS**

## CAPÍTULO 2

### →MODELO ECONÔMICO DO TRANSPORTE URBANO EM ÔNIBUS

#### 2.1 - INTRODUÇÃO

Pela sua atualidade e larga aceitação, inclusive por outros autores modernos ( Small, 1992 ), os conceitos de Jansson serviram de base para a formulação e aplicação de nosso modelo.

Em seu livro " Transportation System Optimization and Pricing", Jansson (1984), propõe uma discussão sobre a teoria dos preços nos sistemas de transportes, onde os custos do usuário são tratados juntamente com os custos do produtor.

Na formulação desta teoria, incorporou-se a abordagem do 'custo generalizado' ( importado da teoria da demanda de viagem ), na qual os custos do usuário são monetarizados e somados aos custos do operador. Neste sentido é obtida a função de produção generalizada para o ofertante, onde os 'inputs' do usuário aparecem como o principal fator de produção. Podemos considerar, por exemplo os custos associados ao tempo e conforto, que para os consumidores de serviços, constituem uma grande parte do total do custo social.

A impossibilidade de armazenagem dos serviços requer que, produção e consumo, ocorram simultaneamente. Neste sentido, o consumo do serviço necessariamente se torna um dos fatores de produção. Sem os 'inputs' dos consumidores os 'outputs' dos serviços não podem ser alcançados.

O fato deste consumo estar 'consumindo' tempo é de profunda importância para a escolha da técnica de produção no caso de mercadorias não estocáveis.

O autor, Jansson (1984), considera, para o transporte de passageiros, o tempo como o 'input' mais importante na produção desse serviço. Ele afirma, ainda, que a porção do custo do usuário no total dos custos do transporte de passageiros é, em várias ocasiões, maior que a porção dos custos do operador, fato esse confirmado em nossas simulações.

No curto prazo, dada a capacidade de uma facilidade de transporte, a principal troca (trade-off) entre os custos dos usuários e os custos dos produtores é realizada através da taxa de utilização da capacidade, como fator de equilíbrio. Uma taxa elevada acarreta custos de superlotação, formação de filas e/ou congestionamento. Taxas baixas, por outro lado, implicam em custos de excesso de capacidade.

A substituição entre fatores de produção de transportes leva a discussões do tipo: o transporte é mais eficiente sendo operado em linhas mais esparsas, distribuídas espacialmente, ou sobre uma linha tronco? No transporte público urbano os passageiros comparam, de um lado, os custos associados a caminhar até o ponto de parada, à espera, ao desconforto no veículo, etc com maior ou menor tempo de percurso, valor da tarifa, frequência, etc.

A teoria da mensuração da demanda de viagem (incluindo a avaliação do tempo) baseada no enfoque do custo generalizado, tem sido muito utilizada em estudos de transporte. A abordagem fornece



instrumentos úteis à economia de transportes. Da mesma forma, o uso de modelos na análise da oferta pode trazer resultados também satisfatórios. A obtenção de funções de produção para diferentes modos de transportes sobre diferentes condições externas pode tornar-se uma ajuda importante para o planejamento de transportes, assim como os estudos de demanda.

Formalmente, a análise da oferta e da demanda desenvolvida na presente abordagem, seria similar à análise convencional de oferta e demanda, exceto em uma importante circunstância, a qual é mencionada já, a princípio. A principal diferença é que os consumidores desempenham dois papéis em transportes: o usual, de demandador de serviços; e um outro como um fator de produção. Em outras palavras, a função de produção incorpora, de forma conjunta, atributos e critérios associados aos usuários e ao operador.

Dado o fator preço, como também os valores do tempo de espera do usuário, tempo de viagem, etc., uma eficiente combinação de fatores será aquela que resulta no *mínimo custo social total* na realização de uma particular produção. Em nosso trabalho foi incorporada uma contribuição importante a esse tipo de análise, qual seja: a diferenciação na medida dos custos dos usuários em função de sua posição geográfica ao longo da linha de ônibus. Passageiros que tomam o veículo no ponto inicial e que viajam sentados têm, obviamente, uma percepção da viagem totalmente diversa daqueles que percorrem uma distância mais curta, de pé em um ônibus lotado.

## 2.2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O PREÇO ÓTIMO EM TRANSPORTES

O problema da tarifação tem sido objeto de muitas discussões em economia de transportes. Nesse sentido, pode-se ressaltar dois pontos de controvérsia com relação às políticas de preços:

(a) preço calculado pelo custo médio, versus preço fixado via custo marginal.

Uma vez aceita a teoria marginalista, tem-se:

(b) preço pelo custo marginal a longo prazo versus preço pelo custo marginal a curto prazo.

Em se tratando do último ponto, a discussão perde a sua força quando nos apoiamos na teoria microeconômica e verificamos que o custo marginal de curto prazo e o custo marginal de longo prazo tendem a se igualar ao longo do processo de expansão dos serviços (Jansson, 1984 ). Por esta razão, não deveriam ser originadas diferenças sistemáticas se o preço for baseado sobre um ou outro enfoque. Contudo, o que leva a esta controvérsia é que os defensores do custo marginal de longo prazo para os serviços de transportes tem sistematicamente superestimado o preço ótimo; enquanto os que defendem o custo marginal de curto prazo, tendem a subestimá-lo. A causa apontada para este comportamento é a de não dar ênfase aos custos dos usuários ( ou são ignorados, ou são estimados de forma inadequada ). Seria necessário abandonar a visão determinística de custos de curto prazo de forma, a considerar, de maneira adequada, os custos dos usuários.

Um modelo de custo de um modal de transportes pode seguir o seguinte esquema ( Jansson, 1984 ):

⊖ Função de produção:

$$Q = \phi \cdot f(X) \quad (2.1)$$

onde,

$\phi \Rightarrow$  taxa de utilização da capacidade oferecida

$Q \Rightarrow$  volume de transporte

$f ( X ) \Rightarrow$  capacidade

$X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \} \Rightarrow$  vetor das características técnicas do sistema.

⊖ Total dos custos anuais do operador:

$$C^{OP} = g(X) \quad (2.2)$$

⊖ Custo total ( anual ) dos usuários:

$$C^{US} = Q \cdot h(\phi X) \quad (2.3)$$

Partindo destes pressupostos tem-se:

⊖ a produção pode ser aumentada:

( a ) aumentando-se a taxa de utilização da capacidade ;

( b ) elevando-se a capacidade  $f ( X )$  e mantendo em um dado nível.

⊖ h decresce quando  $X_i$  aumenta :

$$\frac{\delta h}{\delta X_i} \leq 0 \quad (2.4)$$

● admite-se que o custo total  $C^{OP}$  do operador não depende do grau de utilização. Na verdade, existe o efeito, mas é pequeno (por exemplo, parte do custo de manutenção de uma rodovia depende da intensidade do uso; o consumo de pneus, o custo de manutenção, etc. tendem a aumentar um pouco em função de  $\phi$  ).

● com relação aos custos totais dos usuários podemos afirmar que, dadas todas as variáveis operacionais,  $C^{US}$  é mais ou menos proporcional a  $Q$ , para um baixo nível de utilização da capacidade. Entretanto, à medida que a produção se aproxima da capacidade limite, o custo tende a um crescimento ascendente devido à ocorrência de custos de congestionamento, filas, etc., o que significa que o custo marginal dos usuários, continuamente crescente, passará a exceder o seu custo médio.

O custo marginal do operador pode ser escrito, genericamente, como a razão do diferencial do custo do produtor,  $C^{OP}$ , pelo diferencial do total da produção. Matematicamente, pode ser representada como ( Jansson, 1984 ):

$$MC^{OP} = \frac{\delta C^{OP}}{\delta Q} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\delta g}{\delta X_i} dX_i}{f(X)d\phi + \sum_{i=1}^n \phi \frac{\delta f}{\delta X_i} dX_i} \quad (2.5)$$

A adoção do critério de curto prazo implica na hipótese de que todas as variáveis operacionais do sistema são fixas. Isto significa que, no curto prazo,  $dX_i = 0$  (com  $i = 1, 2, \dots, n$ ), e o custo marginal de curto prazo é zero ( $CMCP^{OP} = 0$ ).

No longo prazo, todas as variáveis operacionais são ajustáveis e, portanto, o custo marginal de curto prazo não coincidiria com o custo marginal de longo-prazo, como assumimos anteriormente. No entanto, a afirmativa não se invalida, pois à medida que o tempo vai transcorrendo, a oferta vai se ajustando e os custos marginais de curto e longo prazo tendem a se igualar.

O ponto importante a ressaltar, no ponto de vista de Jansson, é que, tanto o custo marginal de curto prazo, quanto o custo marginal de longo prazo, ou o custo médio marginal do produtor, não é uma base adequada para a estimação dos preços. O preço ótimo deve incluir no seu cálculo o custo do usuário, além do custo marginal do produtor, ou mais exatamente, o produto do volume de transporte  $Q$  pelo incremento  $\delta C^{US}$  causada por uma unidade crescente em  $Q$ . Ou seja, o custo do usuário seria:

$$Q \cdot \frac{\delta c^{us}}{\delta Q} \quad (2.6)$$

onde:

$C^{US}$  é o custo correspondente a um usuário individualmente.

Dessa forma, o consumidor de uma unidade adicional de transporte gera custos, tanto ao produtor, como ao consumidor de transporte já existente.

A formulação geral dos custos relevantes para a composição do preço, é a seguinte ( Jansson, 1984 ):

$$PC = CM^{OP} + Q \cdot \frac{\delta C^{US}}{\delta Q} \quad (2.7)$$

### 2.3 - MODELO DE UM SISTEMA DE TRANSPORTES REGULAR

O modelo busca descrever os principais efeitos sobre os custos do produtor e dos usuários, em um sistema de transporte regular (com horários pré-estabelecidos). O sistema é definido dentro de uma dada área geográfica, a qual está cortada, em diferentes direções por um maior ou menor número de veículos, se deslocando em rotas fixas, de acordo com um quadro de horários. A produção do sistema de transporte programado por unidade de tempo,  $Q$ , é dada pela função de produção (2.1), acima. A maior simplificação na presente análise é que as flutuações cíclicas na demanda são desprezadas. Uma interpretação alternativa da hipótese de uma unidade de produção homogênea, é que ela representa uma unidade composta, incluindo  $\alpha$  unidades de produção no pico e  $\beta$  unidades de produção fora de pico.

A função de produção é suplementada por uma função de custo total do produtor e uma função de custo total dos usuários (Jansson, 1984):

$$Q = \phi N H V \quad (2.8)$$

Onde:

$$H = H(X) \quad (2.9)$$

E:

$$V = V(X, Y, \phi) \quad (2.10)$$

$$TC^{PROD} = N.Z \quad (2.11)$$

Onde:

$$Z = g(X) + pY + c(X) \quad (2.12)$$

$$TC^{USUA} = Q \cdot h(\phi, N, V) \quad (2.13)$$

Onde:

$Q \Rightarrow$  Volume de transporte.

$\phi \Rightarrow$  Taxa de ocupação.

$N \Rightarrow$  Número de veículos.

$H \Rightarrow$  Capacidade do veículo.

$V \Rightarrow$  velocidade média do veículo ( comercial ).

$X \Rightarrow$  Variáveis ligadas ao projeto do veículo.

$Y \Rightarrow$  Vetor dos insumos correntes (combustível, mão-de-obra, etc.).

$Z \Rightarrow$  Total dos custos do produtor por veículo / hora.

$g(X) \Rightarrow$  Custos indiretos, de capital e custos de pessoal por veículo / hora.

$p \Rightarrow$  Preço dos insumos correntes.

$c(X) \Rightarrow$  custo do uso da via permanente e dos terminais.

$h \Rightarrow$  custo total do usuário por viagem.

$NH \Rightarrow$  Capacidade estática.

$NHV \Rightarrow$  Capacidade dinâmica.

Deve-se notar que a taxa de ocupação, o número de veículos e a velocidade são importantes determinantes dos custos dos usuários. Para o autor (Jansson, 1984), a alta taxa de ocupação aumenta o custo do tempo de viagem.

O número de veículos no sistema,  $N$ , determina a acessibilidade de serviço no tempo e espaço. Uma dada frota de veículos pode ser alocada para diferentes linhas, maximizando a acessibilidade no espaço, ou para um número menor de linhas, aumentando a frequência de serviço. Se a primeira alternativa for escolhida, o custo de manter o transporte será mais baixo, mas o atual ou potencial custo do tempo de espera será maior. Se elege-se a última alternativa, o oposto se aplica.

O outro fator da função custo do usuário, a velocidade, é explicada pelo fato de que o custo do tempo de transporte é inversamente proporcional à  $V$ , e que, dado o número de veículos empregados em uma rota particular, a frequência de serviço é proporcional à  $V$ .

#### **2.4 - FREQUÊNCIA E TAMANHO DO ÔNIBUS**

A questão que se coloca é se o sistema de transporte foi planejado visando a minimização do custo generalizado, ou se há um desvio sistemático desta condição de eficiência. Neste sentido, o autor (Jansson, 1984) busca analisar as conseqüências da inclusão dos custos dos usuários no planejamento otimizado dos serviços de ônibus urbano.



Uma vez que não se conhece a função demanda global, que exprime as reações dos usuários, em termos de volume, aos diferentes níveis tarifários e níveis de serviço, não podemos determinar o nível ótimo de oferta. O custo marginal de curto prazo, que serve de base à fixação do preço, é dado então por (Jansson, 1984):

$$CMCP = \frac{\epsilon v \phi}{\epsilon v \gamma} \cdot \frac{p \gamma}{\frac{c}{N}} + \phi \cdot \frac{\delta h}{\delta \phi} \quad (2.14)$$

Onde:

$\epsilon v \phi \Rightarrow$  é a elasticidade de  $v$  em relação à  $\phi$ ;

$\epsilon v \gamma \Rightarrow$  é a elasticidade de  $v$  em relação à  $\gamma$ .

O primeiro termo, do segundo membro, representa o custo de se manter a regularidade do serviço, enquanto o segundo termo está associado ao congestionamento e/ou formação de filas (Jansson, 1984).

Entretanto, por meio de um modelo de uma linha de ônibus é possível mostrar os resultados operacionais que minimizam o custo social em um dado serviço característico.

Para avaliar a frequência ótima de serviço em uma linha de ônibus, partiu-se do enfoque da 'Fórmula da Raiz Quadrada' (FRQ), de Vickrey (1955) e Mohring (1972).

A FRQ segue o enfoque do custo generalizado. Trocando-se o custo de capacidade do ônibus pelo custo do tempo de espera do usuário, tem-se: dado o tamanho ( $S$ ), a frequência de serviço ( $F$ )

seria, aproximadamente, proporcional à raiz quadrada do número de passageiros na linha de ônibus.

Para a análise, considera-se uma linha de ônibus urbano, com partidas e chegadas a partir de um dado ponto. A produção é dada pelas viagens 'redondas' feitas por um número de ônibus; sendo que cada ônibus transporta um número máximo de (S) passageiros.

Seja:

D ⇔ distância da viagem redonda da rota;

R ⇔ tempo total na viagem;

N ⇔ número de ônibus na rota;

F ⇔ frequência de serviço ( fluxo de ônibus por hora );

h ⇔ ' headway ' = ( 1 / F )

Z ⇔ custo total por ônibus/hora da companhia;

B ⇔ número de passageiros a bordo dos ônibus, por hora;

Q ⇔ média de passageiros por hora;  $Q = B ( J / D )$ , onde J é a média de comprimento da jornada;

t ⇔ tempo de subida e descida por passageiro;

T ⇔ tempo no trajeto ( tempo de corrida + tempo transicional). O tempo transicional corresponde às paradas e aos intervalos de tempo perdidos nas acelerações e desacelerações.

c ⇔ valor do tempo no percurso por passageiro;

$v \Leftrightarrow$  valor do tempo de espera por passageiro;

$R \Leftrightarrow$  tempo total de ciclo na viagem.

$$R = T + t \frac{B}{F} \quad (2.15)$$

A frequência de serviço,  $F$ , é igual ao produto da densidade de ônibus na rota ( por exemplo, o número de ônibus por quilômetro,  $N / D$ , e velocidade média total,  $D/R$  ).

$$F = \frac{N}{D} \cdot \frac{D}{T + t(\frac{B}{F})} = \left\{ \frac{N - tB}{T} \right\} \quad (2.16)$$

O que está entre chaves representa a frequência de serviço.

⊖ Componentes do custo:

(a) custos da empresa de ônibus:

$$C_o = Z.N \quad (2.17)$$

(b) tempo de espera dos passageiros:

Assumindo que a média do tempo de espera na parada de ônibus é a metade do 'headway', o custo total do tempo de espera, por hora, é ( com o "headway" igual ao inverso da frequência ) :

$$C_{te} = \frac{vB}{2F} \quad (2.18)$$

(c) tempo do passageiro dentro do ônibus:

$$C_{to} = C.N.\frac{Q}{F} \quad (2.19)$$

Onde:

$Q / F \rightarrow$  média de ocupação por ônibus.

O ' fator de balanceamento ' na interação entre os custos da companhia de ônibus e o custo do passageiro, ( a variável a ser otimizada) é o número de ônibus colocados na rota (  $N$  ). Dessa forma, o custo social total ,  $TC$ , pode ser escrito como uma função de  $N$ .

$$TC = ZN + \left\{ \frac{vBT}{2(N - tB)} + \frac{cNQ T}{(N - tB)} \right\} \quad (2.20)$$

Sendo, que o fator entre chaves, representa os custos incorridos pelo usuário.

Para cada nível de demanda na linha de ônibus, o número ótimo de ônibus na rota  $N^*$  é encontrado pela derivação de  $TC$  em relação a  $N$  igual a zero.

$$\frac{\delta TC}{\delta N} = Z - \frac{vBT}{2(N - tB)^2} - \frac{ctBOT}{(N - tB)^2} = 0 \quad (2.21)$$

$$N^* - tB = \sqrt{\left[ \frac{BT(\frac{v}{2} + ctQ)}{Z} \right]} \quad (2.22)$$

A frequência ótima de serviço  $F^*$  é obtida dividindo  $N^* - tB$  por  $T$

$$F^* = \sqrt{\left[ \frac{B(v/2 + ctQ)}{TZ} \right]} \quad (2.23)$$

De acordo com a expressão 2.23, acima,  $F^*$  aumentará, a uma taxa um pouco maior do que a raiz quadrada da demanda total  $Q$ . Entretanto, para valores baixos ou moderados de  $Q$ , o termo  $v / 2$  passa a dominar. Quando  $Q$  é comparativamente alto, a hipótese de que a capacidade dos ônibus será sempre suficiente para atender à demanda, nem sempre é verdadeira (condições de saturação nos picos). Nesses casos é necessário introduzir uma outra variável de controle representando o tamanho do ônibus.

Uma outra questão a ser discutida é a frequência ótima de uma dada linha de ônibus nos diferentes horários do dia, já que  $Z$  assume diferentes valores no horário de pico e fora de pico. Da mesma forma, é necessário introduzir a estrutura de custos em uma empresa de ônibus urbano. É o que veremos a seguir.

Aqui, o propósito da análise econômica é apresentar a estrutura de custos de uma empresa de ônibus urbano. Para se alcançar este objetivo será feita uma descrição geral dos custos incorridos.

Estes custos podem ser divididos em duas categorias principais:

(a) custo de operação no tráfego;

(b) custos de administração: incluindo despesas de administração, obrigações e todos os custos de capital, excluindo os custos de capital dos ônibus.

A alocação do total dos custos de operação no tráfego em uma empresa de ônibus a diferentes linhas, pode ser feita utilizando-se do método da redistribuição em três categorias de custos, de acordo com os seguintes fatores:

- ① Total de ônibus/hora operando ( H );
- ② Total Km/por ônibus ( M );
- ③ Número de veículos requeridos no pico ( N ).

Considerando os fatores acima, o total dos custos de operação no tráfego de uma linha particular pode ser representado pela seguinte relação linear:

$$TC = aH + bM + cN \quad (2.24)$$

Existem controvérsias com relação aos custos de administração. A discussão é se os custos indiretos da empresa podem ser alocados entre diferentes linhas de ônibus. Se isto é possível, como seria feita a alocação: dividida de acordo com o número de ônibus requeridos no horário de pico, ou deveriam ser incluída nos coeficientes a, b e c.

Os custos diretos do ônibus operando incluem: combustível, lubrificantes, pneus, desgaste mecânico.

Os custos de operação de tráfego, permanentes, incluem os custos do ônibus parado, mais o custo de pessoal. O custo do ônibus parado inclui o custo de capital total, custo de seguro, manutenção, etc. O total dos custos do ônibus parado são,

geralmente, assumidos como proporcionais ao número de veículos requeridos no pico.

#### 2.4.1 - CUSTO INCREMENTAL

Nesse ponto, busca-se determinar o custo incremental da capacidade de transporte por ônibus, no pico e fora do horário de pico. Baseando-se na discussão precedente, o custo para uma companhia de ônibus expandir a capacidade por ' uma unidade mínima de capacidade ' no período fora de pico ou no pico, pode ser obtida da seguinte forma:

⊖ a expansão da capacidade fora de pico é feita colocando-se mais um ônibus durante todo o dia, fazendo  $n$  viagens completas por dia,  $n - n_1$  no período fora de pico e  $n_1$  no pico, enquanto um ônibus que corre somente no período de pico, fazendo  $n_1$  viagens completas, é retirado;

⊕ faz-se a expansão da capacidade de pico adicionando um ônibus para correr somente neste período, fazendo  $n_1$  viagens completas.

Assim, o custo incremental por dia nos dois períodos,  $IC_0$  e  $IC_1$  será (Jansson, 1984 ):

$$IC_0 = 2w - w' + r(n - n_1)D \quad \text{com } N_0 < N_1 \quad (2.25)$$

$$IC_1 = w' + s + rn_1D \quad \text{com } N_1 \geq N_0 \quad (2.26)$$

Onde:

$r \Rightarrow$  Custo por ônibus/Km, rodando.

$n \Rightarrow$  Número de viagens completas por ônibus por dia de serviço.

$n_1 \Rightarrow$  Número de viagens somente no período de pico.

$D \Rightarrow$  Distância da viagem completa.

$s \Rightarrow$  Custo por dia do ônibus parado.

$w \Rightarrow$  Custo de pessoal de 'meio período' por dia.

$w' \Rightarrow$  Custo de pessoal de 'dupla-pegas' por dia.

$N_0 \Rightarrow$  Número de ônibus em serviço no período fora de pico.

$N_1 \Rightarrow$  Número de ônibus em serviço no período de pico.

#### 2.4.2 - BENEFÍCIO INCREMENTAL

A redução nos custos dos passageiros, ou benefício incremental para um dado número de passageiros, de colocar um ônibus a mais, é calculado obtendo-se a derivada do total do custo do tempo no ônibus (trajetos) e do tempo de espera, nos períodos de pico e fora de pico, com relação a  $N_0$  e  $N_1$ . Então teremos o benefício incremental,  $IB_0$  e  $IB_1$  (Jansson, 1984):

$$IB_0 = \frac{E_0 B_0 T_0 \left[ \left( \frac{v}{2} \right) + ct Q_0 \right]}{(N_0 - t B_0)^2} = \frac{E_0 B_0 \left[ \left( \frac{v}{2} \right) + ct Q_0 \right]}{T_0 F_0^2} \quad (2.27)$$



$$IB_1 = \frac{E_1 B_1 T_1 \left[ \left( \frac{v}{2} \right) + ct Q_1 \right]}{(N_1 - t B_1)^2} = \frac{E_1 B_1 \left[ \left( \frac{v}{2} \right) + ct Q_1 \right]}{T_1 F_1^2} \quad (2.28)$$

### 2.4.3 - UMA VERSÃO MODIFICADA DA FÓRMULA DA RAIZ QUADRADA

A versão modificada da fórmula da raiz quadrada para a frequência ótima, pode ser obtida considerando que  $N_0 = N_1$  e que o total do tempo da viagem completa é o mesmo no pico e fora de pico ( $F_0 = F_1$ ). Assim, o custo social total por dia será representado pela seguinte expressão:

$$TC = N \cdot IC + \frac{vEB}{2F} + \frac{cEQN}{F} \quad (2.29)$$

A frequência de serviço obtida por  $N$  ônibus é determinada pelas condições de congestionamento no tráfego e pelo tempo de subida e descida em horário de pico.

$$F = \frac{N - t B_1}{T_1} \quad (2.30)$$

Inserindo esta expressão em (2.28) e derivando  $TC$  em relação a  $N$ , temos:

$$\frac{\delta TC}{\delta N} = IC - \frac{vEB T_1}{2(N - t B_1)^2} - \frac{ctEQ B_1 T_1}{(N - t B_1)^2} \quad (2.31)$$

Igualando a expressão a zero e resolvendo por  $N$  - dado  $Q B_1 = Q_1 B_1$  - obteremos:

$$(N - t B_1)^2 = \frac{EB \left[ \left( \frac{v}{2} \right) + ct Q_1 \right] T_1}{IC} \quad (2.32)$$

A frequência ótima é então encontrada dividindo a expressão por  $T_1^2$  e aplicando a raiz quadrada para o resultado.

$$F^{OTM} = \sqrt{\left[ \frac{EB \left[ \left( \frac{v}{2} \right) + ctQ_1 \right]}{IC \cdot T_1} \right]} \quad (2.33)$$

Uma variante desta fórmula pode ser obtida expressando B em termos do fluxo de pico,  $Q_1$ , e eliminando a característica específica da rota,  $T_1$ . Introdz-se a designação  $\beta$  para a razão da taxa média do fluxo de passageiros do total do serviço por dia,  $Q$ , para o fluxo de pico,  $Q_1$ . Com  $\alpha$  igual à razão de  $Q_0 / Q_1$ . Dado que  $\beta = (\alpha E_0 + E_1 / E)$ .

O número médio de passageiros, B, pode ser escrito como  $\beta Q_1 D / J$ . Uma característica geral da rota,  $T_1$  é a razão de  $T_1 / D$  ( tempo de percurso + tempo transicional por Km ). Dado  $T_1 / D = h$ , a frequência ótima pode ser escrita como (Jansson, 1984 ):

$$F^{OTM} = \sqrt{\frac{\beta E Q_1 \left[ \left( \frac{v}{2} \right) + ctQ_1 \right]}{IC \cdot hJ}} \quad (2.34)$$

#### 2.4.4 - TAMANHO ÓTIMO DO ÔNIBUS

Quando o tamanho do ônibus, S, é incluído como uma variável relevante, a fórmula para a frequência ótima ( 2.34 ) não é mais válida, uma vez que o custo incremental, IC, é uma função de S. Além disso, a questão de se manter um número diferente de ônibus operando nos períodos de pico, volta a ser importante.

Assim, será analisado o custo social de uma linha de ônibus, admitindo como variáveis relevantes o tamanho do veículo e o seu número.

O custo social total resulta da inclusão dos custos de espera e de viagem dos passageiros e, ainda, do total dos custos de operação, ociosidade e de tripulação da linha de ônibus.

Dada uma relação linear entre o tamanho do ônibus e o custo de operação por Km (  $r = a_r + b_r S$  ) e, também, o custo de ociosidade dos veículos por unidade de tempo (  $s = a_s + b_s S$  ), é possível escrever o total do custo incremental por ônibus para todo o dia e para o horário de pico, como vemos a seguir:

$$IC = a + bS \quad \text{e} \quad IC_1 = a_1 + b_1 S \quad (2.35)$$

$$\begin{aligned} \text{Onde:} \quad a &= na_r D + a_s + 2w; & b &= nb_r D + b_s \\ a_1 &= n_1 a_r D + a_s + w'; & b_1 &= n_1 b_r D + b_s \\ a_0 &= (n - n_1) a_r D + 2w - w'; & b_0 &= (n - n_1) b_r D \end{aligned}$$

Assim podemos representar o custo social como ( Jansson, 1984 ):

$$\begin{aligned} TC &= (a + bS)N_0 + (a_1 + b_1 S)(N_1 - N_0) + \frac{(\frac{v}{2})E_0 B_0 T_0 + cN_0 E_0 Q_0 T_0}{N_0 - tB_0} + \\ &+ \frac{(\frac{v}{2})E_1 B_1 T_1 + cN_1 E_1 Q_1 T_1}{N_1 - tB_1} \end{aligned} \quad (2.36)$$

Tendo como limitante a seguinte inequação:  $N_1 - N_0 \geq 0$ .

Tendo incorporado o tamanho do ônibus como variável, admite-se que a capacidade limitada ocorra no período de pico.

$$\begin{aligned}\phi_{max} &= \frac{Q_1 T_1}{S(N_1 - tB_1)} \\ \phi_{max} &\geq \frac{Q_0 T_0}{S(N_0 - tB_0)}\end{aligned}\quad (2.37)$$

Como  $S$  é função de  $N_1$  -de acordo com a capacidade limitada no pico- o custo social total pode, conseqüentemente, ser visto como uma função de  $N_0$  e  $N_1$ . Isto pode ser representado pela expressão Lagrangeana:

$$\square = TC - \lambda(N_1 - N_0) - \mu_0 \left[ 1 - \frac{Q_0 T_0 (N_1 - tB_1)}{Q_1 T_1 (N_0 - tB_0)} \right] \quad (2.38)$$

Dado que  $N_0$  e  $N_1$  são positivos, as condições para um mínimo pode ser escrito como:

$$\frac{\delta \square}{\delta N_1} = a_0 + b_0 S - \frac{E_0 B_0 \left[ \left( \frac{v}{2} \right) + ct Q_0 \right] T_0}{(N_0 - tB_0)^2} + \lambda - \mu_0 \frac{Q_0 T_0}{S(N_0 - tB_0)^2} \quad (2.39)$$

$$\begin{aligned}\frac{\delta \square}{\delta N_1} &= b_0 N_0 \frac{\delta S}{\delta N_1} + a_1 + b_1 S + b_1 N_1 \frac{\delta S}{\delta N_1} - \\ &- \frac{E_1 B_1 \left[ \left( \frac{v}{2} \right) + ct Q_1 \right] T_1}{(N_1 - tB_1)^2} - \lambda + \mu_0 \frac{Q_0 T_0}{S^2 (N_0 - tB_0)} \frac{\delta S}{\delta N_1}\end{aligned}\quad (2.40)$$

$$\frac{\delta \square}{\delta \lambda} = N_1 - N_0 \geq 0 \quad (2.41)$$

$$\lambda \frac{\delta \square}{\delta \lambda} = 0 \quad (2.42)$$

$$\frac{\delta \square}{\delta \mu_0} = 1 - \frac{Q_0 T_0 (N_1 - tB_1)}{Q_1 T_1 (N_0 - tB_0)} \geq 0 \quad (2.43)$$

$$\mu_0 \frac{\delta \Pi}{\delta \mu_0} = 0 \quad (2.44)$$

Assumindo  $N_0 < N_1$ , onde  $\lambda = 0$ , tem-se dois casos: por um lado a capacidade limitada do ônibus estando tomada e, por outro, não estaria. Quando a capacidade não está comprometida,  $\mu_0 = 0$ . Neste caso não há uma solução ótima de planejamento. Para se conseguir o mesmo número de ônibus correndo nos horários de pico e fora de pico, pode-se utilizar a seguinte expressão:

$$F_0^2 = \frac{(N_0 - tB_0)^2}{T_0^2} = \frac{E_0 B_0 \left[ \left(\frac{v}{2}\right) + ctQ_0 \right]}{T_0 (a_0 + b_0 S)} \quad (2.45)$$

Considerando a expressão acima, tem-se que, a frequência ótima é encontrada onde o custo incremental ( $a_0 + b_0 S$ ) é igual ao benefício incremental de um ônibus adicional no período fora de pico.

Para o período de pico, derivou-se de (2.40) a seguinte expressão:

$$F_1^2 = \frac{(N_1 - tB_1)^2}{T_1^2} = \frac{E_1 B_1 \left[ \left(\frac{v}{2}\right) + ctQ_1 \right]}{T_1 \left\{ a_1 + b_1 S - \left[ (b_0 N_0 + b_1 N_1) / (N_1 - tB_1) \right] S \right\}} \quad (2.46)$$

O valor do denominador da equação acima é aproximadamente igual a  $(a_1 - b_0 S)T_1$ . A frequência ótima de serviço no pico é, então, a razão do total dos custos do tempo de espera e do tempo de subida e descida, no horário de pico, por  $(a_1 - b_0 S)$ ; enquanto a frequência ótima de serviço fora de pico é igual à razão do total dos custos do tempo de espera e do tempo de subida e descida, fora de pico, por  $(a_0 + b_0 S)$ . É fundamental, aqui, trazer à discussão os

custos indiretos. Sendo eles alocados por ônibus hora ou ônibus Km, os resultados apontam para uma frequência no pico superior à frequência fora de pico. Por outro lado, se os custos de administração são alocados por ônibus (de acordo com o método RMT) o resultado obtido será um número constante de ônibus operando ao longo do dia.

Outro ponto a atentar é que o resultado ótimo da frequência fora de pico tem de ser mais alto que a frequência mínima permitida. Ou seja, que a razão entre  $F_0 / F_1$  deve ser maior que  $\alpha$  ( $= Q_0 / Q_1$ ); também, que a capacidade limitada seja ocupada igualmente no período fora de pico e, os valores ótimos das variáveis de controle, devem ser calculados considerando a hipótese de  $\mu_0 > 0$ .

$$\frac{E_0 B_0 \left[ \left( \frac{v}{2} \right) + ct Q_0 \right] I_1(a_1 - b_0 S)}{E_1 B_1 \left[ \left( \frac{v}{2} \right) + ct Q_1 \right] I_0(a_0 + b_0 S)} \geq \alpha^2 \quad (2.47)$$

Se a capacidade limitada for maior que a solução para a frequência ótima fora de pico, então o resultado da expressão excederá  $\alpha$ .

## 2.5 APLICAÇÃO AO ESTUDO

Os desenvolvimentos algébricos de Jansson são bastante úteis para analisar casos gerais, tirando conclusões básicas de caráter operacional e econômico. No nosso estudo, no entanto, as peculiaridades da linha impedem que se chegue a um modelo algébrico definido. Por exemplo, os diversos parâmetros operacionais não são

fixos, mas variam ao longo do percurso ( velocidade, tempos de parada, distância entre pontos de parada, etc).

A indagação básica preliminar de nosso trabalho foi então a seguinte: para uma situação real, com todas as variações presentes e irregularidades usuais, os conceitos, propriedades e conclusões de Jansson seriam confirmados? Para isso, obviamente, seria necessário montar uma modelagem adequada e consistente com as premissas desenvolvidas por esse autor.

Outra indagação importante, não considerada nas análises de Jansson, diz respeito ao caráter diferenciado dos custos para os diferentes usuários do serviço de ônibus. Uma solução pode ser socialmente ótima na média, mas pode agravar sobremaneira as diferenças de custo entre usuários diversos ( por exemplo, entre os que partem do ponto inicial da linha e os que tomam o ônibus no meio do trajeto). Essa indagação ( diferenciação entre os usuários) foi também respondida no estudo.

Esperamos assim, que nosso trabalho seja uma contribuição efetiva à melhor compreensão dos fatores que influem no planejamento socialmente correto de um serviço de ônibus urbano, fornecendo também elementos para otimização do mesmo.

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISE DA OFERTA**



## **CAPÍTULO 3**

### **→ANÁLISE DA OFERTA**

#### **3.1 - ESCOLHA DA LINHA**

Em um primeiro momento, foi feita a escolha da linha a ser trabalhada. Para isso, foram considerados requisitos como: 1) ter um percentual significativo de usuários cativos (em torno de 70%) embarcando em uma extremidade da linha e desembarcando na outra; 2) ser uma linha regular; 3) ter uma distância total apreciável, de forma a permitir a avaliação distributiva dos benefícios (positivos ou negativos ).

#### **3.2 - LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS**

##### **3.2.1 - DISTÂNCIAS**

O trabalho de levantamento das distâncias foi feito considerando uma seqüência de medidas acumuladas ponto a ponto. Partiu-se do ponto inicial (terminal ), no sentido centro-bairro, seguindo todos os pontos; passando pelo bairro até fechar o ciclo no ponto final, no centro ( terminal ). O percurso total da linha fechada representou uma extensão de 22.750 metros.

As medidas ponto a ponto, acumuladas, podem ser verificadas no quadro 01, a seguir.

PONTO DE PARADA	LOCAL	DISTÂNCIA ACUMULADA (m)	PONTO DE PARADA	LOCAL	DISTÂNCIA ACUMULADA (m)
01	Terminal	0	30	Rua do Marfim, 157	11300
02	Assembléia	700	31	Escola Laura Lima	11600
03	Casas da Água	1090	32	Móveis Milanez	11900
04	Instituto	1400	33	Rua do Alecrim, 275	12100
05	Della Giustina	1650	34	Superm. Florêncio	12350
06	LBA	1910	35	Suzuki Lanches	12500
07	Escola Técnica	2100	36	Virgílio Várzea	12680
08	BADESC	2510	37	Jornal O Estado	13500
09	INSS/SUS	3000	38	Est. Caminho Cruz	14250
10	Escola Dinâmica	3240	39	Mad. Florianópolis	14820
11	Praça Celso Ramos	3580	40	Trevo Saco Grande	15700
12	Escola Autonomia	3900	41	Cassol	16000
13	Ed. Rui Barbosa	4250	42	Casas da Água	17210
14	Entrepósito Baron	4500	43	Ilhacar	17810
15	Hospital Infantil	4860	44	Posto Avenida	18000
16	Escola Geração	5180	45	Casa do Governador	18180
17	Posto Avenida	5350	46	Hospital Infantil	18500
18	Penitenciária	5790	47	Justiça Infantil	18700
19	Casas da Água	6180	48	Mansão da Ilha	19090
20	Cassol	7450	49	Antarctica	19500
21	Bailanta da Ilha	7780	50	Praça Celso Ramos	19720
22	Pólo Inf. TELESC	8030	51	Shopping	20300
23	Mad. Florianópolis	8590	52	World Car	20700
24	Est. Caminho Cruz	9180	53	Imóveis Pirâmide	20900
25	Jornal O Estado	9900	54	Nino Escapamentos	21200
26	Virgílio Várzea	10580	55	Escola Técnica	21380
27	Suzuki Lanches	10700	56	Della Giustina	21810
28	Praça Osmi Ferreira	10990	57	Instituto	22100
29	R. Marfim -C. Infantil	11190	58	Terminal	22750

### QUADRO 01 - Distâncias Acumuladas ao Longo da Linha\*

\*Levantamento feito na linha " Monte Verde " ( Florianópolis/SC ) em agosto de 1994.

#### 3.2.2 - PESQUISA SOBE-DESCE, TEMPOS ( DE DESLOCAMENTO E DE PARADA NOS PONTOS ) E VELOCIDADE

O levantamento dos dados referentes ao tempo de deslocamento do veículo, ao tempo de parada nos pontos, à pesquisa sobe-desce e à velocidade, foram realizados nos dias 15, 16 e 17 de junho de 1994, no horário de 7 : 30 horas da manhã ( no sentido centro-bairro). O trabalho contou com a participação de dois pesquisadores, sendo que, cada um deles se postava próximo às portas dianteira e traseira. A posição tomada era escolhida de forma que se pudesse ter perfeita visibilidade do movimento na

porta, para que a contagem dos passageiros subindo e descendo fosse feita.

O pesquisador que ficava na parte dianteira do ônibus media o tempo de parada, o número de passageiros subindo e a velocidade de cruzeiro alcançada no trecho. Enquanto, o que permanecia na traseira, registrava o momento de chegada do ônibus na parada e o número de passageiros descendo.

Os dados levantados na pesquisa são apresentados nos quadros 02, 03 e 04, a seguir.

ORDEM	PUNTO DE PARADA	HORARIO DE PARADA	VELOCIDADE (km/h)	TEMPO (min)	TIPO DE PARADA	TEMPO (min)	TEMPO TOTAL (min)
01	Terminal	7:26:02	72	15	-	15	
02	Assembleia	7:32:00	10,4	1	-	16	
03	Casas da Agua	7:33:15	19,2	5	-	21	30
04	Instituto	7:34:17	-	-	-	21	
05	Della Giustina	7:34:48	3,4	1	-	22	40
06	LBA	7:35:40	-	-	-	22	
07	Escola Técnica	7:36:04	6	1	-	23	
08	BADESC	7:37:39	2,4	1	-	24	45
09	INSS/SUS	7:39:32	9	2	-	26	
10	Escola Dinâmica	7:40:07	-	-	-	26	42
11	Praça Celso Ramos	7:40:42	4,8	2	-	28	42
12	Escola Autonomia	7:41:28	7	2	-	30	
13	Ed. Rui Barbosa	7:42:09	5,2	1	01	30	40
14	Entrepasto Baron	7:42:39	3,4	1	-	31	
15	Hospital Infantil	7:43:47	6,6	1	03	29	45
16	Escola Geração	7:44:33	4,6	1	-	30	
17	Posto Avenida	7:45:05	4,2	1	01	30	
18	Penitenciária	7:45:55	3	1	-	31	40
19	Casas da Agua	7:46:58	8,2	3	03	31	60
20	Cassol	7:49:32	4,4	1	02	30	
21	Bailanta da Ilha	7:50:12	9	2	05	27	
22	Pólo Inf. TELESC	7:50:49	3	-	01	26	40
23	Mad. Florianópolis	7:51:54	5	-	02	24	40
24	Est. Caminho Cruz	7:53:07	5,2	3	-	27	60
25	Jornal O Estado	7:54:04	13,6	-	08	19	45
26	Virgilio Várzea	7:55:29	26,2	16	05	30	
27	Suzuki Lanches	7:56:30	37,8	13	02	41	
28	Praça Osmi Ferreira	7:57:29	57,6	25	06	60	
29	R. Marfim - C. Infantil	7:59:03	5,2	1	02	59	
30	Rua do Marfim, 157	7:59:32	8,2	3	-	62	30
31	Escola Laura Lima	8:00:37	28,4	15	01	76	
32	Móveis Milanez	8:01:46	43,2	15	04	87	
33	Rua do Alecrim, 275	8:03:05	4,4	3	-	90	40
34	Superm. Florêncio	8:03:35	7,4	3	-	93	30
35	Suzuki Lanches	8:04:04	8,8	3	-	96	30
36	Virgilio Várzea	8:04:47	4,6	4	-	100	40
37	Jornal O Estado	8:06:30	-	-	-	100	40
38	Est. Caminho daCruz	8:07:43	14,8	3	01	102	60
39	Mad. Florianópolis	8:08:55	-	-	-	102	60
40	Trevo Saco Grande	8:09:45	-	-	-	102	55
41	Cassol	8:10:06	-	-	-	102	60
42	Casas da Agua	8:12:47	20,6	-	07	95	45
43	Ilhacar	8:14:05	4,4	-	01	94	35
44	Posto Avenida	8:15:10	3,6	1	02	93	
45	Casa do Governador	8:15:42	-	-	-	93	40
46	Hospital Infantil	8:16:09	12,4	1	02	92	40
47	Justiça Infantil	8:16:55	13,6	4	01	95	40
48	Mansão da Ilha	8:18:11	14,8	2	03	94	30
49	Antarctica	8:19:18	3,8	1	-	95	40
50	Praça Celso Ramos	8:19:56	5,8	-	01	94	
51	Shopping	8:21:26	21,2	4	05	93	35
52	World Car	8:23:51	14,4	-	06	87	40
53	Imóveis Pirâmide	8:24:34	11,8	2	04	85	30
54	Nino Escapamentos	8:25:39	-	-	04	81	
55	Escola Técnica	8:26:17	13	-	03	78	45
56	Della Giustina	8:27:19	26,2	-	10	68	30
57	Instituto	8:28:47	33,4	-	21	47	50
58	Terminal	8:30:43	65,8	-	47	00	
	ENCERRA CICLO	8:31:49					

QUADRO 02 - Resultados do Levantamento de Dados: Sobe-desce; Tempos; Velocidade. - Linha "Monte Verde" - Florianópolis/SC. Data: 15 / 06 / 94 - Horário: 7:30hs

Nº	PONTO DE PARADA	MOMENTO DE PASSAGEM NO PONTO (HH:MM)	TEMPO DE PARADA (SEG)	PASSAGEIROS			VALOR MÍN. INSCRIÇÃO (R\$)
				QUANTO	DEIXANDO	LOTANDO	
01	Terminal	7:28:14	99	18	-	18	
02	Assembléia	7:33:04	-	-	-	18	
03	Casas da Água	7:33:42	13	5	-	23	
04	Instituto	7:35:20	-	-	-	23	
05	Delia Giustina	7:35:40	6	1	-	24	
06	LBA	7:36:15	3,4	1	-	25	
07	Escola Técnica	7:36:46	13,2	1	-	26	
08	BADESC	7:38:36	3	-	-	26	
09	INSS/SUS	7:40:37	13	3	-	29	
10	Escola Dinâmica	7:41:35	-	-	-	29	
11	Praça Celso Ramos	7:42:14	5,8	1	-	30	
12	Escola Autonomia	7:43:02	6,2	1	-	31	
13	Ed. Rui Barbosa	7:43:50	4,8	1	-	32	
14	Entrepasto Baron	7:44:15	-	-	-	32	
15	Hospital Infantil	7:45:10	9,8	3	3	32	
16	Escola Geração	7:45:52	-	-	-	32	
17	Posto Avenida	7:46:10	6,8	1	-	33	
18	Penitenciária	7:47:06	14,8	2	1	34	
19	Casas da Água	7:49:05	12,8	4	2	36	60
20	Cassol	7:51:50	7,2	-	3	33	
21	Bailanta da Ilha	7:52:32	11,8	2	5	30	
22	Pólo Inf. TELESC	7:53:10	7	1	1	30	
23	Mad. Florianópolis	7:54:14	6,6	-	3	27	
24	Est. Caminho Cruz	7:55:28	8	1	3	25	65
25	Jornal O Estado	7:56:24	7,2	-	3	22	
26	Virgílio Várzea	7:57:33	43,2	24	2	44	
27	Suzuki Lanches	7:58:44	23	10	6	49	50
28	Praça Osmi Ferreira	7:59:46	33	19	5	64	
29	R. Marfim - C. Infantil	8:00:51	7	1	2	63	20
30	Rua do Marfim, 157	8:01:22	11	4	1	66	30
31	Escola Laura Lima	8:02:26	21	9	3	75	
32	Móveis Milanez	8:03:20	12,4	7	1	81	
33	Rua do Alecrim, 275	8:04:04	7,4	2	-	83	
34	Superm. Florêncio	8:04:50	5,6	2	-	85	
35	Suzuki Lanches	8:05:13	6,8	2	-	87	
36	Virgílio Várzea	8:05:49	15,2	7	-	94	
37	Jornal O Estado	8:07:39	7,2	1	-	95	
38	Est. Caminho Cruz	8:09:14	10,2	2	1	96	
39	Mad. Florianópolis	8:10:22	-	-	-	96	
40	Trevo Saco Grande	8:11:19	12,8	3	-	99	
41	Cassol	8:12:08	8,6	-	2	97	
42	Casas da Água	8:14:13	22	-	8	89	
43	Ilhacar	8:15:31	7,6	1	1	89	
44	Posto Avenida	8:16:33	18,2	-	2	87	
45	Casa do Governador	8:17:16	-	-	-	87	
46	Hospital Infantil	8:17:43	13,2	1	1	87	
47	Justiça Infantil	8:18:36	10,8	2	1	88	
48	Mansão da Ilha	8:19:42	9	1	2	87	
49	Antarctica	8:29:40	6,8	-	1	86	
50	Praça Celso Ramos	8:21:14	11	-	5	81	
51	Shopping	8:23:06	13,8	-	8	73	
52	World Car	8:26:30	10,4	-	4	69	
53	Imóveis Pirâmide	8:27:04	9,4	-	3	66	
54	Nino Escapamentos	8:27:47	10,2	-	3	63	
55	Escola Técnica	8:28:19	13	-	6	57	
56	Delia Giustina	8:29:16	10,2	-	7	50	
57	Instituto	8:30:24	10	-	6	44	
58	Terminal	8:32:57	58	-	44	00	
	ENCERRA CICLO	8:33:55					

QUADRO 03 - Resultados do Levantamento de Dados: Sobe-desce;  
Tempos; Velocidade. - Linha "Monte Verde" -  
Florianópolis/SC. Data: 16/06/94 - Horário: 7:30hs

Nº	PONTO DE PARADA	HORARIO DE PASSAGEM NO PONTO (HH:MM)	TEMPO DE PARADA (min)	PASSENGEIRO			VELOCIDADE (km/h)
				TEMPO	DESCENDE	SUBIDA	
01	Terminal	7:28:14	61	11	-	11	
02	Assembléia	7:31:50	4,2	1	-	12	
03	Casas da Água	7:33:38	17	6	-	18	
04	Instituto	7:34:51	4,8	2	-	20	
05	Delia Giustina	7:35:28	17	2	-	22	40
06	LBA	7:36:04	3	1	-	23	
07	Escola Técnica	7:36:33	16,8	4	-	27	40
08	BADESC	7:37:42	15,4	4	-	31	
09	INSS/SUS	7:39:43	6,8	2	-	33	
10	Escola Dinâmica	7:40:19	-	-	-	33	30
11	Praça Celso Ramos	7:40:54	5,2	2	-	35	50
12	Escola Autonomia	7:41:40	6,2	2	-	37	40
13	Ed. Rui Barbosa	7:42:30	4,2	1	-	38	35
14	Entrepasto Baron	7:43:14	7,4	2	1	39	30
15	Hospital Infantil	7:44:13	16	1	7	33	
16	Escola Geração	7:45:07	3,8	-	2	31	40
17	Posto Avenida	7:45:37	8,2	3	-	34	
18	Penitenciária	7:46:37	5	1	1	34	
19	Casas da Água	7:50:15	14,8	6	1	39	
20	Cassol	7:52:20	3,6	-	1	38	
21	Bailanta da Ilha	7:52:59	15,4	2	8	32	
22	Pólo Inf. TELESC	7:53:52	6,8	-	3	29	40
23	Mad. Florianópolis	7:54:55	14,6	-	2	27	40
24	Est. Caminho Cruz	7:56:21	12	5	1	31	60
25	Jornal O Estado	7:57:23	10,2	-	5	26	
26	Virgílio Várzea	7:58:44	21,8	10	5	31	30
27	Suzuki Lanches	7:59:37	30,2	14	4	41	40
28	Praça Osmi Ferreira	8:00:43	29,8	15	4	52	
29	R. Marfim - C. nfantil	8:01:44	6,8	2	2	52	30
30	Rua do Marfim, 157	8:02:03	4,6	12	1	53	30
31	Escola Laura Lima	8:03:09	14,6	9	-	62	30
32	Móveis Milanez	8:04:02	27,2	14	3	73	30
33	Rua do Alecrim, 275	8:04:57	16	1	1	73	40
34	Superm. Florêncio	8:05:50	9,6	4	-	77	30
35	Suzuki Lanches	8:06:21	3,8	2	-	79	30
36	Virgílio Várzea	8:06:53	13,4	6	-	85	
37	Jornal O Estado	8:09:02	4	1	-	86	40
38	Est. Caminho Cruz	8:10:31	8,8	3	-	89	50
39	Mad. Florianópolis	8:11:37	9,4	2	-	91	
40	Trevo Saco Grande	8:12:48	6,4	1	1	91	40
41	Cassol	8:13:32	8,8	-	2	89	
42	Casas da Água	8:15:36	24,8	-	10	79	50
43	Ilhacar	8:16:54	4,2	-	1	78	
44	Posto Avenida	8:18:04	10,8	3	-	81	
45	Casa do Governador	8:18:40	-	-	-	81	
46	Hospital Infantil	8:19:06	6,8	2	1	82	
47	Justiça Infantil	8:19:49	4,6	-	1	81	40
48	Mansão da ilha	8:20:51	7,4	-	3	78	40
49	Antarctica	8:21:47	5,4	-	1	77	40
50	Praça Celso Ramos	8:22:22	-	-	-	77	30
51	Shopping	8:23:35	15,8	1	8	70	
52	World Car	8:25:39	10,2	2	1	71	40
53	Imóveis Pirâmide	8:26:04	10,4	1	1	71	40
54	Nino Escapamentos	8:27:04	6,8	-	1	70	
55	Escola Técnica	8:27:32	17,4	-	8	62	50
56	Delia Giustina	8:28:32	14,6	-	8	54	30
57	Instituto	8:29:23	9	-	6	48	37
58	Terminal	8:31:32	78	-	48	00	
	ENCERRA CICLO	8:32:50					

QUADRO 04 - Resultados do Levantamento de Dados: Sobe-desce; Tempos; Velocidade - Linha "Monte Verde" - Florianópolis / SC. Data: 17/06/94 - Horário: 7:30hs

### 3.2.3 - ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO

Para medir a aceleração  $a_1$  e a desaceleração  $a_2$  ( em m/seg.<sup>2</sup>) foram consideradas situações diversas ao longo do percurso do ônibus. Para se conseguir estes resultados, cronometrou-se o tempo transcorrido desde o início da movimentação no ponto de parada até o instante em que o veículo atingiu a velocidade de cruzeiro VC. Da mesma forma, o tempo de desaceleração, foi registrado desde o momento em que, se aproximando do ponto de ônibus, começava-se a frenagem até à parada completa. Os resultados dessas medições estão no quadro 05.

Tem-se, assim:

$$a_1^{(i)} = \frac{VC_i}{t_1^{(i)}} \quad (3.1)$$

e

$$a_2^{(i)} = \frac{VC_i}{t_2^{(i)}} \quad (3.2)$$

onde  $i$  representa a  $i$ -iésima medição.

O ajuste estatístico foi realizado por regressão linear considerando que a reta deve passar pela origem.

Ademais, em lugar de considerar os desvios quadráticos absolutos, consideramos os desvios relativos, tendo em vista a ampla variação dos valores observados. Seguindo a metodologia estatística clássica ( Costa Neto, seção 8.4.1 ), temos:

$$VC = a.t \quad (3.3)$$

Com

$$\min.S = \sum_i \left[ \frac{VC_i - at_i}{VC_i} \right]^2 \quad (3.4)$$

( desvio relativo quadrático)

Derivando S em relação à a e igualando a zero, obtem-se:

$$a = \frac{\sum_i t_i / VC_i}{\sum_i (t_i / VC_i)^2} \quad (3.5)$$

Aplicando a expressão acima aos valores medidos no campo, foram obtidos os seguintes valores para  $a_1$  e  $a_2$  :

$$a_1 = 1,07 \text{ m / seg}^2 .$$

$$a_2 = 1,41 \text{ m / seg}^2$$

Kassab ( 1979 ) adotou  $a_1 = a_2 = 1 \text{ m / seg}^2$  para simulações da marcha de ônibus. Hendrickson ( 1981 ), por outro lado, indica o valor de 2,5 milhas por hora e por segundo, equivalente à  $1,1 \text{ m / seg}^2$ .

Nota-se, assim, que o valor de  $a_1$  obtido neste trabalho está de acordo com os valores indicados na literatura. Quanto ao valor de  $a_2$ , cerca de 27 % mais elevado que o citado por Hendrickson, é justificado tendo em vista o hábito, não muito salutar, dos motoristas brasileiros frearem o veículo de forma mais ou menos brusca.



Consideramos, assim, justificados os valores de  $a_1$  e  $a_2$  estimados em nosso trabalho.

ORDEN	LOCAL	TEMPO ACELERAÇÃO	TEMPO DESACELERAÇÃO
01	Terminal		
02	Assembléia		3,86
03	Casas da Água	4,30	2,26
04	Instituto		
05	Delia Giustina		
06	LBA		
07	Escola Técnica		
08	BADESC	5,82	5,06
09	INSS/SUS	5,30	5,20
10	Escola Dinâmica	6,60	4,64
11	Praça Celso Ramos		
12	Escola Autonomia		
13	Ed. Rui Barbosa		
14	Entrepósito Baron		
15	Hospital Infantil	8,30	5,36
16	Escola Geração	5,07	5,74
17	Posto Avenida		
18	Penitenciária		
19	Casas da Água	7,56	6,06
20	Cassol		
21	Bailanta da Ilha	6,60	5,43
22	Pólo Informática TELESC	5,68	4,64
23	Madeira Florianópolis		
24	Estrada Caminho da Cruz		
25	Jornal O Estado		
26	Virgílio Várzea		
27	Suzuki Lanches	6,07	4,68
28	Praça Osmi Ferreira	7,60	8,51
29	R. do Marfim - C. Infantil	6,22	3,73
30	Rua do Marfim, 157	5,30	5,46
31	Escola Laura Lima	5,88	7,03
32	Móveis Milanez	5,44	4,81
33	Rua do Alecrim, 275	8,84	6,53
34	Supermercado Florêncio	6,92	5,40
35	Suzuki Lanches		
36	Virgílio Várzea		
37	Jornal O Estado		
38	Estrada Caminho da Cruz		
39	Madeira Florianópolis		
40	Trevo Saco Grande		
41	Cassol		
42	Casas da Água		
43	Ilhacar	7,27	5,02
44	Posto Avenida	8,24	4,86
45	Casa do Governador		
46	Hospital Infantil	7,47	5,53
47	Justiça Infantil		
48	Mansão da Ilha		
49	Antarctica		
50	Praça Celso Ramos	7,69	7,31
51	Shopping		
52	World Car		
53	Imóveis Pirâmide		
54	Nino Escapamentos	7,02	5,45
55	Escola Técnica		
56	Delia Giustina	6,88	6,56
57	Instituto	6,50	5,15
58	Terminal		

QUADRO 05 - Tempo de Aceleração e Desaceleração  
Linha " Monte Verde " - Florianópolis/SC

### 3.3. - CARACTERIZAÇÃO DOS VEÍCULOS

Neste item são apresentados as características físicas principais dos veículos analisados, bem como os respectivos custos operacionais.

#### 3.3.1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

É comum caracterizar o porte ou tamanho do ônibus através de sua lotação. No entanto, a quantidade de assentos, depende não somente do tamanho do veículo como também do arranjo interno. Há arranjos que dão mais espaço para os passageiros em pé, enquanto outros, privilegiam os passageiros sentados.

No que se refere ao número máximo de passageiros em pé, também não há uma situação clara de referência, sendo a lotação do veículo um parâmetro de referência nominal, e não absoluto.

Pelos motivos expostos escolhemos como variável explicativa do *porte ou tamanho* do ônibus, a área livre da plataforma interna destinada a abrigar os passageiros, sentados ou em pé. No Quadro 06, são apresentadas as características de cinco veículos de tamanho variado, que serviram de base para nossas simulações.

Modelo de Veículo	Área Útil Interna (m <sup>2</sup> )	A. Área Útil Aproximada (m <sup>2</sup> )	Nº de Assentos	Fração de Área Ocupada pelos Assentos (%)
Micro-Ônibus	3,1	14,9	21	79,1
Ônibus Convencional*	8,44	28,6	36	70,5
Ônibus PADRON	10,77	29,8	34	63,9
Expresso Articulado	16,20	41,9	46	61,4
Exp. Bi-Articulado	32,40	64,3	57	49,6

FONTE: \*Núcleo de Transportes da Prefeitura municipal de Florianópolis;  
URBS - Urbanização de Curitiba. Pref. Municipal de Curitiba.

#### QUADRO 06 - Características Físicas dos Veículos

Com base em medições locais, admitiu-se uma ocupação média de 0,56 m<sup>2</sup> por assento. Assim, temos as seguintes relações básicas:

$$A = A_s + A_p \quad (3.6)$$

Com:

$$A_s = 0,56 \cdot P_s \quad (3.7)$$

Onde:

A área total útil disponível ( m<sup>2</sup>)

A<sub>s</sub> área alocada aos assentos ( m<sup>2</sup>)

A<sub>p</sub> área disponível para circulação e passageiros em pé (m<sup>2</sup>)

P<sub>s</sub> número de passageiros sentados.

Sendo  $P_p$  o número de passageiros em pé, a densidade  $d_E$  é dada por:

$$d_E = \frac{P_p}{A_p} \quad (3.8)$$

A densidade de ocupação é o parâmetro básico na modelagem para representar o grau de desconforto dos passageiros que viajam em pé. De fato, esse é o parâmetro correntemente usado na literatura (Cardoso e Pinheiro 1989; Senna, Toni e Lindau, 1994) para exprimir o nível de conforto no transporte público urbano.

Considerando a expressão (3.7), e calculando a porcentagem de  $A_S$  em relação à  $A$ , foram obtidas as frações da área total ocupada pelos assentos, conforme mostrado no Quadro 06.

Outras informações sobre os modelos estudados, estão no Quadro 07.

TIPO VEÍCULO / ESPECIFICAÇÃO	MICRO ÔNIBUS	"PADRON"	ARTICULADO	BI-ARTIBULADO	CONVENCIONAL*
MOTOR	Potência de 90 CV ( DIN )	Potência de 210 CV ( DIN )	Potência de 250 CV ( DIN )	Potência de 300 CV	
DIMENSÕES	Distância entre-eixos = 4.000 mm  Comprimento Total Encarroçado = ± 8.000 mm	Distância entre-eixos = 6.000 mm  Comprimento Total Encarroçado = ± 12.000 mm	Distância entre-eixos (carro-Trator) = 5.500mm Comprimento Total Encarroçado = ± 18.150 mm	Distância entre-eixos (carro-Trator)= 5.500 mm tração e do 1º trailler = 6.045 mm; entre os dois trailers = 6.700 mm. Comprimento Total Encarroçado = 24.400 mm.	Comprimento Total Encarroçado = 11.190 mm
CAPACIDADE TÉCNICA DE CARGA	6.500 KG.	16.000 KG	26.000 KG	40.000 KG.	
Nº ASSENTOS	21	34	46	57	36
ÁREA LIVRE	3,1 m <sup>2</sup>	10,77 m <sup>2</sup>	16,2 m <sup>2</sup>	32,4 m <sup>2</sup>	8,44 m <sup>2</sup>
PORTAS	Duas portas, com vão livre de 750 mm	Três portas, com vão livre de 1.100 mm	Quatro portas, com vão livre de 1.100 mm	Cinco portas, com vão livre de 1.300 mm	Duas portas, com vão livre de (dianteira) = 910 mm; (traseira)=1.336 mm
"LAY-OUT" INTERNO	Vide Figura 01	Vide Figura 02	Vide Figura 03	Vide Figura 04	Vide Figura 05

\*Ônibus utilizado na linha "Monte Verde" - Modelo "Ford"; Carroçaria "Nielsen"

FONTE: Catálogos de especificações técnicas da frota de ônibus utilizada na cidade de Curitiba/PR. <sup>1</sup> e Núcleo de transportes (pref. de Florianópolis).

#### QUADRO 07 - Modelos dos Ônibus Considerados no Estudo

<sup>1</sup>Estes catálogos foram desenvolvidos pela URBS - Urbanização de Curitiba S. A. / Prefeitura Municipal de Curitiba/PR.

FIGURA 01

Lay-out Interno MICRO-ÔNIBUS

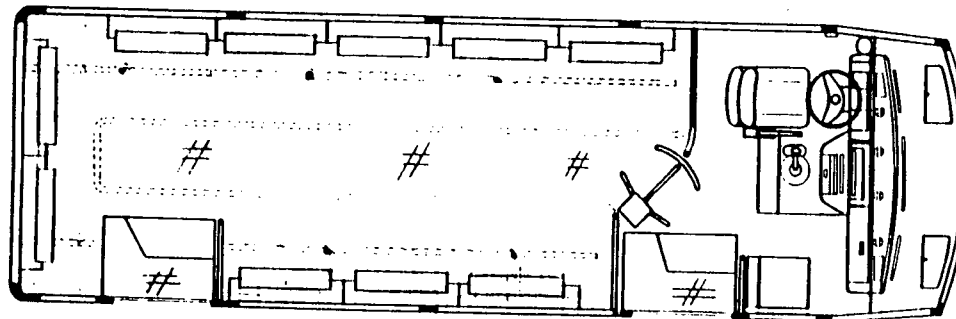


FIGURA 02

Lay-out Interno Ônibus PADRON

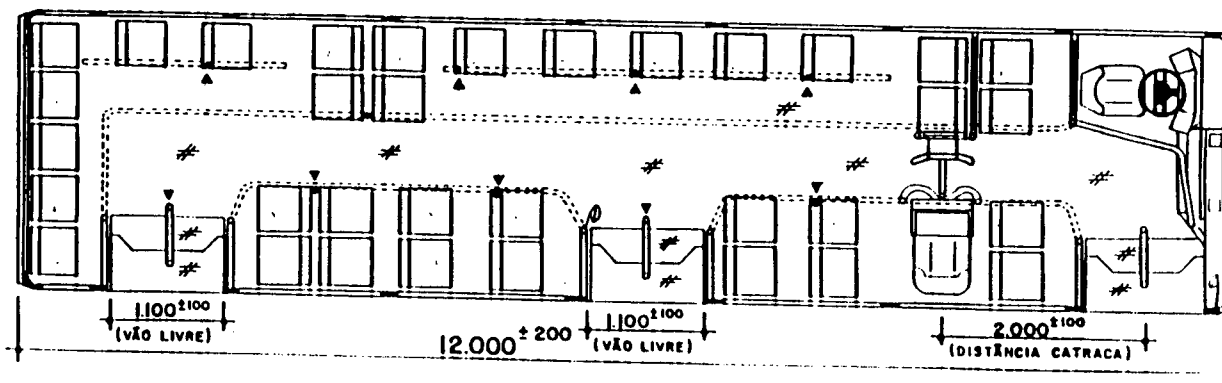


FIGURA 03

Lay-out Interno Ônibus ARTICULADO

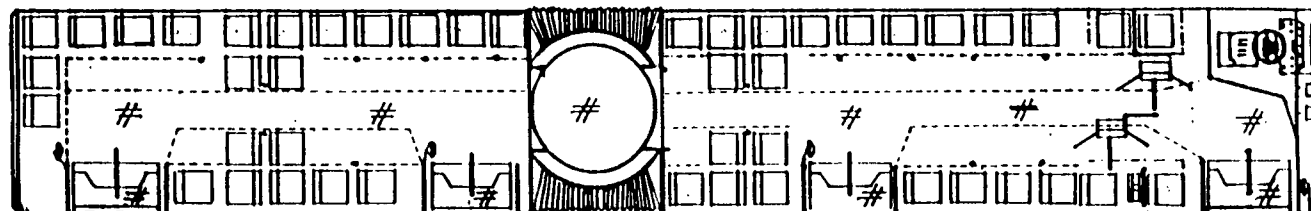


FIGURA 04

Lay-out Interno Ônibus BI-ARTICULADO

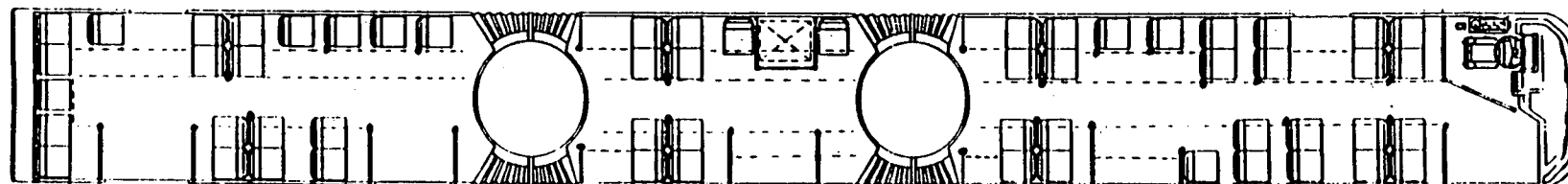
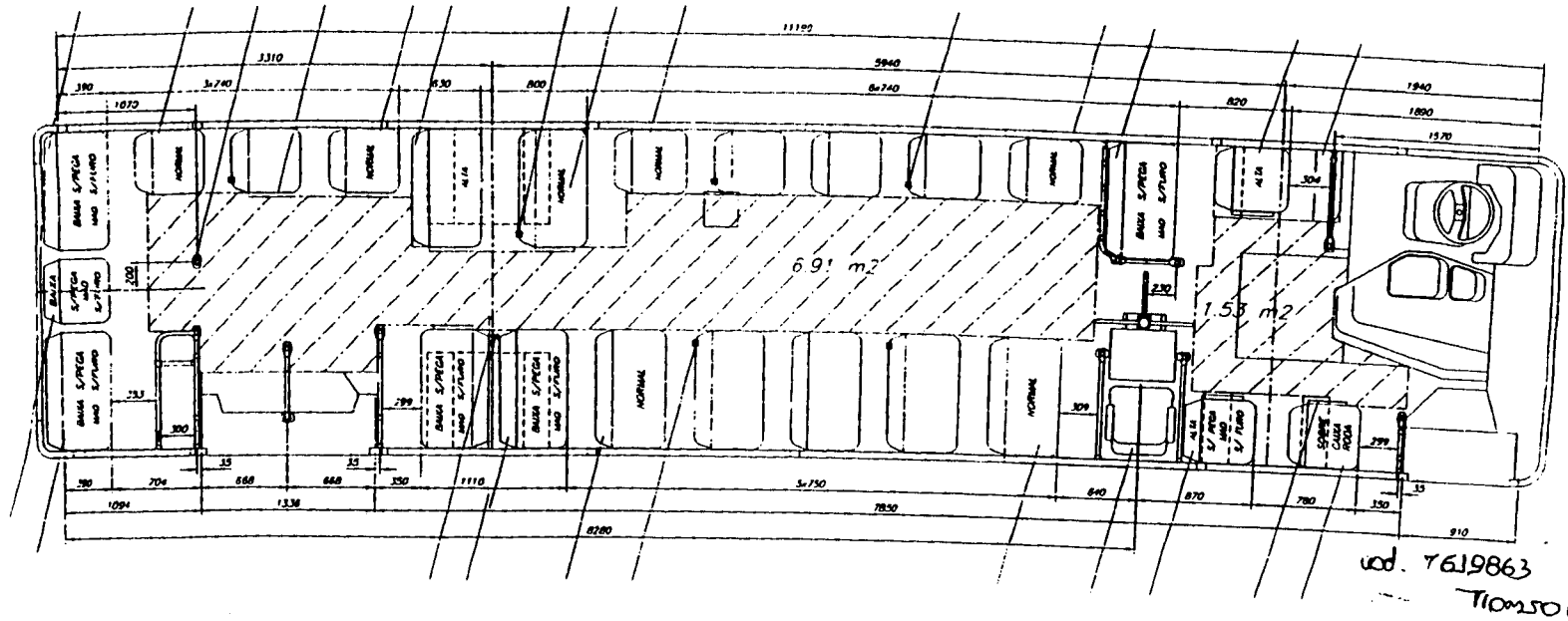




FIGURA 05

Lay-out Interno Ônibus CONVENCIONAL  
( Utilizado na Linha Monte Verde )



### 3.4 - CUSTOS UNITÁRIOS

Os custos unitários foram divididos em dois grupos, na forma tradicional: (a) custos variáveis, expressos em R\$ por Km rodado; (b) custos fixos, expressos em R\$ por veículo-dia de operação.

Os dados foram obtidos junto à empresa gerenciadora do transporte coletivo urbano, da cidade de Curitiba/PR (URBS - Urbanização de Curitiba S. A. ), com base nas planilhas de cálculo tarifário correspondente ao mês de julho de 1994.

Uma vez que os valores correspondendo aos custos fixos, na versão original, estavam expressos em R\$ por Km rodado, dependendo assim da quilometragem, foi necessário efetuar algumas correções e compatibilizações, de forma a se chegar aos valores finais adotados no presente trabalho.

No Quadro 08 são apresentados os valores do custo variável CK (custo quilométrico). No Quadro 09, por sua vez, são apresentados os custos fixos, em R\$ por dia de operação.

MODELOS / CUSTO OPERACIONAL	CONVENIONAL	BI- ARTICULADO	BI- ARTICULADO	MICRO ÔNIBUS
<b>C DEPENDENTES:</b>				
COMBUSTÍVEL	0,1039	0,1825	0,2109	0,0751
LUBRIFICANTES	0,0058	0,0097	0,0110	
RODAGEM	0,0261	0,0423	0,0592	0,0064*
<b>C. MANUTENÇÃO:</b>				
PESSOAL	0,0517	0,0517	0,0517	0,0517
PEÇAS / ACESSÓRIOS	0,1380	0,2751	0,4830	0,0820
<b>TOTAL</b>	<b>0,3255</b>	<b>0,5913</b>	<b>0,8158</b>	<b>0,2152</b>

\* Total ( Rodagem + Lubrificantes )  
 FONTE: URBS - Curitiba/PR.

**QUADRO 08 - Custos Unitários por Km**  
 ( R\$ por Km rodado, Julho de 1994 )

	MICRO ÔNIBUS	ÔNIBUS PADRÃO	ÔNIBUS BI- ARTICULADO
<b>PESSOAL DE TRÁFEGO:</b>			
	45,76	45,76	45,76
MOTORISTA	-	29,12	29,12
COBRADOR	2,22	2,22	2,22
CONT. TRÁFG	1,58	1,58	1,58
PORTEIRO	0,85	0,85	0,85
UNIFORME			
S-TOTAL	50,41	79,53	79,53
<b>ADMINISTRAÇÃO:</b>	16,94	20,32	26,68
<b>CAPITAL:</b>			
REMUNERAÇÃO	14,04	31,27	94,18
DEPRECIAÇÃO	20,31	45,24	136,29
S-TOTAL	34,35	76,51	230,47
<b>OBRIGAÇÕES:</b>			
FINSOCIAL	2,74	5,19	5,19
PIS:	0,90	1,70	1,70
S-TOTAL	3,64	6,89	6,89
<b>TOTAL</b>	<b>93,04</b>	<b>182,25</b>	<b>343,27</b>

FONTE: URBS - Curitiba / PR, Com adaptações.

**QUADRO 09 - Custos Fixos Unitários ( R\$ por veículo-dia )**

Na Figura 06 são apresentados os gráficos de variação de CK, CF e da fração da área do veículo ocupada pelos assentos. Das curvas da Figura 06 foram extraídos os valores intermediários interpolados, que serviram de base para os cálculos no modelo.

Nota-se que foi adotada a área A como variável contínua, exprimindo as configurações possíveis de ônibus desde o menor, micro-ônibus, até o maior de todos, o bi-articulado. Na realidade a disponibilidade de veículos é discreta. No entanto, ao considerar a variação contínua, estamos considerando eventuais possibilidades de oferta futura de veículos, em situações intermediárias, mesmo que tais veículos não estejam disponíveis no momento.

ÁREA A (m <sup>2</sup> )	CK (segundos)	CF (segundos)	FRAÇÃO DA ÁREA OCUPADA POR ASSENTOS (%)
15	0,215	105,30	79,1
20	0,243	133,00	74,0
25	0,280	160,00	69,0
30	0,335	184,90	66,0
35	0,420	209,90	64,0
40	0,520	244,00	62,0
45	0,620	273,40	60,0
50	0,700	297,60	57,5
55	0,750	317,50	55,0
60	0,790	333,30	52,0
65	0,820	343,60	48,0
70	0,835	355,00	44,0

**QUADRO 10 - Valores Interpolados de CK, CF e da Função da área ocupada pelos assentos**

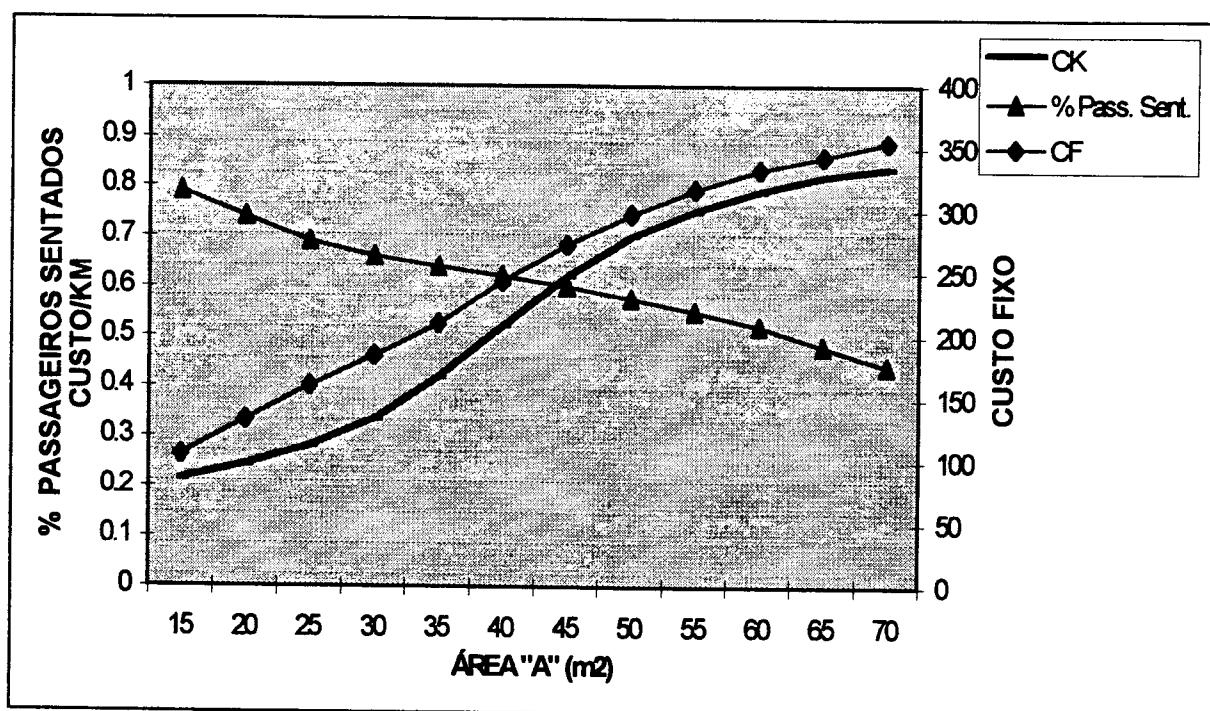


FIGURA 06 - Variação de CK, CF e da função da Área Ocupada do Veículo pelos Assentos

#### 4.5 - TEMPOS DE SUBIDA E DESCIDA DE PASSAGEIROS

Estudos detalhados sobre esse assunto já foram realizados internacionalmente. Entre outros, destacam-se o relatório LR521 do TRRL, de autoria de Cundill & Watts (1973), o trabalho de Guenther & Sinha (1983) e o artigo de Hendrickson (1981).

Muito embora o processo de subida e descida de passageiros nos ônibus apresente características comuns em lugares diversos, ainda assim há aspectos específicos de cada caso. Por essa razão optou-se por realizar um levantamento local, seguido do ajuste estatístico de uma função específica para a linha em estudo (Centro - Monte Verde).

Para isso foram cronometrados os tempos de subida e descida durante três dias úteis (15, 16 e 17 de junho de 1994) para a

viagem das 7 horas e 30 minutos, partindo do terminal Cidade de Florianópolis -centro- para o bairro (Quadros 02, 03, 04 - Capítulo 03 ). Não foi considerado na análise o tempo de parada no terminal ( ponto inicial) pois esse tempo está condicionado a outros aspectos além da subida dos passageiros.

Um total de 152 observações foi considerado, ajustando-se a seguinte expressão:

$$tp = a_0 + a_s \delta_s + a_D \delta_D + a_{sD} \delta_{sD} + b_s N_s + b_D N_D + b_{sD} N_{sD} \quad (3.9)$$

Onde:

$tp$  tempo de parada no ponto, em segundos.

$\delta_s$  variável binária ( 0,1 ), igual a 1 quando houver apenas passageiros subindo e, zero, em caso contrário.

$\delta_D$  variável binária ( 0,1 ), igual a 1 quando houver apenas passageiros descendo e, zero, em caso contrário.

$\delta_{sD}$  variável binária ( 0,1 ), igual a 1 quando houver simultaneamente passageiros subindo e descendo, e zero em caso contrário.

$N_s$  igual ao número de passageiros subindo, quando houver apenas esta situação e zero em caso contrário.

$N_D$  igual ao número de passageiros descendo, quando houver apenas esta situação e zero em caso contrário.

$N_{SD}$  igual à soma de passageiros subindo e descendo quando houver apenas esta situação e zero em caso contrário.

$a_0, a_s, a_D, a_{SD}, b_s, b_D, b_{SD}$  constantes a ajustar.

Número de Observações: 152		
Coeficientes da regressão:		
Constante:	3,00000	
	Coef.	F
Variável Número 1:	0,10926	0,00
Variável Número 2:	2,04746	0,45
Variável Número 3:	0,72991	0,07
Variável Número 4:	2,03867	4,42
Variável Número 5:	1,36316	46,80
Variável Número 6:	1,43259	36,80
Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ):	0,8819	
Erro padrão da Estimativa:	4,11	

#### QUADRO 11 - Resultado do Ajuste Estatístico da Expressão

O ajuste estatístico mostrado no quadro 11, foi satisfatório, com  $R^2 = 0,882$ . Os valores da estatística F para as variáveis  $N_s, N_D$  e  $N_{SD}$  são significantes. O mesmo não ocorre para as variáveis  $\delta_s, \delta_D$  e  $\delta_{SD}$ , cuja importância na estimativa do tempo de parada é pequena.

A função resultante é portanto a seguinte:

$$tp = 3 + 0,109\delta_s + 2,047\delta_D + 0,730\delta_{SD} + 2,039N_s + 1,363N_D + 1,432N_{SD}$$

(3.9)

Estes valores estão compatíveis com dados levantados em outros países. Hendrickson ( 1981 ), Tabela 1, apresenta tempos para embarque de passageiros na faixa de 2 a 3 segundos por passageiro. No nosso caso, obtivemos um valor da ordem de 2 segundos. Para desembarque, o mesmo autor apresenta tempo na faixa de 1,5 a 2,5 seg./passageiro, enquanto que obtivemos 1,4 segundos (notar que a constante de  $\delta_D$ , igual a 2,5 tende a elevar um pouco este valor para a situação média ). Os valores obtidos estão também compatíveis com os apresentados por Cundill & Watts (1973 ).

Na Figura 07 é mostrada em forma gráfica os resultados do ajuste. No eixo das abcissas são representados os valores observados dos tempos de parada e, no eixo das ordenadas, os valores estimados via expressão ( 3.9 ).



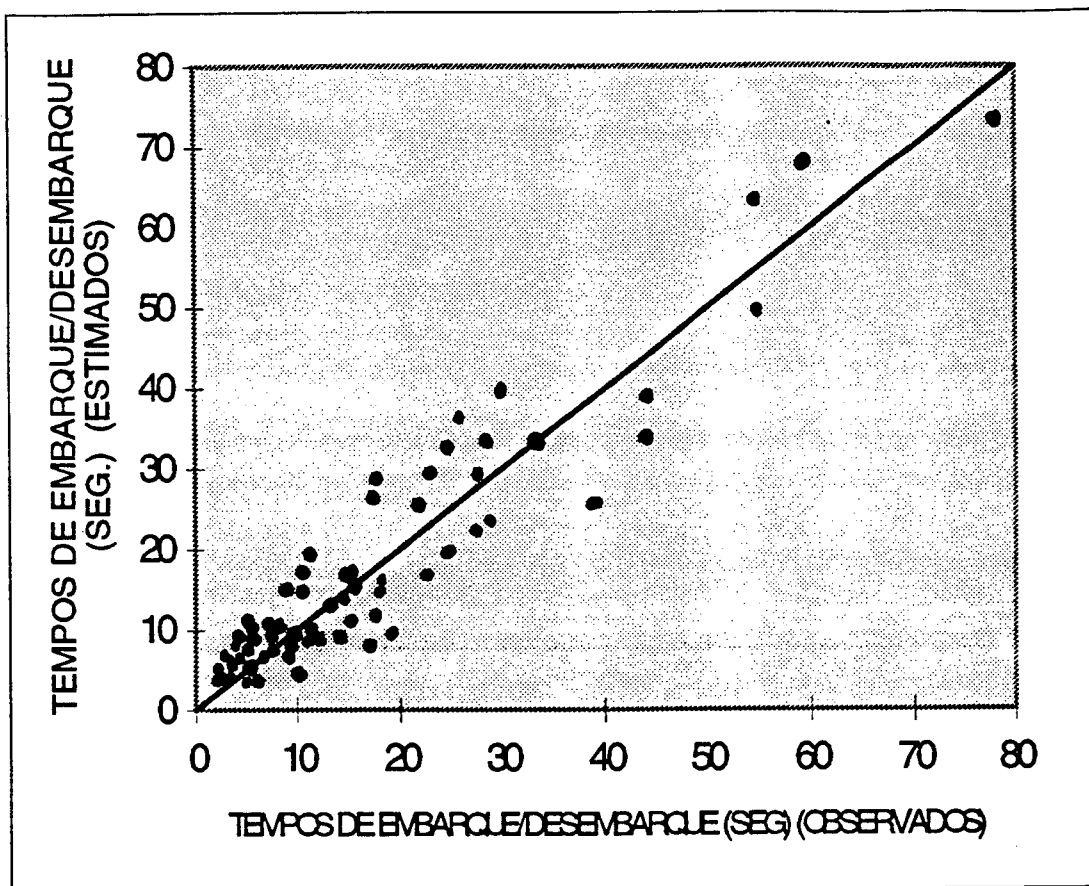


FIGURA 07 - Ajuste da Função para Estimar os Tempos de Parada para Embarque/Desembarque de Passageiros

### 3.6 - SIMULAÇÃO DA MARCHA DO ÔNIBUS

#### 3.6.1. OBJETIVO

Para um passageiro que embarca em um ponto  $i$  e desembarca em um ponto  $j$ , é necessário calcular o tempo de viagem (tempo dentro do veículo) para estimar o seu custo generalizado. Dessa forma é preciso determinar não somente o tempo de ciclo total (tempo de uma viagem completa) mas a curva acumulada de tempo da marcha do veículo ao longo do percurso.

### 3.6.2. REPRESENTAÇÃO MATEMÁTICA

Seja  $T1_i$  o instante de tempo correspondente ao momento em que o veículo pára ( abre a porta ) no ponto  $i$ . Consideramos a origem ( $T1_1 = \text{zero}$ ) como correspondente ao momento em que é iniciado o embarque no ponto inicial.

Seja  $T2_i$  o instante de tempo correspondente ao momento em que o último passageiro embarcou ou desembarcou, no ponto  $i$  (momento em que se fecha a porta ).

A variável  $T1_i$  é expressa:

$$T1_i = \sum_{j=1}^{i-1} tp_j + \sum_{k=1}^{i-1} T_{Dk} + TR_i \quad (3.10)$$

onde:

$tp_j$  - tempo de parada para embarque/desembarque no ponto  $j$ ;

$T_{Dk}$  - tempo de deslocamento do veículo no segmento entre os pontos  $k$  e  $k + 1$ .

$TR_i$  - tempo de retardamento acumulado até o ponto  $i$ .

O tempo de retardamento inclui os fatores de atraso na marcha decorrentes de causas no trânsito, cruzamentos, rótulas, etc.

O tempo de parada  $tp_j$  é estimado através da equação (3.9), desenvolvida na seção 3.5.

O tempo de deslocamento  $T_{Dk}$  é calculado conforme metodologia descrita a seguir.

### 3.6.3 - TEMPO DE DESLOCAMENTO ENTRE DOIS PONTOS SUCESSIVOS

Seguiu-se a metodologia apresentada por Kassab ( 1979 ) e Novaes (1986). Admite-se que o veículo, ao partir do ponto de parada, acelera com aceleração constante ' $a_1$ ' ( movimento uniformemente acelerado ) até atingir uma velocidade de cruzeiro ' $VC$ '. Ao parar, é aplicada uma desaceleração constante ' $a_2$ ' (movimento uniformemente desacelerado) até atingir o repouso.

Duas condições podem ocorrer:

(a) a distância ' $d$ ' entre os dois pontos é suficiente para atingir a velocidade ' $VC$ '. Neste caso, o tempo ' $TD$ ' é dado por:

$$TD = VC/2a_1 + VC/2a_2 + d/VC \quad (3.11)$$

(b) a distância ' $d$ ' entre os dois pontos não é suficiente para atingir a velocidade ' $VC$ '.

Para este caso:

$$TD = V/a_1 + V/a_2 \quad (3.12)$$

com

$$V = \sqrt{\frac{2a_1 a_2 d}{a_1 + a_2}} < VC \quad (3.13)$$

A velocidade de cruzeiro VC varia ao longo do percurso, em função das características geométricas das vias, de suas características de pavimentação e conservação, etc. Na Figura 08 são mostradas as curvas de variação de VC ao longo do percurso da linha analisada, correspondentes aos três dias de levantamento. A partir dessas curvas foram definidos valores médios que são mostrados no quadro 12.

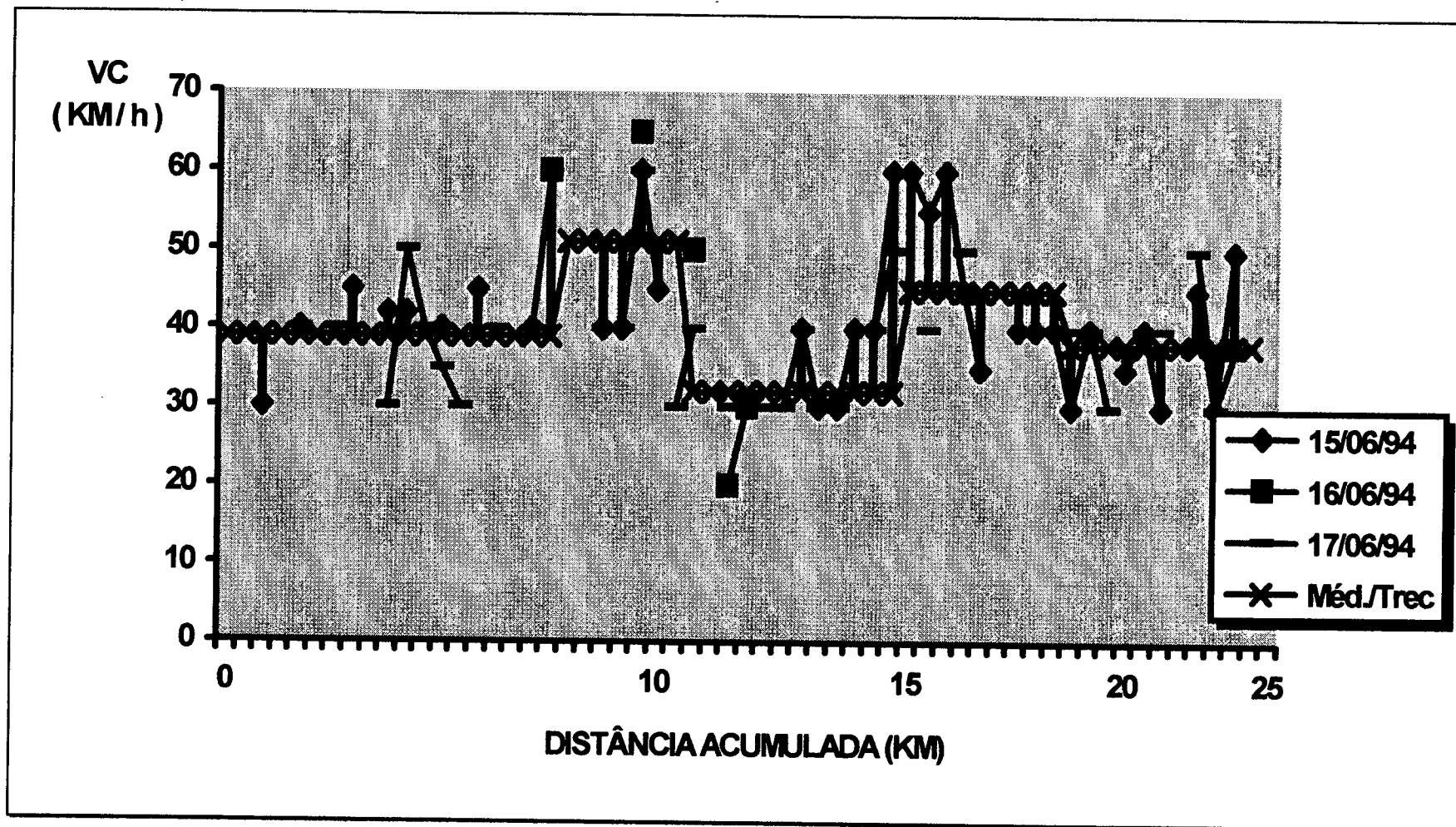


FIGURA 08 - Variação da Velocidade de Cruzeiro VC ao Longo do Percurso

		VC	(Km)
Ponto 1 (Terminal)	Ponto 19 ( Casas da Água)		39
Ponto 19 (Casas da Água)	Ponto 26 ( Av. Virgílio Várzea )		51
Ponto 26 ( Av. Virgílio Várzea )	Ponto 38 ( E. Caminho da Cruz )		32
Ponto 38 ( E. Caminho da Cruz )	Ponto 47 ( Justiça Infantil )		45
Ponto 47 ( Justiça Infantil )	Ponto 58 ( Terminal )		38

**QUADRO 12 - Velocidades Médias ao Longo da Linha de Ônibus Monte Verde**

Os valores de  $a_1$  e  $a_2$  estão indicados no item 3.2.3, deste Capítulo.

### 3.6.4 - TEMPO DE RETARDAMENTO

Nos Quadros 02, 03 e 04 são apresentados os dados levantados respectivamente nos dias 15, 16 e 17 de junho de 1994, no horário de 7:30 horas, no sentido Centro-Bairro.

As distâncias acumuladas desde o ponto inicial, são apresentadas no Quadro 01. Por diferença se obtêm as distâncias entre dois pontos consecutivos.

Calculando-se os valores do tempo de deslocamento  $TD_k$ , para cada segmento e, considerando os valores observados de  $tp_j$  e  $T1_i$ , pode-se estimar os valores de  $TR_i$  por diferença:

$$TR_i = T1_i - \sum_{j=1}^{i-1} t_{p_j} - \sum_{K=1}^{i-1} TD_K \quad (3.14)$$

Na Figura 09 são mostradas a curva média (para os três dias) da marcha observada, que inclui os tempos de retardamento e a curva média de marcha simulada, sem o tempo de retardamento. A diferença entre ambas fornece os valores de  $TRi$  médio.

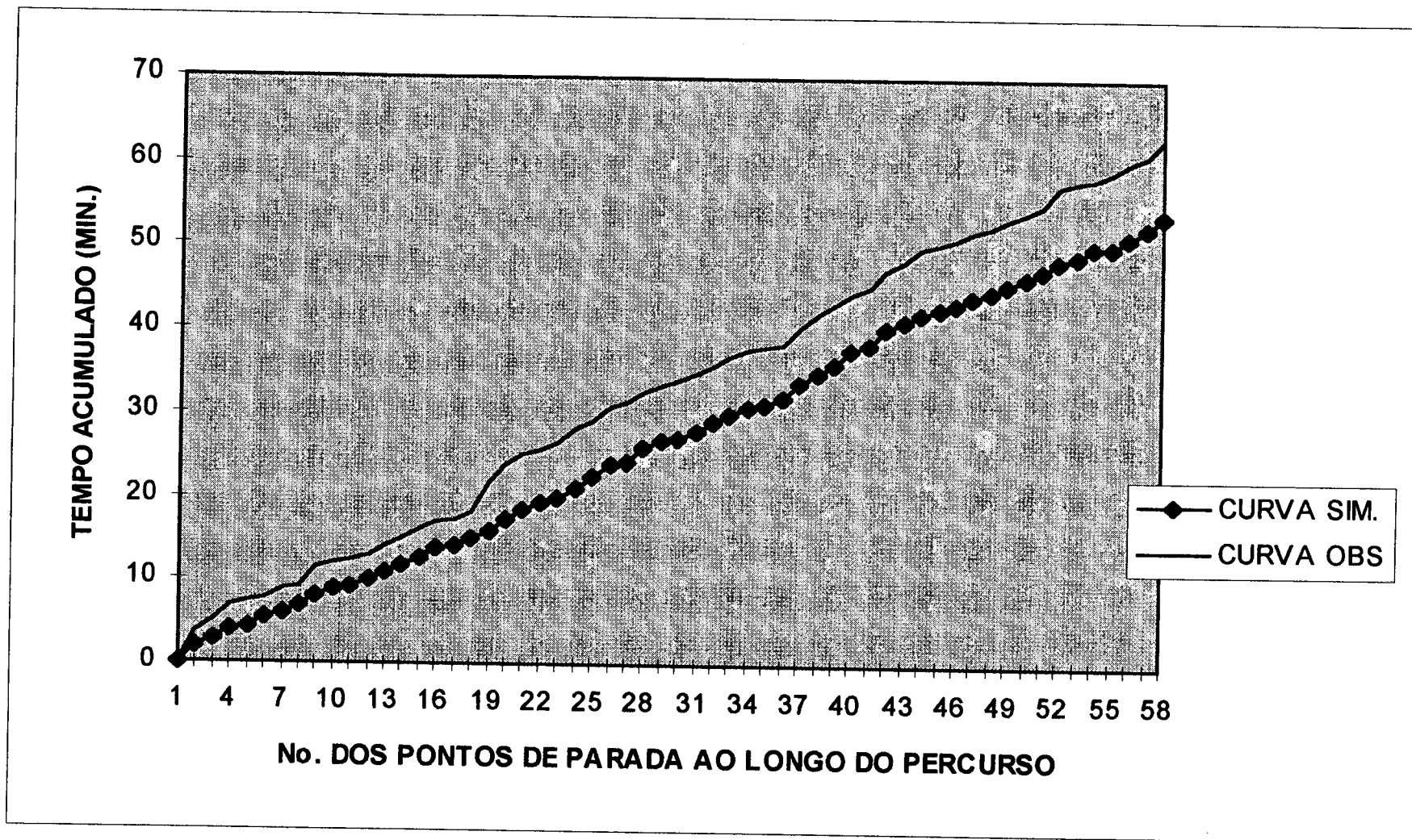


FIGURA 09 - Linha "Monte Verde" : Curvas de Marcha



A curva de Marcha Observada e Simulada é a média de 3 dias úteis.

A Figura 10, por sua vez, mostra a curva de retardamento médio ao longo do percurso.

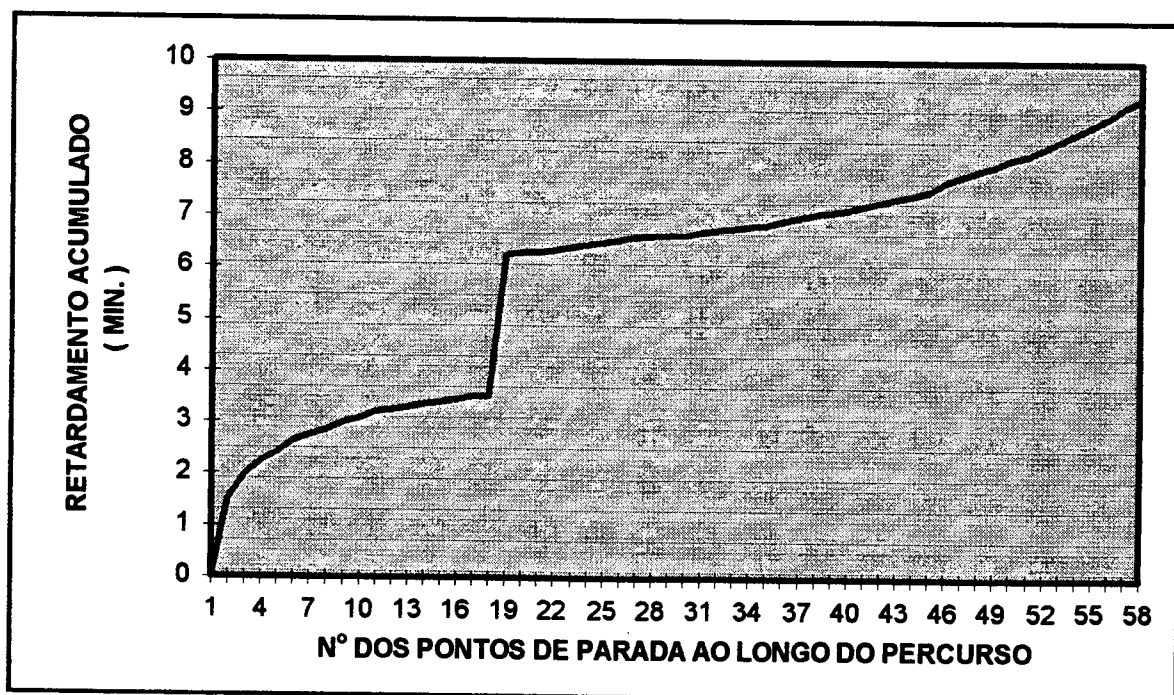


FIGURA 10 - Curva de Retardamento ao Longo do Percurso ( Média de três Dias Úteis ) - "Linha Monte Verde"

Finalmente, no Quadro 13 são apresentados os valores acumulados de  $TR_i$ , que foram posteriormente utilizados no modelo.

PONTO DE PARADA Nº	LOCAL	DISTÂNCIA ACCUMULADA (M)	TEMPO DE RETARDAMENTO ESTIMADO (MINUTOS)
01	Terminal	0	0
02	Assembléia	700	1,5
03	Casas da Água	1090	1,97
04	Instituto	1400	2,25
05	Delia Giustina	1650	2,40
06	LBA	1910	2,65
07	Escola Técnica	2100	2,75
08	BADESC	2510	2,85
09	INSS/SUS	3000	3,00
10	Escola Dinâmica	3240	3,10
11	Praça Celso Ramos	3580	3,20
12	Escola Autonomia	3900	3,25
13	Ed. Rui Barbosa	4250	3,30
14	Entrepasto Baron	4500	3,35
15	Hospital Infantil	4860	3,40
16	Escola Geração	5180	3,45
17	Posto Avenida	5350	3,50
18	Penitenciária	5790	3,50
19	Casas da Água	6180	6,25
20	Cassol	7450	6,30
21	Bailanta da Ilha	7780	6,30
22	Pólo Informática TELESC	8030	6,35
23	Madeiraira Florianópolis	8590	6,40
24	Estrada Caminho da Cruz	9180	6,45
25	Jornal O Estado	9900	6,50
26	Virgílio Várzea	10580	6,55
27	Suzuki Lanches	10700	6,60
28	Praça Osmi Ferreira	10990	6,62
29	R. do Marfim - C. Infantil	11190	6,65
30	Rua do Marfim, 157	11300	6,65
31	Escola Laura Lima	11600	6,70
32	Móveis Milanez	11900	6,75
33	Rua do Alecrim, 275	12100	6,78
34	Supermercado Florêncio	12350	6,82
35	Suzuki Lanches	12500	6,85
36	Virgílio Várzea	12680	6,92
37	Jornal O Estado	13500	7,00
38	Estrada Caminho da Cruz	14250	7,05
39	Madeiraira Florianópolis	14820	7,10
40	Trevo Saco Grande	15700	7,15
41	Cassol	16000	7,22
42	Casas da Água	17210	7,30
43	Ilhacar	17610	7,37
44	Posto Avenida	18000	7,43
45	Casa do Governador	18180	7,50
46	Hospital Infantil	18500	7,70
47	Justiça Infantil	18700	7,80
48	Mansão da Ilha	19090	7,90
49	Antarctica	19500	8,00
50	Praça Celso Ramos	19720	8,12
51	Shopping	20300	8,22
52	World Car	20700	8,35
53	Imóveis Pirâmide	20900	8,50
54	Nino Escapamentos	21200	8,65
55	Escola Técnica	21380	8,80
56	Delia Giustina	21810	8,95
57	Instituto	22100	9,15
58	Terminal	22750	9,30

QUADRO 13 - Tempos de Retardamento ao Longo do Percurso

### 3.6.5 - VALIDAÇÃO DO MODELO

Simulou-se a marcha do ônibus ao longo do percurso, obtendo-se os tempos  $T_{li}$ , conforme formulação indicada anteriormente. Foram igualmente considerados os valores de  $T_{li}$  levantados diretamente nos três dias de pesquisa de campo. Os resultados são apresentados no Quadro 14.

Na figura 11 foram traçadas as curvas de  $T_{li}$  respectivas, vendo-se que o modelo de representação da marcha do veículo se ajusta satisfatoriamente aos valores reais.

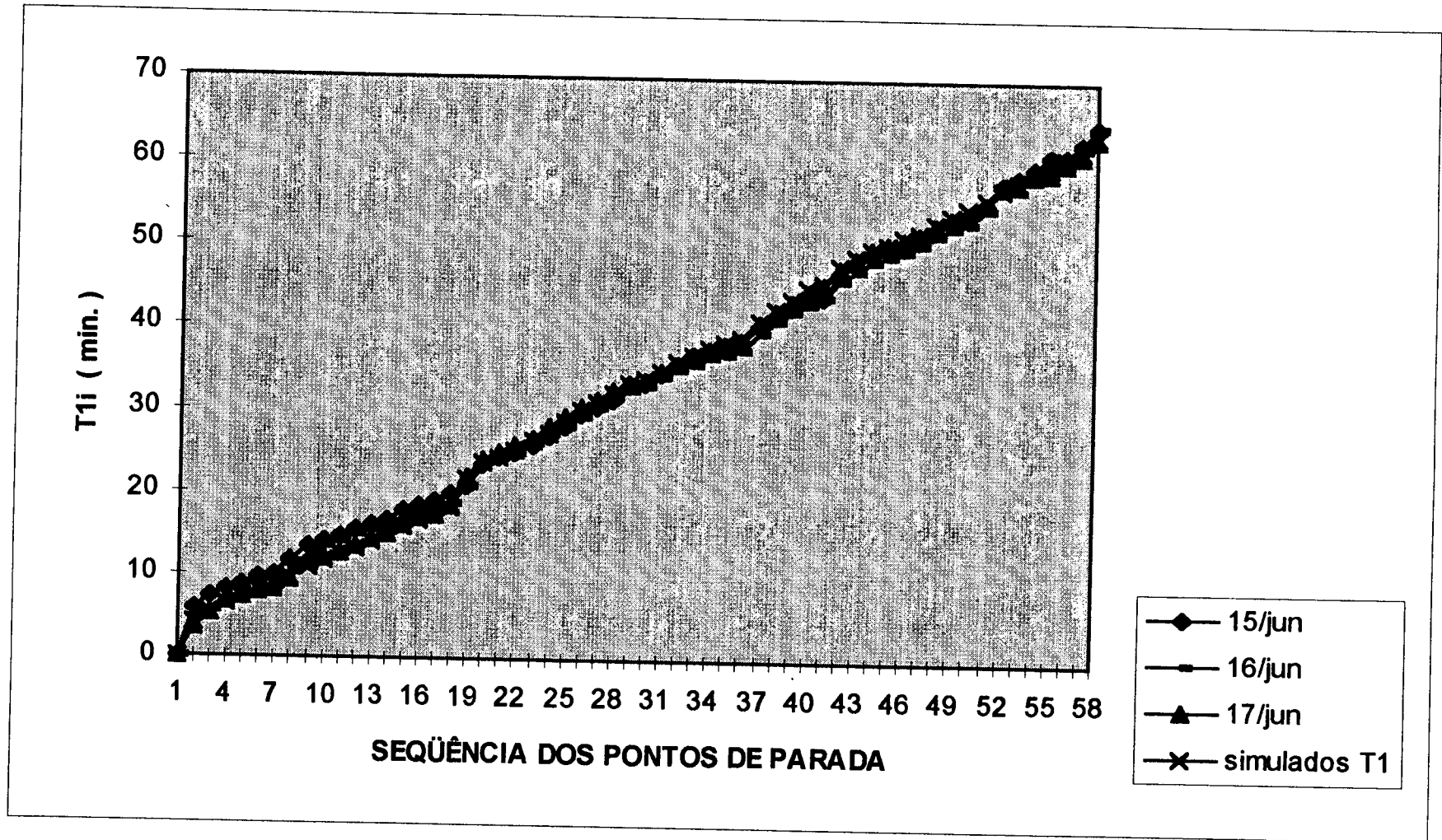


FIGURA 11 - Variação do Tempo T1 ao Longo do Percurso

PUNTO N°	OBSERVADOS			SEMBLADOS (V)
	50%	100%	150%	MODELO (T1)
01	0	0	0	0
02	5,97	4,84	3,60	3,97
03	7,22	5,47	5,40	5,28
04	8,25	7,10	6,62	6,43
05	8,77	7,44	7,24	7,20
06	9,64	8,02	7,84	8,11
07	10,04	8,54	8,32	8,74
08	11,62	10,37	9,47	9,75
09	13,50	12,39	11,49	10,93
10	14,09	13,35	12,09	11,69
11	14,67	14,00	12,67	12,48
12	15,44	14,80	13,44	13,29
13	16,12	15,60	14,27	14,15
14	16,62	16,02	15,00	14,85
15	17,75	16,94	15,99	15,70
16	18,52	17,64	16,89	16,61
17	19,05	17,94	17,39	17,18
18	19,89	18,87	18,39	18,13
19	20,94	20,85	22,02	21,70
20	23,50	23,60	24,10	23,70
21	24,17	24,30	24,75	24,43
22	24,79	24,94	25,64	25,24
23	25,87	26,00	26,69	26,29
24	27,09	27,24	28,12	27,37
25	28,04	28,17	29,15	28,65
26	29,45	29,32	30,50	30,06
27	30,47	30,50	31,39	31,03
28	31,45	31,54	32,49	32,18
29	33,02	32,62	33,50	33,38

QUADRO 14 - Valores do Tempo T<sub>1i</sub> ( min. )

PONTO	OBSERVADOS			BIMEDIOS
	1972	1973	1974	MEDIA 1972-74
30	33,50	33,14	33,82	33,86
31	34,59	34,20	34,92	34,84
32	35,74	35,10	35,80	35,97
33	37,05	35,84	36,72	36,93
34	37,55	36,60	37,60	37,69
35	38,04	36,99	38,12	38,29
36	38,75	37,59	38,65	38,96
37	40,47	39,42	40,80	40,96
38	41,69	41,00	42,29	42,42
39	42,89	42,14	43,39	43,56
40	43,72	43,09	44,57	45,04
41	44,07	43,90	45,30	45,80
42	46,75	45,99	47,37	47,79
43	48,05	47,29	48,67	48,86
44	49,14	48,32	49,84	49,74
45	49,67	49,04	50,44	50,36
46	50,12	49,49	50,87	51,17
47	50,89	50,37	51,59	51,86
48	52,15	51,47	52,62	52,87
49	53,27	52,44	53,55	53,93
50	53,90	53,00	54,14	54,65
51	55,40	54,87	55,35	55,96
52	57,82	58,27	57,42	57,15
53	58,54	58,84	57,84	57,94
54	59,62	59,55	58,84	58,87
55	61,29	60,09	59,30	59,61
56	61,29	61,04	60,30	60,81
57	62,75	62,17	61,15	61,90
58	64,69	64,72	63,30	63,58

QUADRO 14 (CONTINUAÇÃO) - Valores do Tempo T1i ( min. )

## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISE DA DEMANDA**

## **CAPÍTULO 4**

### **→ ANÁLISE DA DEMANDA**

#### **4.1 - MATRIZ ORIGEM-DESTINO**

##### **4.1.1 - EMBARQUES E DESEMBARQUES OBSERVADOS**

No Quadro 15 são apresentados os valores médios horários observados dos passageiros que embarcam e desembarcam nos diversos pontos do percurso. Esses valores correspondem à média dos três dias de levantamento (15, 16 e 17 de junho de 1994) e foram convertidos a valores horários, para o período de 7 - 8 horas da manhã.

No nosso modelo denominamos tais valores respectivamente de  $O_i$  e  $D_j$ .



Ordem	Local	Passageiros Embarcando	Passageiros Desembarcando
01	Terminal	44,0	0,0
02	Assembléia	2,0	0,0
03	Casas da Água	16,0	0,0
04	Instituto	2,0	0,0
05	Della Giustina	4,0	0,0
06	LBA	2,0	0,0
07	Escola Técnica	6,0	0,0
08	BADESC	5,0	0,0
09	INSS/SUS	7,0	0,0
10	Escola Dinâmica	0,0	0,0
11	Praça Celso Ramos	5,0	0,0
12	Escola Autonomia	5,0	0,0
13	Ed. Rui Barbosa	4,0	1,0
14	Entrepasto Baron	3,0	1,0
15	Hospital Infantil	5,0	13,2
16	Escola Geração	1,0	2,0
17	Posto Avenida	5,0	1,0
18	Penitenciária	4,0	2,0
19	Casas da Água	13,0	9,1
20	Cassol	1,0	6,1
21	Bailanta da Ilha	6,0	18,2
22	Pólo Informática TELESC	1,0	5,1
23	Madeira Florianópolis	0,0	6,1
24	Estrada Caminho da Cruz	9,0	4,1
25	Jornal O Estado	0,0	16,2
26	Virgílio Várzea	50,0	12,2
27	Suzuki Lanches	37,0	12,2
28	Praça Osmi Ferreira	59,0	15,2
29	R. do Marfim - C. Infantil	4,0	6,1
30	Rua do Marfim, 157	19,0	2,0
31	Escola Laura Lima	36,0	5,1
32	Móveis Milanez	36,0	8,1
33	Rua do Alecrim, 275	6,0	1,0
34	Supermercado Florêncio	9,0	0,0
35	Suzuki Lanches	7,0	0,0
36	Virgílio Várzea	17,0	0,0
37	Jornal O Estado	2,0	0,0
38	Estrada Caminho da Cruz	8,0	2,0
39	Madeira Florianópolis	2,0	0,0
40	Trevo Saco Grande	4,0	1,0
41	Cassol	0,0	4,1
42	Casas da Água	0,0	25,3
43	Ilhacar	1,0	3,0
44	Posto Avenida	4,0	4,1
45	Casa do Governador	0,0	0,0
46	Hospital Infantil	4,0	4,1
47	Justiça Infantil	6,0	3,0
48	Mansão da Ilha	3,0	8,1
49	Antarctica	1,0	2,0
50	Praça Celso Ramos	0,0	6,1
51	Shopping	5,0	21,3
52	World Car	2,0	11,1
53	Imóveis Pirâmide	3,0	8,1
54	Nino Escapamentos	0,0	8,1
55	Escola Técnica	0,0	17,2
56	Della Giustina	0,0	25,3
57	Instituto	0,0	33,4
58	Terminal	0,0	140,8

\* Valores médios observados nos três dias de levantamento, para período 7 - 8 horas.

**QUADRO 15 - Valores Observados de Passageiros Embarcando e Desembarcando ao Longo da Linha.**

#### 4.1.2 - ESTIMATIVA DA MATRIZ O-D

Duas fontes de informação foram utilizadas para estimar aproximadamente a matriz O-D individualizada a nível de pontos de parada.

Em primeiro lugar, há o conjunto de dados correspondentes aos embarques/desembarques de passageiros ao longo da linha, levantados ponto a ponto durante três viagens diversas ( 3 dias úteis). Esses dados constituem o que, no jargão dos analistas de transporte urbano, se denomina de " pesquisa sobe-desce ". Sendo  $F_{ij}$  o fluxo horário (no período de pico ) entre os pontos  $i$  e  $j$  do percurso, os dados levantados na "pesquisa sobe-desce" representam as somas das linhas e das colunas:

$$O_i = \sum_j F_{ij} \quad \{ i = 1,2,3,\dots,n \} \quad (4.1)$$

$$D_j = \sum_i F_{ij} \quad \{ j = 1,2,3,\dots,n \} \quad (4.2)$$

Em segundo lugar, há informações sobre fluxos entre zonas de tráfego levantados em uma pesquisa de Origem-Destino realizada pelo Núcleo de Transportes (NT) da Prefeitura Municipal de Florianópolis, em abril de 1993. São valores mais agregados, mas que fornecem uma base de cálculo para obtenção da matriz  $F_{ij}$ . No Quadro 16 são apresentados os dados provenientes da pesquisa O-D referida. Esses dados foram desagregados, distribuindo-se os valores na proporção direta dos  $O_i$ 's e  $D_j$ 's levantados na "pesquisa sobe-desce".

Assim, se a zona Z correspondente ao estudo do NT compreende os pontos  $j_1$  e  $j_2, \dots, j_n$  da linha em questão, o fluxo O-D  $F^{(ZL)}$  com origem em Z, foi desagregado da seguinte forma:

$$F_j^{(ZL)} = \left[ \frac{O_i}{\sum_{i \in Z} O_i} \right] \cdot F^{(ZL)} \quad (4.3)$$

Da mesma forma, considerando os m pontos que pertencem à zona de destino L, tem-se:

$$F_{jm}^{(ZL)} = \left[ \frac{D_m}{\sum_{i \in L} D_i} \right] \cdot F_j^{(ZL)} \quad (4.4)$$

Ou seja, os fluxos são desagregados linearmente, de forma dupla, considerando os valores de  $O_i$  e  $D_m$  obtidos na pesquisa sobredesce.

Uma vez desagregados os valores dos fluxos O-D, utilizou-se o método de Fratar (Novaes, 1986, vol.1, secção 3.4.1) para estimar a matriz O-D atual, considerando os 58 pontos de origem e destino. Uma vez ajustada a matriz O-D, foram efetuados cálculos de verificação de forma a testar a validade do ajuste (vide secção 4.1.4, "Matriz O-D Corrigida").

A matriz O-D estimada pelo método Fratar foi arquivada em disco, sendo posteriormente usada nas simulações (são 58 X 58 = 3364 células).

### 4.1.3 - DADOS SOBRE FLUXOS O-D

Considerando os pontos de parada que participam de cada zona de tráfego, foi efetuado um rateio tomando como referência o número de passageiros embarcados em cada ponto. Construiu-se, assim, uma matriz O-D aproximada, ponto a ponto, com dimensões 58 X 58 ( o número de pontos de parada é NP = 58 ). Seja  $F_{ij}$  o elemento da célula ( i, j ) dessa matriz. Somando-se ao longo das colunas tem-se:

$$\hat{O}_i = \sum_{j=1}^{NP} F_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, NP \quad (4.5)$$

e somando-se ao longo das linhas :

$$\hat{D}_j = \sum_{i=1}^{NP} F_{ij}$$

$$j = 1, 2, \dots, NP \quad (4.6)$$

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
01	0		15					60		31	1567			1072
02								20			74			114
03	14							09			79			162
04											237			267
05	07										38			45
06									08	05	33			46
07	08		07								25			70
08	98			21							23			232
09	20		08								120			148
10			13								15			28
11	723	36	51	110	25	40	97	170	93	34	457*			1886
12														140
13														138

FONTE: Prefeitura Municipal de Florianópolis - Núcleo de Transportes Coletivos.

" Pesquisa de Origem e Destino com Passageiros de Ônibus "

Data: 19 de Abril de 1993.

Zonas vide Mapas das Figuras 12 e 13

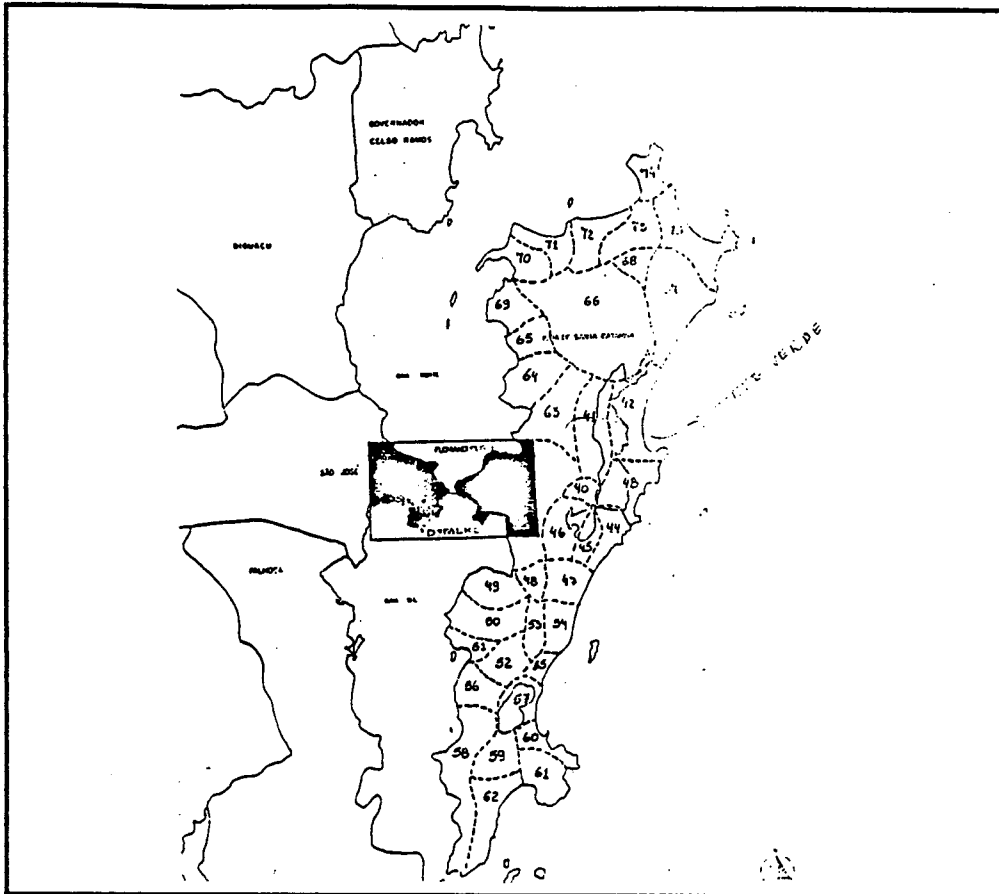
**QUADRO 16 - Matriz O-D por Grupo de Pontos de Parada (Passageiros/dia)**

\* Estas viagens, que começam e terminam dentro da própria zona, quase em sua totalidade, tem continuação, através de uma outra linha de ônibus que segue uma direção diferente daquelas apresentadas pela matriz acima. Aqui, não foi incorporado a avaliação destes movimentos porque o nosso estudo tem o propósito de analisar uma linha de ônibus específica.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>De acordo com "Pesquisa de Origem e Destino com Passageiros de Ônibus" realizada em 19/04/1993, Prefeitura Municipal de Florianópolis -Núcleo de Transporte Coletivo.

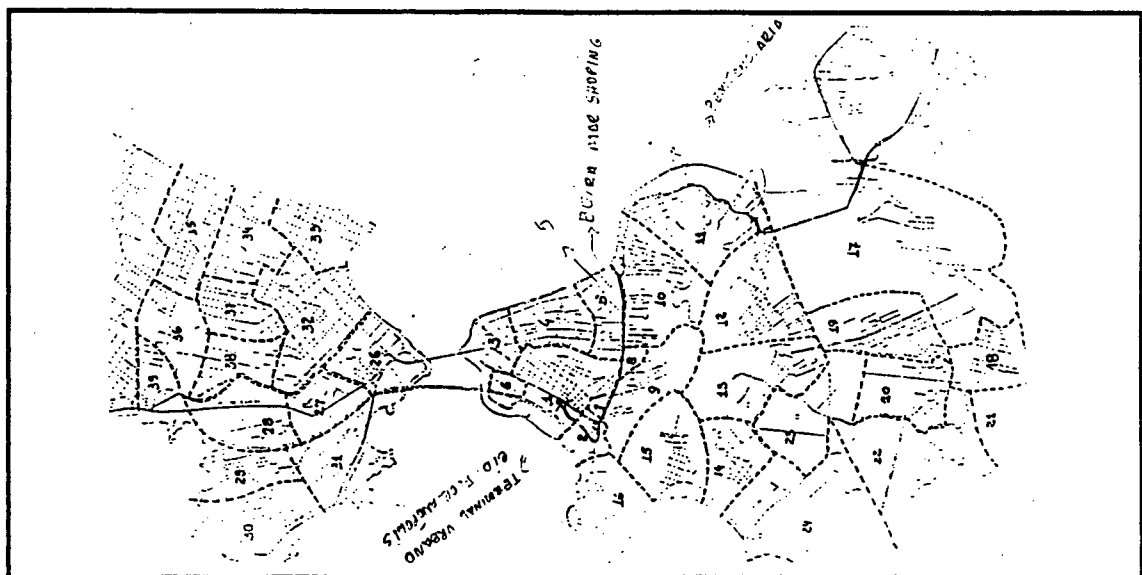
PONTO DE PARADA	LOCAL	ZONA DE LOCALIZAÇÃO DO PONTO	PONTO DE PARADA	LOCAL	ZONA DE LOCALIZAÇÃO DO PONTO
01	Terminal	01	30	Rua do Marfim, 157	63
02	Assembleia	02	31	Escola Laura Lima	63
03	Casas da Água	01	32	Móveis Milanez	63
04	Instituto	07	33	Rua do Alecrim, 275	63
05	Della Giustina	09	34	Superm. Florêncio	63
06	LBA	08	35	Suzuki Lanches	63
07	Escola Técnica	08	36	Virgílio Várzea	63
08	BADESC	10	37	Jornal O Estado	63
09	INSS/SUS	10	38	Est. Caminho Cruz	63
10	Escola Dinâmica	10	39	Mad. Florianópolis	63
11	Praça Celso Ramos	10	40	Trevo Saco Grande	63
12	Escola Autonomia	10	41	Cassol	17
13	Ed. Rui Barbosa	11	42	Casas da Água	12
14	Entrepasto Baron	11	43	Ilhacar	11
15	Hospital Infantil	11	44	Posto Avenida	11
16	Escola Geração	11	45	Casa do Governador	11
17	Posto Avenida	11	46	Hospital Infantil	11
18	Penitenciária	11	47	Justiça Infantil	11
19	Casas da Água	12	48	Mansão da Ilha	11
20	Cassol	17	49	Antarctica	10
21	Bailanta da Ilha	63	50	Praça Celso Ramos	10
22	Pólo Inf. TELESC	63	51	Shopping	05
23	Mad. Florianópolis	63	52	World Car	05
24	Est. Caminho Cruz	63	53	Imóveis Pirâmide	05
25	Jornal O Estado	63	54	Nino Escapamentos	05
26	Virgílio Várzea	63	55	Escola Técnica	05
27	Suzuki Lanches	63	56	Della Giustina	07
28	Praça Osmi Ferreira	63	57	Instituto	07
29	R. Marfim -C. Infantil	63	58	Terminal	01

QUADRO 17 - Zonas de Localização dos Pontos de Parada na Linha "Monte Verde" - Florianópolis/SC



FONTE : Prefeitura Municipal de Florianópolis - Núcleo de Transportes Coletivos.

**FIGURA 12 - Sistemas de Transportes Coletivos de Florianópolis  
Zoneamento de Tráfego**



FONTE : Prefeitura Municipal de Florianópolis - Núcleo de Transportes Coletivos.

**FIGURA 13 - Sistemas de Transportes Coletivos de Florianópolis  
Zoneamento de Tráfego (Detalhe)**

#### 4.1.4 - MATRIZ O-D CORRIGIDA

Utilizou-se, a seguir o método Fratar para estimar uma nova matriz  $F_{ij}$  tal que os erros observados nos valores de  $\hat{O}_i$  e  $\hat{D}_j$  sejam menores ou iguais a um certo limite pré-estabelecido  $\varepsilon$  :

$$|\hat{O}_i - O_i| \leq \varepsilon \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, NP$$

$$\text{e } |\hat{D}_j - D_j| \leq \varepsilon \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, NP$$

Adotando-se  $\varepsilon = 0,1$ , foram necessárias 90 iterações para se obter a convergência com o método Fratar.

#### 4.1.5 - VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

Na figura 14 são mostradas as curvas de carregamento do ônibus ao longo da linha. São representadas as curvas correspondentes aos três dias do levantamento, juntamente com a curva obtida através da matriz O-D ajustada (curva simulada). Observa-se que o ajuste está adequado.



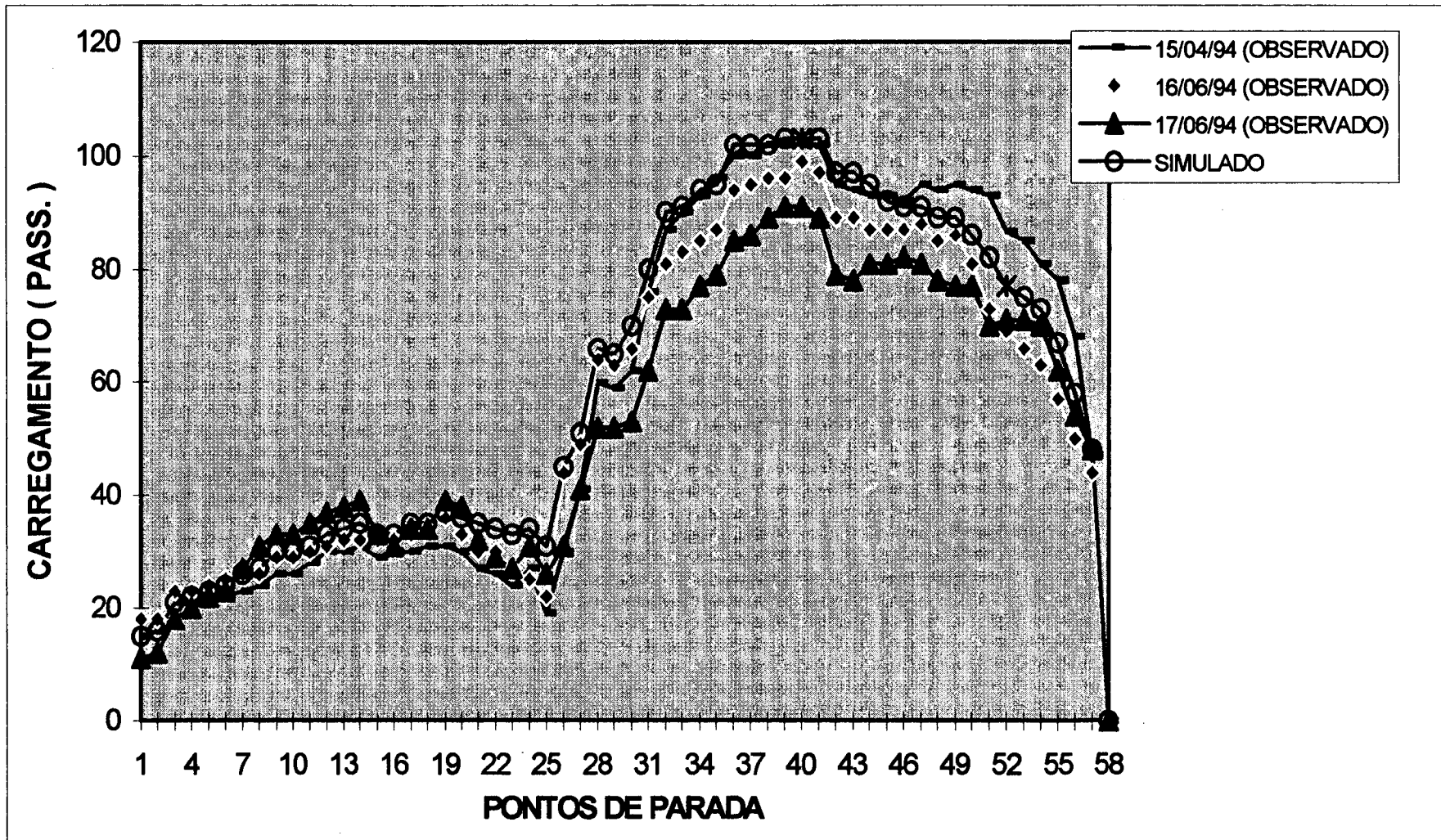


FIGURA 14 - Lotação do Ônibus ao Longo da Linha - Simulado X Observado

Outra verificação foi realizada considerando os movimentos (embarque + desembarque) de passageiros nos diversos pontos de parada e classificando-os em ordem decrescente de movimentação. É o que mostram os Quadros 18 e 19. Nota-se uma correspondência bastante próxima entre os dados observados e os dados simulados.

Número da Parada	Nome da Parada	Movimento		Porcentagem	Porcentagem Acumulada
		Entradas	Saídas		
01	58	139		14.7	14.7
02	28	74		7.8	22.6
03	26	62		6.6	29.1
04	27	49		5.2	34.3
05	32	44		4.7	39.0
06	1	44		4.7	43.6
07	31	41		4.3	48.0
08	57	33		3.5	51.5
09	51	26		2.8	54.2
10	56	25		2.6	56.9
11	42	25		2.6	59.5
12	21	24		2.5	62.1
13	19	22		2.3	64.4
14	30	21		2.2	66.6
15	15	18		1.9	68.5
16	36	17		1.8	70.3
17	55	17		1.8	72.1
18	3	16		1.7	73.8
19	25	16		1.7	75.5
20	52	13		1.4	76.9
21	24	13		1.4	78.3
22	48	11		1.2	79.4
23	53	11		1.2	80.6
24	29	10		1.1	81.7
25	38	10		1.1	82.7
26	47	9		1.0	83.7
27	34	9		1.0	84.6
28	46	8		0.8	85.5
29	54	8		0.8	86.3
30	44	8		0.8	87.2
31	35	7		0.7	87.9
32	33	7		0.7	88.7
33	9	7		0.7	89.4
34	20	7		0.7	90.1
35	18	6		0.6	90.8
36	50	6		0.6	91.4
37	17	6		0.6	92.1
38	7	6		0.6	92.7
39	22	6		0.6	93.3
40	23	6		0.6	94.0
41	12	5		0.5	94.5
42	13	5		0.5	95.0
43	11	5		0.5	95.6
44	8	5		0.5	96.1
45	40	5		0.5	96.6
46	41	4		0.4	97.0
47	5	4		0.4	97.5
48	14	4		0.4	97.9
49	43	4		0.4	98.3
50	16	3		0.3	98.6
51	49	3		0.3	98.9
52	6	2		0.2	99.2
53	2	2		0.2	99.4
54	4	2		0.2	99.6
55	37	2		0.2	99.8
56	39	2		0.2	100.0
57	45	0		0.0	100.0
58	10	0		0.0	100.0

QUADRO 18 - Movimento de Passageiros nos pontos de Parada (Dados Observados)

Ordem Serviço	Ponto Número	Movimento		
		Entrada - Desembarque Passageiros	Transbordo	Saída - Embarque
01	58	141.84	14.8	14.8
02	28	74.81	7.8	22.7
03	26	62.66	6.6	29.2
04	27	49.59	5.2	34.4
05	1	45.04	4.7	39.1
06	32	44.45	4.6	43.8
07	31	41.35	4.3	48.1
08	57	33.68	3.5	51.6
09	51	26.42	2.8	54.4
10	42	25.51	2.7	57.0
11	56	25.50	2.7	59.7
12	21	24.08	2.5	62.2
13	19	22.39	2.3	64.6
14	30	21.16	2.2	66.8
15	15	18.31	1.9	68.7
16	36	17.28	1.8	70.5
17	55	17.06	1.8	72.3
18	25	16.08	1.7	74.0
19	3	15.91	1.7	75.6
20	52	13.07	1.4	77.0
21	24	13.00	1.4	78.4
22	48	11.12	1.2	79.5
23	53	11.06	1.2	80.7
24	29	10.21	1.1	81.8
25	38	9.99	1.0	82.8
26	34	9.14	1.0	83.8
27	47	8.97	0.9	84.7
28	54	8.04	0.8	85.5
29	46	8.02	0.8	86.4
30	44	8.02	0.8	87.2
31	20	7.21	0.8	88.0
32	9	7.15	0.7	88.7
33	35	7.11	0.7	89.5
34	33	7.06	0.7	90.2
35	17	6.14	0.6	90.8
36	50	6.12	0.6	91.5
37	7	6.11	0.6	92.1
38	23	6.03	0.6	92.8
39	22	6.02	0.6	93.4
40	18	6.00	0.6	94.0
41	13	5.00	0.5	94.5
42	40	5.00	0.5	95.1
43	12	4.97	0.5	95.6
44	8	4.97	0.5	96.1
45	11	4.97	0.5	96.6
46	14	4.08	0.4	97.0
47	41	4.08	0.4	97.5
48	43	4.07	0.4	97.9
49	5	3.99	0.4	98.3
50	49	3.02	0.3	98.6
51	16	3.01	0.3	98.9
52	4	2.05	0.2	99.2
53	2	2.04	0.2	99.4
54	37	1.99	0.2	99.6
55	6	1.99	0.2	99.8
56	39	1.99	0.2	100.0
57	45	0.00	0.0	100.0
58	10	0.00	0.0	100.0

QUADRO 19 - Movimento de Passageiros nos pontos de Parada  
(Calculado através da matriz O-D)

Assim, a matriz O-D  $F'_{ij}$ , obtida através da metodologia acima indicada, foi utilizada posteriormente no modelo (a matriz representa fluxos horários para o período 7 - 8 horas).

## 4.2 - TÉCNICAS DE PREFERÊNCIA DECLARADA E SUA APLICAÇÃO AO ESTUDO

### 4.2.1 - INTRODUÇÃO

Na década de 80, foram desenvolvidas pesquisas com base em informações sobre escolhas e preferências dos usuários/consumidores, os chamados modelos de preferência revelada (RP). Nos últimos anos, os modelos de preferência declarada (SP), vieram completá-los.

Os dados do tipo RP são obtidos a partir de escolhas reais dos indivíduos pesquisados. Isto é, os dados expressam o que as pessoas efetivamente fazem ou o que elas afirmam que fizeram nos dias anteriores.

A técnica SP, por outro lado, é desenvolvida mediante um conjunto de dados e situações hipotéticas, sobre os quais os indivíduos processam suas escolhas. Através da medição das preferências é possível estimar o comportamento do consumidor diante das diversas alternativas possíveis.

Segundo Ortúzar & Willumsen (1990), o que distingue os estudos utilizando dados coletados por preferência revelada (RP), dos que utilizam preferência declarada é que, no último caso, os entrevistados são perguntados sobre o que eles fariam em uma situação hipotética. A partir desta premissa, emerge um problema básico com relação às informações obtidas: qual o nível de credibilidade que podemos depositar nas respostas, se no momento de tomar as decisões os indivíduos podem não fazer exatamente aquilo

que disseram que fariam, quando da pesquisa. Neste sentido, para a obtenção de dados confiáveis é necessário que o planejamento e a execução da pesquisa sejam bem cuidados. Para isso, é essencial utilizar adequadamente o instrumental fornecido pela metodologia para cada estudo específico, bem como trabalhar com pesquisadores treinados. A partir de meados dos anos 80, os métodos de coleta de dados tem se aperfeiçoado enormemente, não somente em termos do aparato metodológico, como também, no que se refere aos recursos operacionais, através da informática.

Uma vantagem da pesquisa SP sobre a RP é o fornecimento de um número significativamente maior de informações sobre o conjunto de alternativas avaliadas para cada entrevistado. Isto acontece em razão das várias relações que o entrevistado faz entre os atributos, para realizar sua escolha. Por outro lado, a RP fornece apenas uma informação específica.

Outro problema da RP é que, muito se sabe sobre a alternativa escolhida e nada sobre as que foram rejeitadas. No caso da SP, quando o indivíduo atribui uma escala de valores para as alternativas, ou as coloca em um "ranking", é possível medir os valores relativos da série de atributos.

Várias experiências desenvolvidas comprovam que os dados e as metodologias SP e RP podem ser empregadas de forma complementar, ressaltando-se, assim, as potencialidades das duas. Se por um lado a SP fornece um poderoso instrumento pela introdução de alternativas hipotéticas, através da RP estes dados podem ser comparados a uma situação real.

Em particular, uma vantagem inestimável das técnicas SP é a possibilidade de fornecer dados para modelagem com base em alternativas ainda não existentes.

Uma discussão mais detalhada dos contornos conceituais da pesquisa SP pode ser encontrada em alguns trabalhos, como os de Carvalho (1993) e Efrón (1995).

#### 4.2.2 - MÉTODOS DE PESQUISA JUNTO A CONSUMIDORES/USUÁRIOS

①. Pesquisa de Opinião: obtém-se a opinião do público alvo sobre um determinado assunto em pauta, através de pesquisas diretas. O objetivo é avaliar as expectativas futuras desse público diante de possíveis alterações no quadro presente. Este tipo de estudo pode dar indicação de atitudes esperadas e prováveis tendências, mas não é detalhado ou preciso o bastante para abordar todos os parâmetros envolvidos.

②. Escolha entre pares de alternativas: são indicadas ao entrevistado duas possíveis situações a respeito de um atributo específico, sendo proposta a escolha de uma delas (forma binária) . Outra forma de escolha é através de uma escala simples ( como a escala de cinco pontos -escala semântica- evoluindo de "definitivamente prefere A" até "definitivamente prefere B" ).

③. Simulação de Jogos: neste caso são montados 'cenários' capazes de colocar as pessoas envolvidas diante de situações compatíveis com as que se deseja avaliar. O objetivo é, através da simulação de situações reais, medir a reação das pessoas com relação a mudanças nas bases atuais, ou à implantação de novos



processos. Para que os cenários e as situações sejam os mais realísticos possíveis, é fundamental trabalhar com entrevistadores experientes e a utilização de um material de pesquisa adequado.

①. Orçamento Limitado: a pesquisa é feita usando a combinação de um número de atributos e níveis desejados, admitindo-se, no processo de escolha, que as preferências sejam limitadas por um orçamento dado. As alternativas mostram o custo incremental de se mover de um nível para outro, para cada atributo. O entrevistado busca alocar seus recursos, a partir do seu ponto de vista, de forma a conseguir a melhor alternativa diante das situações apresentadas. Dessa forma, ele irá atribuir valores relativos a cada atributo de acordo com sua preferência.

②. Escolha Experimental: em vez de compor o seu próprio pacote ótimo, os entrevistados recebem um número de pacotes de alternativas (ou opções ) para escolher entre elas. O registro das escolhas podem seguir três formas:

(a) através da ordenação das opções em um "ranking", de acordo com a ordem de preferência. As opções são, geralmente escritas em cartões e os entrevistados tem a liberdade para rearranjá-los mediante critérios próprios.

(b) 'mensuração funcional': os entrevistados marcam cada alternativa sobre uma escala, por exemplo de 1 a 100. Também, pode-se medir ganhos ou perdas de utilidade na troca de um atributo por outro.

(c) escolha simples: os entrevistados recebem um número de conjuntos de alternativas, devendo escolher somente aquela que ele mais preferir.

Esta abordagem tem sido empregada em estudos voltados para as escolhas de modais, rotas, níveis de serviço, etc. Em uma análise de diferentes atributos de um serviço de ônibus, como tarifa, frequência, tempo de viagem, etc, o objetivo é inferir a importância relativa dos entrevistados a cada um destes atributos, a partir de suas escolhas hipotéticas.

#### 4.2.3 - MÉTODOS DE ENTREVISTA

①. Face-a-face: as entrevistas podem ser feitas no veículo, nas residências ou em um lugar qualquer. A vantagem deste tipo de pesquisa é que, estando o entrevistador presente, ele pode explicar e administrar os exercícios aplicados. Outro ponto positivo é o fato de as respostas serem colhidas no ato. Isto retira do entrevistado a obrigação de ter que enviar, posteriormente, os resultados ao pesquisador e, elimina também, a possibilidade do esquecimento de responder à entrevista. Porém, são necessários entrevistadores treinados e, com isto, os custos da pesquisa podem ser elevados.

②. Envio de questionários: os questionários da pesquisa são enviados pelo correio, fax, etc. ao público de interesse e espera-se o retorno. As vantagens deste método são a redução dos custos e a cobertura de um percentual maior da amostra. Por outro lado, as questões devem ser mais simplificadas, uma vez que o entrevistador

não está presente para esclarecer às dúvidas; também perde-se um pouco o controle de qualidade no ato das respostas e, ainda, deve-se ressaltar que uma taxa relativamente baixa dos questionários enviados retornam ao pesquisador.

①. Forma Híbrida entre '1' e '2': envia-se o material pelo correio e, posteriormente, telefona-se para a pessoa para efetivar a entrevista. ( Jones, 1991).

#### 4.2.4 - PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

Um ponto importante a considerar é a seleção da amostra (composição e tamanho). Pode ser do tipo exaustivo, abrangendo toda a população ou pode-se definir um estrato para a aplicação do experimento. Quando o último caso é utilizado, deve-se fazer correções para que as decisões das pessoas daquele estrato não sejam superestimadas, em detrimento de todo o grupo.

Os estudos fundamentados em SP requerem uma amostra menor que os do método RP. Isto acontece porque os experimentos SP são estatisticamente mais eficientes (Ortúzar & Willumsen, 1990).

A definição do número de atributos (a) e de níveis (n) que cada um pode assumir, é determinado pela relação: " $n^a$ " -de acordo com o princípio da ortogonalidade, garantindo independência entre as opções para evitar o efeito de colinearidades entre as variáveis. Altos níveis de colinearidade reduzem a exatidão dos efeitos determinados sobre cada variável. Portanto, os níveis dos atributos devem ser definidos, de forma que a correlação entre eles

seja zero (Fowkes, 1991). O resultado desta combinação fornecerá o número de alternativas que serão apresentadas aos entrevistados.

É preciso atentar para que o conjunto de informações apresentadas na pesquisa não seja tão complexo, a ponto de comprometer o interesse e, principalmente, a compreensão do entrevistado.

De acordo com Ortúzar & Willumsen (1990), um dos elementos principais de uma pesquisa do tipo SP é a obtenção de um conjunto de opções hipotéticas, tecnologicamente possíveis e baseadas em situações realísticas. A definição das mesmas é feita a partir dos fatores que possuem maior influência sobre os problemas da escolha. Considerando experiências práticas anteriores, recomenda-se contemplar, no mínimo, os seguintes estágios em uma pesquisa do tipo SP:

1. Identificar a faixa de variação das escolhas dos atributos a serem considerados ( por exemplo, quais opções e a que nível de desagregação -particularmente aqueles sob controle do analista ) e seus níveis desejáveis de variação.

2. Projetar uma versão inicial do experimento e do instrumento de pesquisa (um questionário, por exemplo). Usando dados simulados, checar se o projeto permite analisar todos os parâmetros do modelo a ser implementado.

3. Aplicar a versão prévia do instrumento de pesquisa, usando uma pequena amostra estratificada, com o fim de considerar a opinião do maior número possível de setores interessados da população.

①. Avaliar os resultados da versão prévia, considerando a qualidade do instrumento de pesquisa e a qualidade intuitiva das respostas obtidas no extrato da população; fazer as correções antes de sua implementação.

#### **4.2.5 - A APRESENTAÇÃO DA PESQUISA AO ENTREVISTADO**

Na busca de respostas realísticas dos entrevistados é importante apresentar os atributos de forma similar ao que é familiar aos mesmos. Além de dar considerável atenção à qualidade gráfica do material, é necessário trabalhar com entrevistadores treinados, tanto sobre o assunto em questão, para solucionar as dúvidas, quanto no tratamento com o público (ser capaz de usar de sutileza para que as pessoas se envolvam na pesquisa e dêem respostas conscientes) .

#### **4.2.6 - ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS**

As técnicas mais utilizadas para a decomposição do total das utilidades, em utilidades individuais, são as seguintes (Jones, 1991):

①. NAIVE, ou método gráfico, toma como base o princípio de que cada nível de cada atributo, geralmente, aparece de forma igual em um experimento padrão. Por conseguinte, algumas indicações da utilidade relativa de cada nível podem ser obtidas através de um "ranking" médio, taxa ou escolha de um "score" para cada opção em que aquele nível esteja incluído e, então, compara-os com as médias similares para outros níveis e atributos. Como o método não está

fundamentado sobre qualquer teoria estatística, não é possível extrair indicações sobre a qualidade e consistência dos resultados neste sentido.

④. MONANOVA ( MONotonic ANalysis of VARIance ): é uma técnica de decomposição estatística desenvolvida para analisar a ordenação do total das preferências obtidas em um experimento SP. O método usa o princípio "stress-minimisation" para se chegar a uma solução ótima, que mais se aproxima com uma ordenação feita pelo entrevistado. Usa-se um algoritmo iterativo. O método é aplicado para cada resposta individual, separadamente. Portanto, não fornece um ajuste de boa qualidade para o total, a ser usado no modelo. Ele também é muito restritivo em termos de especificação da utilidade e para predição de modelos.

⑤. Técnicas de regressão: é a mais largamente usada em transportes. Na análise de dados SP, emprega-se o princípio dos mínimos quadrados para decompor as taxas de preferência ( ou ordenar os números em um "ranking" ) em preferências individuais para os atributos, separadamente. Neste sentido, o modelo visa produzir as utilidades individuais que minimizem a soma das diferenças ( ao quadrado ) entre as taxas de preferência preditas pelo modelo e as advindas das respostas das entrevistas.

⑥. Modelos Logit e Probit: embora fossem, originalmente, destinados a análises de dados de escolha discreta, estes métodos podem ser aplicados a qualquer tipo de mensuração de preferência, como classificação, ordenação e escolha da informação. Escolha de experimentos podem ser analisados diretamente; a ordenação ("ranking") de respostas pode ser analisada pela transformação

('explosão' ) das classes em um conjunto de grupos de escolha. A classificação pode ser tratada como o peso que a escolha possui. A estimação é baseada sobre o princípio estatístico de maximização da função de verossimilhança. Embora o método "probit" seja mais geral que o "logit", ele é menos usado devido à alta complexidade numérica e à falta de 'software' conveniente. Estes métodos são propícios à especificação de funções não-lineares e, também permitem o uso conjunto de variáveis explanatórias discretas e contínuas.

#### 4.2.7 - ANÁLISE DOS DADOS

No momento de análise dos dados obtidos através da pesquisa SP, as preferências são decompostas em utilidades individuais de forma a separar os atributos incluídos no experimento. Com isto, pode-se estabelecer o efeito relativo de cada atributo na função utilidade total.

Analisando a forma em que os indivíduos atribuem valor à utilidade utiliza-se, normalmente, um modelo linear, onde a combinação dos atributos é aditiva. Assim, podemos definir uma especificação matemática:

$$U = \sum_{i=1}^n \beta_K \cdot X_{iK} \quad (4.7)$$

onde:

$U_i$  ⇨ utilidade da opção  $i$ ;

$X_{ik}$  ⇨ valor do atributo  $k$  para o indivíduo  $i$ ;

$\beta_k \Leftrightarrow$  coeficientes do modelo.

Os coeficientes do modelo podem ser usados para os seguintes fins:

- ①. determinar a importância relativa dos atributos incluídos no estudo;
- ②. determinar valores monetários para os atributos;
- ③. determinação de valores de tempo para formulação do custo generalizado;
- ④. especificação da função utilidade para a predição de modelos;
- ⑤. determinar as elasticidades da demanda;
- ⑥. criar modelos de demanda desagregada para alternativas que ainda não existem. (Kroes, 1991).

#### **4.2.8 - PESQUISA SP NA LINHA DE ÔNIBUS EM ESTUDO**

##### **4.2.8.1 - PESQUISA DE RECONHECIMENTO**

No nosso caso, foram feitas visitas de reconhecimento à linha, a fim de observar as características mais marcantes dos usuários e do sistema de transporte coletivo. Além das próprias observações, propunha-se uma conversa informal com os usuários sobre questões que envolviam a linha em estudo e o sistema em si. Abordava-se, principalmente, os horários e a frequência das



viagens; o motivo da viagem; o que era positivo e o que era negativo no sistema.

Estas visitas foram feitas no bairro de origem ( Monte Verde, Florianópolis/SC ), onde de acordo com o levantamento sobe-e-desce, se concentrava o maior número dos usuários da linha. Foram escolhidas as paradas de maior movimentação para a abordagem dos viajantes. O período de entrevistas foi o mês de agosto de 1994, no horário de 7 às 8 horas da manhã.

As abordagens sempre aconteciam da forma mais simples e sutil possível. Chamava-se a atenção para detalhes aparentes a todos e, em seguida, ouvia-se os comentários dos usuários, dando espaço para que eles fornecessem o maior número de informações, a partir do seu ponto de vista.

Dentre os principais pontos levantados pelos usuários podemos citar:

\_ 'Poucos ônibus na linha no horário de pico';

\_ 'Ônibus superlotado no horário de pico. Para os que viajam com crianças ou compras, é impossível tomar o ônibus nestes horários.'

\_ 'Ônibus fica lotado já nos primeiros pontos e não pára nos demais.'

\_ 'Gasta-se muito tempo somente nos deslocamentos (somando tempo de espera, tempo a pé e tempo de viagem).'

\_ 'A distribuição dos horários não casa com o que a maioria dos usuários precisariam para chegar ao trabalho na hora certa - perde-se tempo: ou chegam muito cedo no destino ou sempre atrasados.'

\_ 'Como os ônibus partem do centro, não passam em um horário exato no bairro.'

\_ 'Os ônibus andam em alta velocidade em locais que oferecem riscos.'

\_ 'Os assentos não são confortáveis.'

\_ 'Tarifa elevada se comparada com o nível de serviço oferecido.'

\_ 'Necessidade de melhor formação do pessoal'

\_ 'Necessidade de melhoria no controle do sistema por parte do poder concedente'.

As informações obtidas com estas visitas de reconhecimento foram usadas juntamente com tópicos apontados em estudos anteriores -como tempo de espera, tarifa (Ortúzar & Willumsen, 1990)- na elaboração de um questionário para a pesquisa prévia.

#### **4.2.8.2 - PESQUISA PRÉVIA**

A composição da amostra foi a mesma da pesquisa anterior: todos os passageiros embarcando no bairro, linha "Monte Verde", Florianópolis/SC, no horário de pico da manhã.

A finalidade da pesquisa prévia foi apresentar ao entrevistado, de uma forma organizada (através do questionário, mostrado no Quadro 20), os atributos já discutidos na literatura, juntamente com aqueles levantados no momento das visitas de reconhecimento e, através da ordenação dos mesmos, checar quais os mais importantes na opinião do usuário. Por outro lado, a pesquisa prévia visava traçar um perfil da demanda, de acordo com características sócio-econômicas: idade e sexo, nível de renda, motivo da viagem, número de viagens por dia.

## UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

## QUESTIONÁRIO PARA APLICAÇÃO

Percepção do usuário com relação às características do nível de serviço do transporte coletivo urbano por ônibus.

ENTREVISTA NO. \_\_\_\_\_ LOCAL: \_\_\_\_\_  
LINHA: \_\_\_\_\_

1- SEXO:

( ) MASCULINO ( ) FEMININO

2 - IDADE: \_\_\_\_\_

3 - NÍVEL DE RENDA:

A. ( ) até 1 salário mínimo B. ( ) de 2 a 3 sal. mínimos.  
C. ( ) de 4 a 5 sal. mínimos D. ( ) de 5 a 6 sal. mínimos.  
E. ( ) mais de 7 salários mínimos.

4 - MOTIVO DA VIAGEM:

( ) Escola ( ) Trabalho ( ) Compras ( ) \_\_\_\_\_

5 - NÚMERO DE VIAGENS POR DIA:

( ) 1 viagem ( ) 2 ( ) de 3 a 4 ( ) mais de 4

6 - QUANTAS QUADRAS CAMINHA ATÉ À PARADA DE ÔNIBUS? \_\_\_\_\_

7 - QUANTO TEMPO ESPERA NO PONTO DE ÔNIBUS? \_\_\_\_\_ minutos.

8 - QUAL O PONTO DE DESCIDA (DESEMBARQUE)? \_\_\_\_\_

9 - COLOQUE EM ORDEM DE PREFERÊNCIA (1°, 2°, 3°, ETC...), AS CARACTERÍSTICAS REFERENTES AO SERVIÇO DE ÔNIBUS A SEGUIR:

- A. ( ) distância entre os pontos de parada  
B. ( ) número de ônibus que passam pelo ponto por hora  
C. ( ) tempo de espera nos pontos de parada  
D. ( ) regularidade nos horários (não atrasa)  
E. ( ) acessibilidade ( localização do ponto de parada)  
F. ( ) número de passageiros em pé no interior do ônibus  
G. ( ) conforto (temperatura, ventilação, ruído, vibração)  
H. ( ) tempo de viagem  
I. ( ) tarifa  
J. ( ) assentos confortáveis  
L. ( ) outros (sugestões) \_\_\_\_\_  
M. ( ) \_\_\_\_\_

Foram entrevistadas 34 pessoas, sendo que destas, 24 viajavam a trabalho e 10 por motivos de escola, compras, saúde, etc. Do total, 17 eram do sexo feminino e 17 do sexo masculino. O nível de renda de 85% dos entrevistados se situava na faixa de 0 a 3 salários mínimos. E, ainda, 70% viajam até 2 vezes por dia. (Ver anexo 01 "Resultados da Pesquisa Prévia").

Os resultados referentes à ordenação dos atributos de acordo com a preferência, são mostrados no Quadro 21. Já os resultados por categoria de usuários podem ser conferidos no anexo 01.

SEQUENCIA DOS ATRIBUTOS DO SERVIÇO DE ÔNIBUS DE ACORDO COM A PREFERÊNCIA TOTAL DAS ENTREVISTADAS												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1°		10	9	6		6	2	1	1	1	1	1
2°	1	9	8	2	4	5	2	1		3		1
3°	3	4	6	7	2	3	3	1	1	1	1	
4°	2	3	1	5	1	7	3	1		1	3	
5°	2	1	4	5	4		6	2	5	2	2	
6°	2	1	4	5	3	5	1	4	2	5		
7°	4	2		1	6		4	3	6	5	2	
8°	5	3	2		5	1	5	4	5	4		
9°	8		1		6	1	5	8	2	2	1	
10°	4				2	2	4	3	11	7	2	
11°	3				1			5	1	2	1	
12°												

**QUADRO 21 - Resultados da Ordenação dos Atributos Referentes ao Serviço de Ônibus Urbano**

No momento da pesquisa observou-se certa dificuldade por parte dos entrevistados em comparar e ordenar os atributos apresentados no questionário (item 9). Devido ao número elevado de alternativas, os entrevistados elegiam as que eles consideravam de maior importância, não se empenhando na ordenação precisa das demais. Prestando atenção às atitudes destes indivíduos, notou-se que às vezes não estava bem claro o grau de importância que diferenciava cada um dos últimos atributos; ou o ato de tomar decisões sobre múltiplas opções, tornava-se cansativo e confuso. Porém, com relação às escolhidas nos primeiros lugares, percebia-se firmeza na escolha.

Neste ponto, exigia-se a perícia do entrevistador para esclarecer as dúvidas e ajudar o entrevistado a se colocar em cada situação que envolvesse o atributo. Uma maneira de auxiliar, era mostrando exemplos reais, sem induzir as respostas.

Os entrevistados não estavam acostumados a serem abordados com pesquisas abrangentes, o que já lhes causava certa dificuldade. Em sua maioria, não são pessoas habituadas a discutir ou dar opiniões de forma elaborada.

Um fato notado na pesquisa prévia foi a rejeição ao uso da *caneta*. Sendo um questionário, o indivíduo deveria escolher um dos itens das questões de múltipla escolha, escrever um número em duas e ordenar uma. O fato é que, simplesmente, registrar de "próprio punho" alguma coisa, mesmo que seja um "X" ou um número, foi percebido como um fator inibidor desses indivíduos. De acordo com as observações feitas "in loco", tal comportamento se deve ao medo de comprometimento, à "preguiça de ficar escrevendo" (como

declarado por um entrevistado), etc. Uma opção para este problema seria o próprio entrevistador registrar as respostas. O inconveniente, neste sentido, é dar uma visão de "interrogatório", onde o indivíduo não teria o 'seu tempo' para fazer a análise; ainda, fica a impressão de que ele está sendo chamado a prestar contas ou ser argüido (como na escola).

A solução foi colocar o próprio indivíduo para responder e o entrevistador assistí-lo bem de perto, prestando-lhe o devido esclarecimento quando houvessem dúvidas.

Estas questões foram importantes para a formulação da pesquisa de preferência declarada. Nesse momento notou-se quais eram as dificuldades mais freqüentes dos entrevistados na visualização das questões propostas (por exemplo, com relação ao material de pesquisa e o tipo de abordagem feita pelo entrevistador).

Tais observações foram indicativas para a escolha do método de pesquisa e entrevista e para a elaboração do material utilizado na SP.

#### **4.2.8.3 - MONTAGEM DA PESQUISA SP**

Delimitou-se uma amostra dentro da linha de ônibus escolhida para o desenvolvimento da pesquisa. Foi definido o pico da manhã (no horário de 7 às 8 horas), considerando-se os usuários viajando a trabalho. Adotou-se as viagens a trabalho, em primeiro lugar porque estes usuários são cativos do sistema e, em segundo, porque

representam 85 % da demanda neste horário (dados fornecidos pelo Núcleo de Transportes da Prefeitura Municipal de Florianópolis<sup>3</sup>).

A escolha dos atributos para a composição da pesquisa SP foi feita mediante os resultados da pesquisa prévia. O Quadro 21, que apresenta os resultados das escolhas dos usuários, aponta a preferência pelos atributos relacionados à frequência dos ônibus, ao tempo e à lotação.

Considerando estes atributos como os mais importantes para os usuários, o passo seguinte na elaboração da pesquisa SP, foi a definição do método de pesquisa e entrevista e, em seguida, a montagem do material a ser apresentado ao entrevistado.

O método de pesquisa usado foi o do tipo 'escolha experimental', pois buscava-se medir, dentro das alternativas indicadas, a ordem de preferência e os ganhos ou perdas de utilidade entre elas (importância relativa dos atributos). E, com isto, obter os coeficientes de ponderação dos atributos e os valores monetários dos mesmos. Optou-se pela utilização de jogos de cartões, estando registrada em cada um, uma combinação dos atributos, em níveis diferenciados (item 4.2.2 letra "a").

Na definição do método de entrevista pensou-se, à princípio, em enviar questionários às residências (após confirmar que a pessoa estava dentro da amostra pré-definida) ou entregá-los aos usuários nas paradas do ônibus. O recolhimento dos resultados seria feito

---

<sup>3</sup> De acordo com "Pesquisa de Origem e Destino com Passageiros de ônibus", realizada em 19 de abril de 1993, pelo Núcleo de Transportes da Prefeitura Municipal de Florianópolis - dados referentes à Linha 'Monte verde'.



posteriormente, ou nas próprias residências, ou montar-se-ia um posto de coleta nas paradas, esperando que eles devolvessem.

Notou-se, porém, a partir da pesquisa prévia, que este procedimento não seria o mais indicado, devido às particularidades apresentadas pelo público alvo no contexto de uma pesquisa de opinião e, de acordo com as razões acima mencionadas.

Desta forma, o método de pesquisa que foi considerado adequado para este caso foi o do tipo "a" (item 4.2.3), ou seja, a entrevista "face-a-face". Diante do risco de se obter uma amostra pequena, avaliou-se que não haveria este problema, pois um número satisfatório poderia ser conseguido com uma extensão do período destinado às entrevistas.

Os atributos considerados são em número de quatro: conforto (lotação do ônibus), tempo gasto na viagem, frequência e a tarifa.

Para cada atributo, foram definidos três níveis:

● CONFORTO :

traduz o nível de serviço oferecido. É medido pela ocupação do veículo<sup>4</sup>.

Conforto 1: oferecendo um nível de serviço onde todos os passageiros viajam sentados, com uma qualidade de serviço "excelente".

---

<sup>4</sup>A classificação da qualidade de serviço em "excelente", "bom" e "superlotado", está de acordo com a apresentada em TTC (1986).

Conforto 2: definido pela ocupação à proporção de 1 passageiro em pé para 3 sentados -ou seja, considerado como um nível de serviço "bom".

Conforto 3: determinou-se para este nível uma ocupação de 1 passageiro sentado para 1,6 em pé, o que de acordo com TTC (1986) caracteriza a qualidade do serviço oferecido, a uma categoria acima do "superlotado" (que seria de 1,4 passageiros em pé para 1 sentado). O nível de conforto 3 foi definido conforme esta última proporção porque, como mostra a figura 14 (secção 4.1.5), a lotação do ônibus ao longo da linha estudada (no horário mencionado) alcança tal patamar.

#### ● TEMPO GASTO NA VIAGEM :

considerou-se como tempo total gasto no deslocamento do usuário, o tempo que ele despense de sua casa até ao ponto de desembarque do ônibus - incluindo tempo a pé, de espera na parada, e o tempo de percurso no veículo.

Tempo Gasto 1: considerou-se o tempo a pé somado ao de espera na parada de ônibus igual a 5 minutos, mais 15 minutos gastos no percurso, perfazendo um total de 20 minutos.

Tempo Gasto 2 : aqui o usuário despenderia 35 minutos no seu deslocamento ( de casa até à parada de destino). Sendo, 10 minutos gastos andando a pé e de espera, mais 25 minutos no percurso.

Tempo Gasto 3 : no total de 45 minutos, incluiu-se 10 minutos para o tempo a pé e espera, mais 35 minutos no percurso do ônibus.

• FREQUÊNCIA :

mede o número de ônibus que passam em uma dada parada; diretamente relacionado com o espaço de tempo entre a passagem de dois veículos sucessivos - o chamado "headway".

Frequência 1 : a cada 10 minutos.

Frequência 2 : a cada 20 minutos.

Frequência 3 : a cada 40 minutos.

• TARIFA :

determinada a partir da avaliação do nível de serviço oferecido por cada opção, definida pelo conjunto dos atributos considerados no experimento, tomando como parâmetro a tarifa vigente na linha, que era de CR\$ 0,30 (trinta centavos de real). Estabeleceu-se um teto máximo de CR\$ 0,50, para o melhor serviço; CR\$ 0,40 para um serviço um pouco inferior ao primeiro; CR\$ 0,30, para um serviço considerado equivalente ao prestado pela linha; e, CR\$ 0,20, para o serviço mínimo proposto pelo estudo.

Tomando os atributos (a) e os respectivos níveis (n), já definidos acima, fez-se as combinações entre eles:

$$d' = 3^3 = 27 \quad (4.8)$$

Como discutido anteriormente, um número elevado de itens envolvidos em um processo de escolha, poderia prejudicar a tomada de decisão devido à dificuldade de se comparar todas as informações. Tomando como parâmetro os resultados do item nove do questionário prévio (item 4.2.8.2) e outros estudos anteriores

(Carvalho, 1993; Efrón, 1995), considerou-se como razoável, uma composição de seis jogos com cinco cartões cada um.

A composição dos jogos de cartões foi feita de forma a apresentar cinco alternativas distintas, do ponto de vista do nível de serviço oferecido, com uma distribuição dos atributos mais ou menos eqüitativa. Para se obter um número exato de trinta cartões, foi necessária a repetição de três deles nos diferentes jogos.

Tendo definido os atributos e os respectivos níveis, partiu-se para a elaboração do material a ser apresentado aos entrevistados. Nesse ponto, foram consideradas as observações feitas na pesquisa prévia com relação ao comportamento das pessoas frente a uma pesquisa de opinião, combinando-as em função da metodologia específica da SP.


Como o ambiente para o desenvolvimento da pesquisa deveria ser as paradas de ônibus, foram levados em conta: o processo de chegada das pessoas ao local, que, de acordo com as observações nas etapas anteriores, era de, aproximadamente, um intervalo médio de 10 minutos antes da chegada do ônibus; o horário (entre 7 e 8 horas da manhã) e ainda, as características do público alvo, já mencionadas. Neste sentido, a preocupação foi apresentar o material da forma mais clara possível, para que o indivíduo ao recebê-lo, não dispendesse muito tempo na compreensão do que estava sendo proposto.

Dessa forma, buscou-se uma composição enxuta, colocando uma parte escrita em letras grandes e destacadas (negrito) e um desenho esquemático para representar o atributo conforto. Optou-se por

fazer uma figura, primeiro, para chamar a atenção de imediato para o tema; segundo, e o mais importante, demonstrar ao entrevistado, na forma mais próxima possível à situação real, o que seria conforto. Colocando-se na posição do indivíduo na parada, chegou-se à representação da lotação do ônibus através de corte lateral da figura.

Cada grupo de cartões foi identificado com uma cor. Por um lado, esta medida facilita o manuseio rápido dos mesmos, sem correr o risco de trocar as alternativas; por outro lado, o colorido dos papéis causa um efeito psicológico positivo nas pessoas, funcionando como um atrativo.

Finalmente, definiu-se o seguinte projeto esquemático para os cartões :

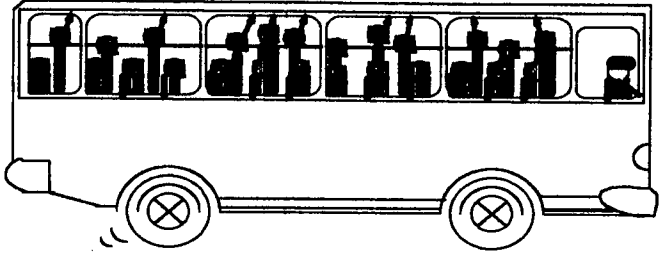
CONFORTO: (NÍVEL)	TEMPO GASTO: (NÍVEL)	FREQUÊNCIA: (NÍVEL)	TARIFA
	TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA): ? + NO ÔNIBUS: ?  TEMPO TOTAL: ?	A CADA  ? MINUTOS	(R\$) ?

**FIGURA 15 - Projeto Esquemático dos Cartões para a Pesquisa SP**

Os grupos de cartões serão apresentados a seguir:

☉ GRUPO VERDE :

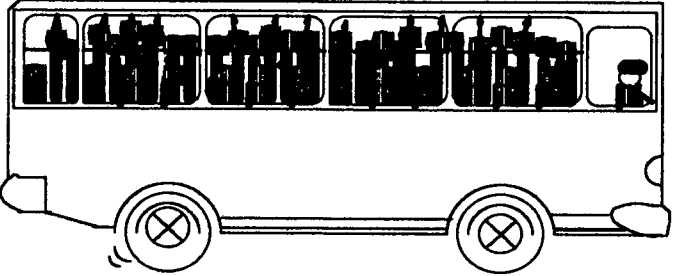
211

CONFORTO 2: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 1	FREQUÊNCIA 1	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus with a driver at the front. The interior is filled with numerous small black rectangles representing passengers standing. The bus has two wheels shown at the bottom.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 5 minutos. + NO ÔNIBUS: 15 min.  TEMPO TOTAL: 20 min.</p>	<p>A CADA  10 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 50</p>

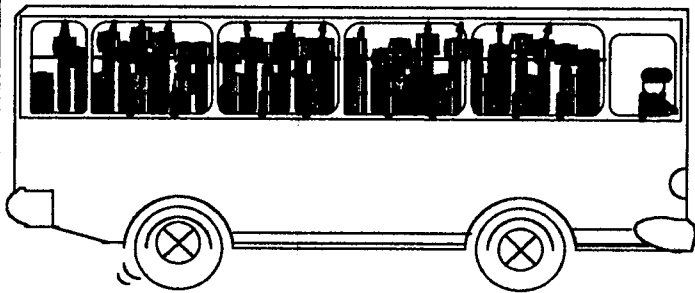
122

CONFORTO 1: TODOS SENTADOS	TEMPO GASTO 2	FREQUÊNCIA 2	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus with a driver at the front. The interior has fewer passengers, each represented by a small black rectangle sitting in a seat. The bus has two wheels shown at the bottom.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. +NO ÔNIBUS:25 min.  TEMPO TOTAL:35 min.</p>	<p>A CADA  20 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 40</p>

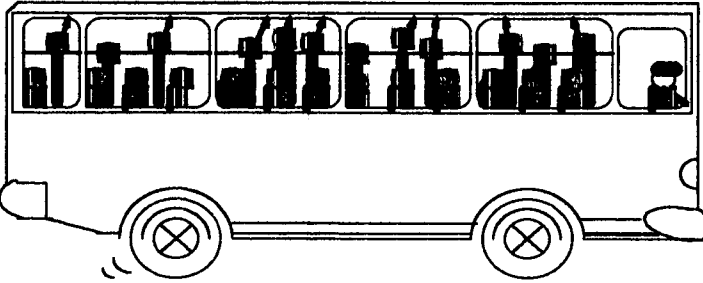
323

CONFORTO 3: "VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 2	FREQUÊNCIA 3	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 25 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 35 min.</p>	<p>A CADA 40 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 20</p>

313

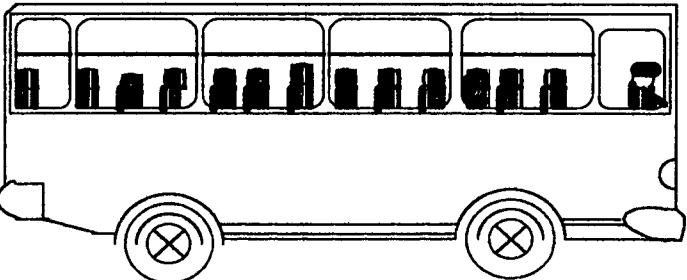
CONFORTO 3: "VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 1	FREQUÊNCIA 3	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 5 minutos. + NO ÔNIBUS: 15 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 20 min.</p>	<p>A CADA 40 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 30</p>

222

CONFORTO 2: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 2	FREQUÊNCIA 2	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus. The interior is filled with numerous small black rectangles representing passengers standing. A driver is visible at the front. The bus has two wheels shown at the bottom.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 min. + NO ÔNIBUS: 25 min.  TEMPO TOTAL: 35 min.</p>	<p>A CADA 20 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0,30</p>

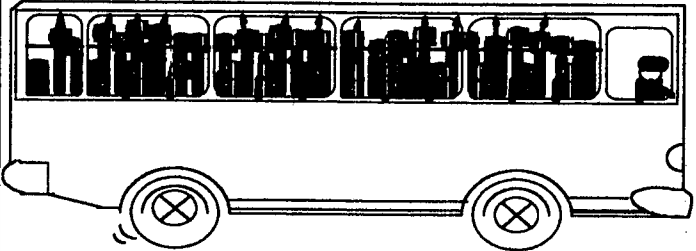
➊ GRUPO VERMELHO :

123

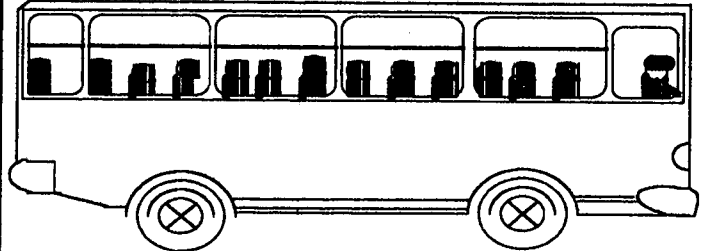
CONFORTO 1: TODOS SENTADOS	TEMPO GASTO 2	FREQUÊNCIA 3	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus. The interior shows passengers sitting in rows of seats. A driver is visible at the front. The bus has two wheels shown at the bottom.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. +NO ÔNIBUS: 25 min.  TEMPO TOTAL: 35 min.</p>	<p>A CADA 40 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 30</p>



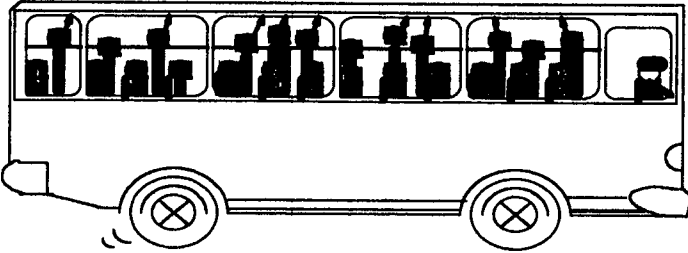
333

CONFORTO 3: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 3	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus. The interior is filled with numerous small black rectangles representing passengers standing. A driver is visible in the front seat. The bus has two wheels shown at the bottom.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 35 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 45 min.</p>	<p>A CADA  40 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 20</p>

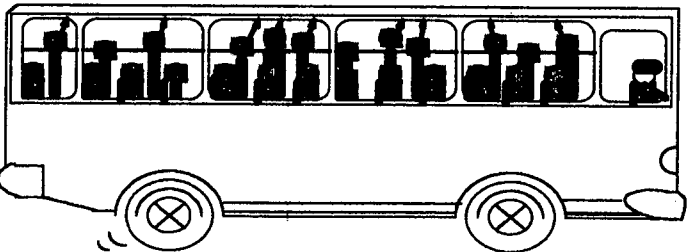
111

CONFORTO 1: TODOS SENTADOS	TEMPO GASTO 1	FREQUÊNCIA 1	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus. The interior shows passengers sitting in rows of seats. A driver is visible in the front seat. The bus has two wheels shown at the bottom.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 5 minutos. +NO ÔNIBUS: 15 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 20 min.</p>	<p>A CADA  10 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 50</p>

231


CONFORTO 2: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 1	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 35 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 45 min&gt;</p>	<p>A CADA 10 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 30</p>

212

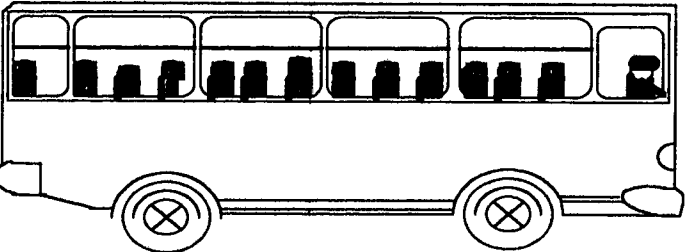
CONFORTO 2: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 1	FREQUÊNCIA 2	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 5 minutos. + NO ÔNIBUS: 15 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 20 min</p>	<p>A CADA 20 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 40</p>

☉ GRUPO AMARELO :


311

CONFORTO 3: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 1	FREQUÊNCIA 1	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus. The interior is filled with numerous small black rectangles representing passengers standing. A driver is visible in the front seat.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 5 minutos. + NO ÔNIBUS: 15 min.  TEMPO TOTAL: 20 min.</p>	<p>A CADA  10 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 40</p>

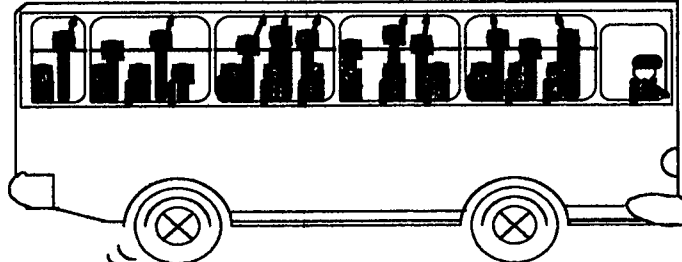
113

CONFORTO 1: TODOS SENTADOS	TEMPO GASTO 1	FREQUÊNCIA 3	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus. The interior shows a few small black rectangles representing passengers seated. A driver is visible in the front seat.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 5 minutos. +NO ÔNIBUS: 15 min.  TEMPO TOTAL: 20 min.</p>	<p>A CADA  40 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 40</p>

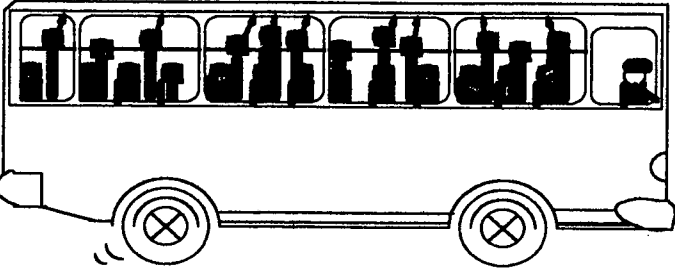
312

CONFORTO 3: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 1	FREQUÊNCIA 2	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 5 minutos. + NO ÔNIBUS: 15 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 20 min.</p>	<p>A CADA 20 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 30</p>

233

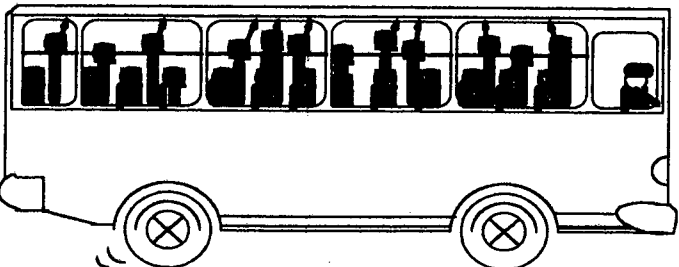
CONFORTO 2: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 3	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 35 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 45 min.</p>	<p>A CADA 40 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 20</p>

221

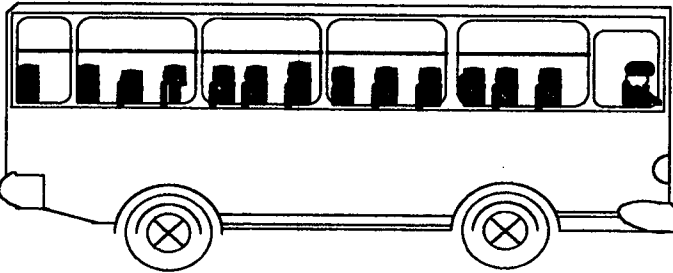
CONFORTO 2: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 2	FREQUÊNCIA 1	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 min. + NO ÔNIBUS: 25 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 35 min.</p>	<p>A CADA 10 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 40</p>

➊ GRUPO AZUL :

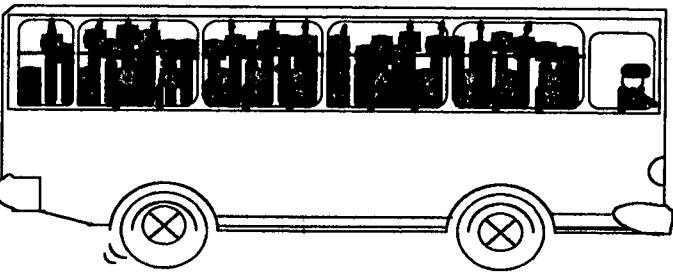
213

CONFORTO 2: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 1	FREQUÊNCIA 3	TAREFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 5 minutos. + NO ÔNIBUS: 15 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 20 MIN</p>	<p>A CADA 40 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 30</p>

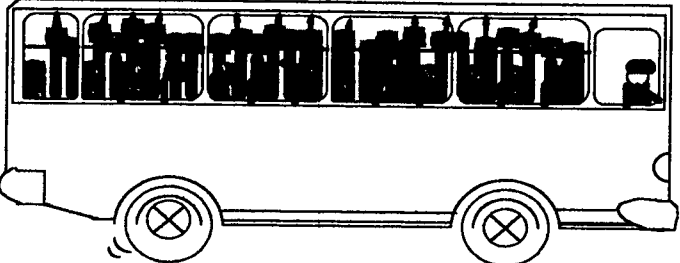
131

CONFORTO 1: TODOS SENTADOS	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 1	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. +NO ÔNIBUS:25 min.</p> <p>TEMPO TOTAL:45min.</p>	<p>A CADA 10 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 40</p>

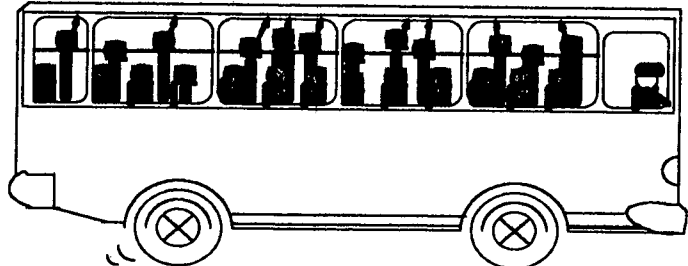
322

CONFORTO 3: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 2	FREQUÊNCIA 2	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 25 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 35 min.</p>	<p>A CADA 20 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 30</p>

**333**

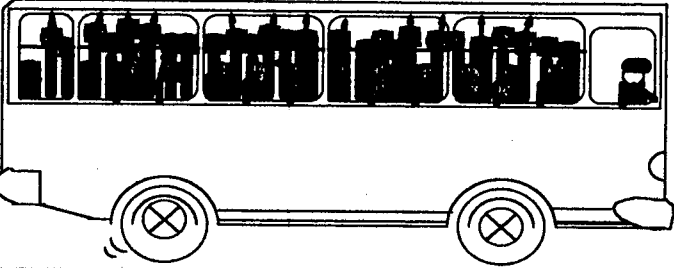
CONFORTO 3: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 3	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 35 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 45 min.</p>	<p>A CADA 40 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 20</p>

**232**

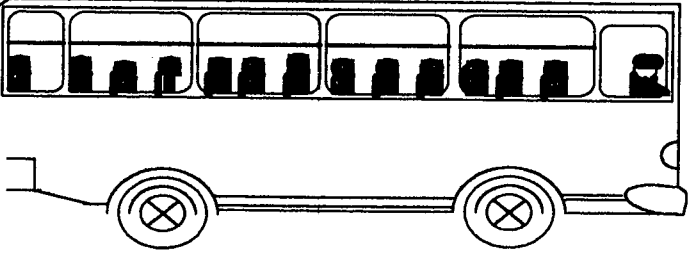
CONFORTO 2: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 2	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 35 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 45 min.</p>	<p>A CADA 20 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 30</p>

☉ GRUPO ROSA :

311

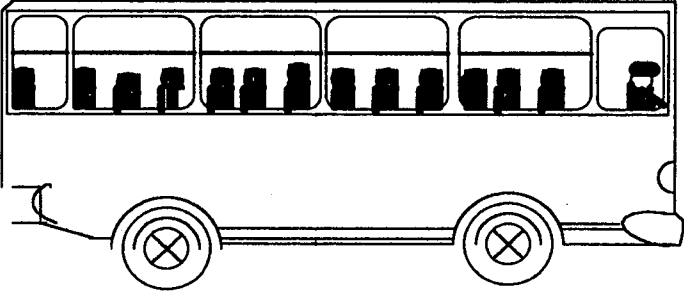
CONFORTO 3: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 1	FREQUÊNCIA 1	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus. The interior is filled with black silhouettes of people standing, representing a high-density service. A driver is visible in the front seat.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 5 minutos. + NO ÔNIBUS: 15 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 20 min.</p>	<p>A CADA  10 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 40</p>

132

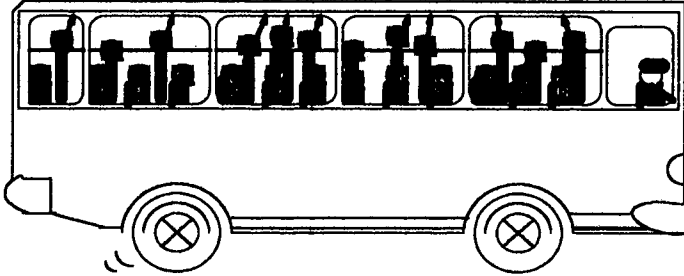
CONFORTO 1: TODOS SENTADOS	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 2	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus. The interior shows black silhouettes of people sitting in rows, representing a lower-density service. A driver is visible in the front seat.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. +NO ÔNIBUS:35 min.</p> <p>TEMPO TOTAL:45 min.</p>	<p>A CADA  20 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 ,30</p>



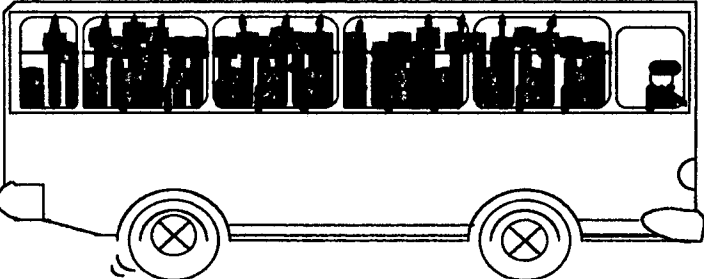
121

CONFORTO 1: TODOS SENTADOS	TEMPO GASTO 2	FREQUÊNCIA 1	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. +NO ÔNIBUS:25 min. TEMPO TOTAL: 35 min.</p>	<p>A CADA 10 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 50</p>

223

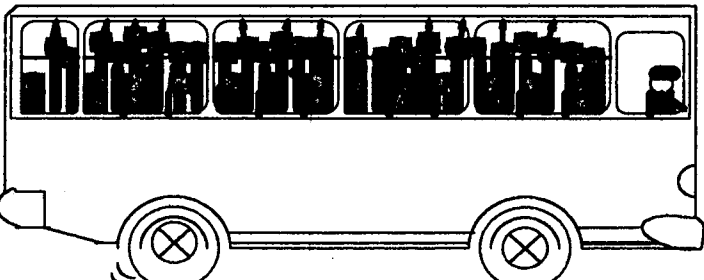
CONFORTO 2: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 2	FREQUÊNCIA 3	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 25 min. TEMPO TOTAL: 35 min.</p>	<p>A CADA 40 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 30</p>

332

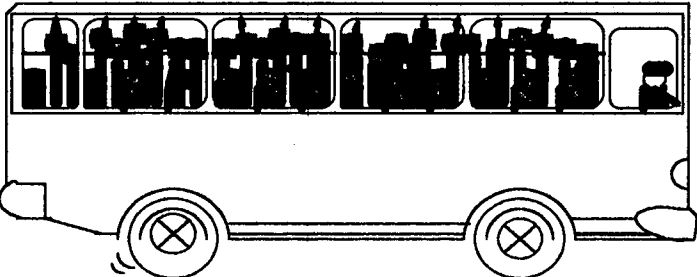
CONFORTO 3: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 2	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 35 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 45 min.</p>	<p>A CADA 20 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 20</p>

⊖ GRUPO ÁGUA :

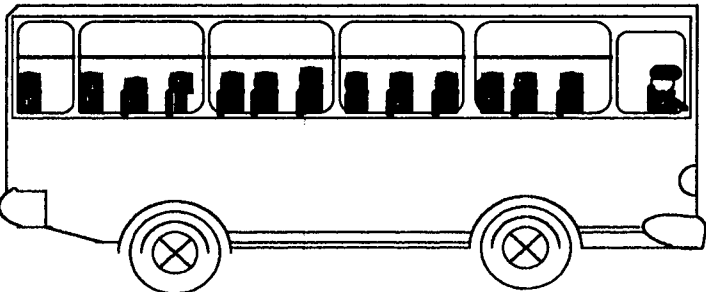
332

CONFORTO 3: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 2	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 35 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 45 min.</p>	<p>A CADA 20 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 20</p>

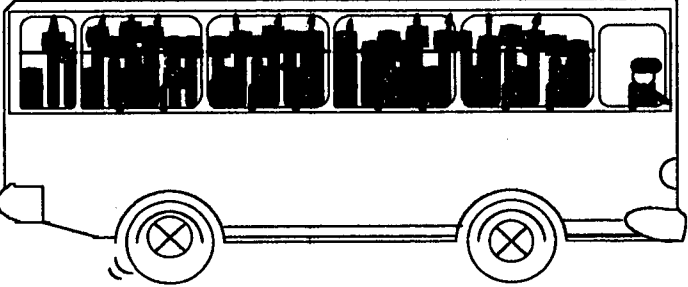
321

CONFORTO 3: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 2	FREQUÊNCIA 1	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus. The interior is filled with numerous small black rectangles representing passengers standing. A driver is visible in the front seat. The bus has two wheels shown at the bottom.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 25 min.  TEMPO TOTAL: 35 min.</p>	<p>A CADA  10 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 40</p>

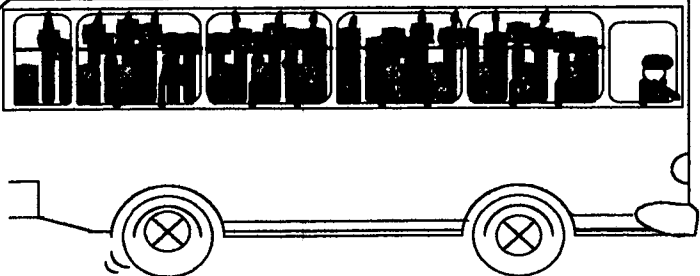
133

CONFORTO 1: TODOS SENTADOS	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 3	TARIFA
 <p>A side-view diagram of a bus. The interior shows passengers sitting in rows of seats. A driver is visible in the front seat. The bus has two wheels shown at the bottom.</p>	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. +NO ÔNIBUS:25 min.  TEMPO TOTAL:45min.</p>	<p>A CADA  40 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 30</p>

**332**

CONFORTO 3: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 2	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 35 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 45 min.</p>	<p>A CADA  20 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 20</p>

**331**

CONFORTO 3: " VOCÊ ESTÁ EM PÉ "	TEMPO GASTO 3	FREQUÊNCIA 1	TARIFA
	<p>TEMPO A PÉ (INCLUINDO ESPERA NO PONTO): 10 minutos. + NO ÔNIBUS: 35 min.</p> <p>TEMPO TOTAL: 45 min.</p>	<p>A CADA  10 MINUTOS</p>	<p>R\$ 0 , 30</p>

#### 4.2.8.4 - EXECUÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada durante os meses de outubro e novembro de 1994, no período de 7 às 8 horas da manhã.

As entrevistas foram realizadas junto aos usuários da linha (dentro da amostra selecionada ) nas paradas de ônibus, no bairro de origem, onde de acordo com a matriz origem-destino, está concentrado o maior percentual dos usuários ( ver quadro 16 ).

Tabalhou-se com entrevistadores que possuíam nível superior, estando estes devidamente informados sobre os objetivos da pesquisa.

O entrevistador abordava o usuário, se apresentava e, em seguida, perguntava se a viagem era a trabalho. Em caso afirmativo, explicava-se o objetivo da entrevista, partindo para a demonstração do material. Tomava-se sempre o grupo de cartões que estava por cima, para que todos os grupos fossem usados. Pedia-se que a pessoa ordenasse, de acordo com a sua preferência, as cinco alternativas que lhe eram entregues.

Terminada a ordenação das alternativas, o entrevistador recolhia o material e colocava para o indivíduo as perguntas do formulário - como podem ser verificadas no Quadro 22. Em seguida anotava-se a seqüência escolhida no mesmo formulário.

Após o registro das informações, os cartões eram embaralhados e colocados em último lugar no conjunto.



detalhada de cada um, proporcionando maior compreensão do conjunto. Isto faz com que o entrevistado tome decisões de forma mais rápida e com mais segurança.

Para tornar esses resultados possíveis, percebeu-se que é fundamental a qualidade do material utilizado. E, que as questões abordadas estejam representadas da forma mais próxima possível à maneira que este público as visualiza. Baseados no procedimento dos entrevistados, consideramos que o material empregado foi de encontro a esta exigência -uma vez que os indivíduos em um tempo curto (em uma média de 5 minutos) conseguiam entender o que estava sendo proposto e faziam a ordenação das alternativas. Enquanto que, na pesquisa prévia gastava-se, em média, o dobro do tempo em cada entrevista.

Nesse sentido, entendemos que os estudos baseados em preferência declarada além de fornecer um maior número de informações a partir de uma amostra menor do que as utilizadas em técnicas de preferência revelada, dada a robustez do aparato estatístico, também respondem às exigências na apresentação da pesquisa ao público, comprovando a eficiência nas pesquisas de mercado pelas técnicas de escolha discreta.

Quanto ao número de alternativas (utilizamos um número de cinco), observamos que foi uma quantidade razoável.

No quadro 23 estão registrados os resultados da pesquisa de preferência declarada.

SÍNTESE DOS RESULTADOS DA PESQUISA DE PREFERÊNCIA DECLARADA							
1	2	1	211	222	313	323	122
1	1	4	322	333	213	232	131
2	1	5	121	132	223	311	332
2	1	3	312	233	113	311	221
2	1	2	123	111	231	212	333
1	1	6	112	332	331	321	133
2	1	1	122	222	313	323	211
1	1	4	322	232	213	333	131
2	1	5	121	132	311	223	332
1	2	3	312	311	221	233	113
1	1	3	312	113	311	221	233
1	1	5	132	311	223	332	121
1	1	2	212	111	231	123	333
2	2	4	322	232	131	213	333
2	1	1	222	122	323	313	211
2	2	6	133	112	321	332	331
2	1	2	231	212	111	333	123
1	2	5	132	121	311	223	332
1	1	3	233	312	221	311	113
2	1	4	213	131	232	333	322
2	1	1	211	313	122	222	323
1	1	2	212	123	333	231	111
2	1	4	131	232	213	333	322
1	1	5	311	223	132	332	121
1	1	6	133	331	321	332	112
1	1	3	221	233	113	312	311
2	2	2	212	123	111	231	333
2	2	1	222	323	122	313	211
2	2	4	322	232	131	213	333
2	1	4	131	213	232	322	333
1	2	5	311	132	332	121	223
2	1	3	113	221	233	311	312
2	2	6	112	331	332	321	133
2	1	2	231	212	111	123	333
1	1	1	122	222	211	313	323
2	1	2	123	231	333	111	212
2	2	4	131	232	213	322	333
1	1	5	132	311	223	332	121
2	1	3	113	221	233	311	312
1	1	6	133	112	321	332	331
1	2	1	211	313	323	122	222
1	1	2	111	231	212	123	333
2	1	1	222	122	211	313	323
1	2	2	111	123	231	333	212
1	2	6	321	332	331	133	112
1	2	5	121	132	311	332	223
1	1	3	233	312	221	113	311
2	2	4	213	232	333	131	322
2	2	3	311	312	113	221	233
2	1	4	322	333	232	131	213
2	1	5	223	121	332	132	311

QUADRO 23 - Resultados da Pesquisa de Preferência Declarada



PERCENTUAL DAS CATEGORIAS DE ENTREVISTADOS							
SEXO	ESCOLARIDADE	IDADE	PROFISSÃO	ESTADO CIVIL	RECEITA	RESIDÊNCIA	ESTADO
1	1	2	212	123	231	111	333
1	1	6	112	331	321	332	133
2	1	3	311	221	113	312	233
1	1	5	223	121	132	311	332
2	2	3	233	311	221	113	312
2	2	6	112	331	321	332	133
2	2	5	121	132	311	223	332
1	2	4	213	322	333	232	131
1	1	5	121	223	311	132	332
1	1	4	232	131	213	322	333
1	2	2	123	231	111	212	333
2	1	1	122	222	323	313	211
1	1	6	331	321	332	112	133
2	1	3	221	113	311	312	233
2	2	5	132	311	223	121	332
1	1	1	313	222	211	122	323
1	1	5	121	311	332	223	132
2	1	6	133	331	321	332	112
1	2	2	231	111	212	123	333
1	2	2	111	231	212	333	123
2	2	6	112	331	321	332	133
1	1	3	113	221	311	312	233
1	1	1	211	313	122	222	323
2	2	4	131	232	333	213	322
1	2	5	311	121	332	132	223
2	1	2	212	231	111	123	333
1	2	6	112	321	331	133	332
1	2	3	311	312	221	113	233
2	1	1	122	222	323	313	211
1	1	5	121	132	223	332	311
1	1	3	221	312	311	113	233
2	1	1	122	222	313	211	323
1	2	2	111	212	231	123	333
2	2	4	131	322	232	213	333
1	2	6	321	112	331	332	133
2	2	5	332	223	311	121	132
1	1	3	221	312	233	113	311
1	2	6	321	112	331	133	332
1	1	1	211	222	313	122	323
2	1	2	231	111	123	212	333
1	2	4	131	232	213	322	333
1	2	5	311	132	121	332	223
1	1	3	221	311	312	233	113
1	1	2	111	212	231	123	333
2	1	1	222	313	122	211	323
2	2	6	321	112	331	332	133
2	2	4	322	131	232	213	333
1	1	3	311	221	233	312	113
2	2	5	311	132	223	332	121
1	1	2	212	123	231	111	333
1	2	1	222	211	122	323	313

QUADRO 23 (Continuação)-Resultados da Pesquisa de Preferência Declarada

## \* CÓDIGOS:

Corés:	Sexo:	Nº de Viagens por dia:
Verde = 1	Feminino = 1	Até 2 = 1
Vermelho = 2	Masculino = 2	Mais de 2 = 2
Amarelo = 3		
Azul = 4		
Rosa = 5		
Água = 6		

**4.2.8.5 - AJUSTE DO MODELO**

O modelo SP foi calibrado através da maximização da função de verossimilhança, com o auxílio de um programa de computador específico, já utilizado em trabalhos anteriores (Carvalho, 1993; Efrón, 1995). Os resultados são apresentados no Quadro 24.

<u>Estrato : Viagens à Trabalho: Pico da manhã</u>			
Variável	Coefficiente $\beta$	Erro Assintótico	Estatística t.
1 Tarifa ( R \$ )	-3,11031	0,5959	-5,22
2 Tempo Viagem (hor)	-1,49933	0,3377	-4,44
3 Headway (hor)	-2,21528	0,2822	-7,85
4 Nível Conforto 1	5,59179	0,1223	45,70
5 Nível Conforto 2	5,50584	0,1277	43,10
6 Nível Conforto 3	4,80499	0,1201	40,02
<u>Estatísticas:</u>			
Número de Observações :	408		
Número de casos :	1020		
L ( 0 ) :	-488,324		
L ( $\beta$ ) :	-460,112		
-2 [ L ( 0 ) - L ( $\beta$ ) ] :	56,425		
$\rho^2$ :	0,058		
$\bar{\rho}^2$ :	0,045		
<u>Elasticidades da Demanda em Relação à :</u>			
Tarifa ( R\$ )	-0,838		
Tempo Viagem ( hor )	-0,631		
Headway ( hor )	-0,585		
<u>Variação % na Demanda Referida à Nível de Conforto 1 :</u>			
Nível de Conforto 2	-2,3		
Nível de Conforto 3	-20,0		
<u>Valores Relativos dos Atributos ( R\$ ) :</u>			
Tempo de Viagem ( hor )	0,48		
Headway ( hor )	0,71		
Nível Conforto 2	0,03		
Nível Conforto 3	0,25		

**QUADRO 24 - Pesquisa de Preferência Declarada Transporte Urbano - Florianópolis \* Resultados Finais \***

Todos os coeficientes da função utilidade são estatisticamente significativos ao nível de confiança de 99% (estatística t). Da mesma forma, a hipótese de nulidade simultânea dos coeficientes (inadequabilidade do modelo) foi rejeitada ao nível de confiança de 99% (Ben-Akiva, 1985).

O ajuste dos coeficientes, em termos estatísticos, se apresentou de forma excepcionalmente boa.

Os valores das elasticidades, em relação à tarifa, ao tempo de viagem e ao "headway", estão de acordo com dados apresentados na literatura. Por exemplo, um estudo do TRRL (1990), apresenta variação da elasticidade em relação à tarifa compreendida na faixa de - 0,05 a - 0,9, dependendo do caso.

De uma forma geral, os índices definidos a partir do modelo (elasticidades, valores monetários dos atributos), bem como as estatísticas, permitem afirmar que o ajuste foi bastante satisfatório.

### 4.3 - FUNÇÃO CUSTO GENERALIZADO DOS USUÁRIOS

#### 4.3.1 - OBJETIVO

Segundo Principios de Economia de Transportes, a melhor pessoa para avaliar os beneficios para si é o próprio indivíduo (Layard -1972).

No nosso caso medimos o beneficio para o grupo de indivíduos  $i$ , gerado pela implantação de uma medida  $A$ , como sendo a diferença entre os custos observados antes e depois da implantação do projeto:

$$B_i = C_{i(O)} - C_{i(A)} \quad (4.9)$$

onde  $C_i (O)$  corresponde ao custo antes da implementação da medida (status quo ) e  $C_i (A)$  é o custo após sua implementação, sendo "i", um determinado grupo de usuários.

#### 4.3.2 - A FUNÇÃO CUSTO GENERALIZADO

O custo do usuário é medido, no nosso caso, através de uma função de custo generalizado ( McIntosh e Quarmby, 1970 ).

As limitações percebidas pelos analistas de transportes em relação ao uso somente do tempo para representar a "separação" entre zonas ( particularmente para modelagem do comportamento das pessoas em viagem) coloca a necessidade de reavaliação neste sentido, na tentativa de estabelecer uma mensuração mais generalizada dos custos de viagem.

Tais limitações são observadas claramente quando da estruturação de modelos para mais de um modal. Uma modelagem integrada revela que o perfil do custo do tempo pode diferir significativamente entre modos de viagem.

Assim, as definições de custo desenvolvidas para representar como o comportamento das pessoas que viajam depende das características da via é, também, uma relevante definição para introduzir uma interpretação econômica sobre seu comportamento. A estimação destes "custos comportamentais" são usados para explicar demanda de viagens, assim como, para atribuir valores admitidos pelos viajantes quando acontecem melhoramentos nas vias, ou trocas de políticas. No mesmo sentido, o procedimento de avaliação econômica também incorpora a estimação dos recursos reais consumidos na viagem e pela estrutura operacional do sistema de transporte.

Seguindo a definição de McIntosh e Quarmby (1970), a função custo comportamental é aquela que melhor explica o comportamento das pessoas que viajam -e por esta razão possibilita que seu comportamento seja predito. A função custo dos recursos é aquela que representa um consumo de recursos. Dessa forma, pode-se destacar dois pontos:

- (i) As pessoas podem basear seu comportamento sobre as percepções que elas têm de custo. Por exemplo, várias pesquisas apontam que as pessoas subestimam os custos de operação de um carro -levando em conta somente os custos imediatos.

(ii) Os preços apresentados podem não refletir o verdadeiro custo dos recursos. Por exemplo, as tarifas cobradas sobre um sistema de transporte público podem não refletir os custos atuais de operação do sistema como um todo.

Para McIntosh & Quarmby há três tipos de custo generalizado para a predição de demanda e avaliação de investimentos e políticas de gerenciamento:

"b" - custo comportamental para uso na predição de modelos - a forma da função é baseada sobre o melhor conhecimento de quais características da rede influenciam as viagens das pessoas e das firmas, tomando em conta tempo e custos.

"u" - custo comportamental para uso no procedimento de estimação de benefícios - este representa a avaliação da sociedade sobre os custos incorridos pelos viajantes, sendo que estes podem diferir do critério individual. Na prática corrente, a forma da função é idêntica à "b", exceto que, aqui é usado um valor comum padrão do tempo dispendido, em vez de uma renda (valor diferenciado).

"r" - custo dos recursos para uso no procedimento de estimação de benefícios, como a avaliação da sociedade dos recursos consumidos por ela. Este, como "u", usa o valor comum padrão de tempo. A forma da função está baseada na conhecida relação técnica entre custos e várias atividades de transporte relacionadas.

Neste contexto, avalia-se os aspectos teóricos da derivação da função custo comportamental, a qual descreve a totalidade do "custo" ou a desutilidade incorrida por um viajante quando faz uma viagem zona a zona, por um modo particular de transporte. Este pode não ser exatamente o custo total ou desutilidade que o viajante, conscientemente, percebe; uma vez que seu comportamento pode não ser diretamente transferido para sua percepção consciente. É simplesmente aquele custo o qual melhor explica seu comportamento dentro da estrutura do processo de modelagem em uso.

Na visão de McIntosh & Quarmby (1970), operacionalmente, todos os fatores contribuintes para a desutilidade da viagem não são conhecidos, nem podem eles ser incluídos no presente procedimento da modelagem. Somado a isto, cada viajante implicitamente comportar-se-á de acordo com um único conjunto de fatores ( tempo viajando, tempo de espera, tarifa transbordos, etc.) e um único peso relativo para eles. Os modelos usados incorporam o comportamento dos viajantes em agregado; então uma decisão tem que estar ao nível da generalidade da função de custo comportamental a ser usada. Idealmente, as formas da função e os valores de seus parâmetros, deveriam ser determinados na área onde o modelo de transporte está sendo aplicado. Porém, dois pontos contrários a esta proposta são colocados: primeiramente, seria difícil montar um programa de pesquisa e trabalho analítico para cada estudo de transporte; os valores estimados a partir de uma pesquisa individual trazem possibilidades de erros. Funções e valores usados como parâmetros, mais robustos, podem ser alcançados considerando resultados de várias estudos conjuntamente. Tais resultados seriam expressos em uma função, de forma generalizada.



Com um estudo deste tipo pode-se definir uma função custo e levantar os valores dos parâmetros de ponderação dos fatores. Uma maneira de representar a função custo é a seguinte:

$$b_1 = B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_n X_n \quad (4.10)$$

onde:

$b_1$  = custo comportamental de viajar ao longo de um trecho de uma via, por um modo de transporte particular;

$X_1$ ,  $X_2$  e  $X_n$  = são os valores dos fatores, os quais são importantes na determinação do total da desutilidade da viagem, na medida em que eles afetam o comportamento;

$B_1$ ,  $B_2$  e  $B_n$  = são os pesos relativos destes fatores.

A função custo generalizado pode assumir formas mais complexas. Porém, em muitos casos, é indicada a forma linear simples, especialmente, por suas propriedades aditivas. Esta possui um processo de cálculo simplificado, o que facilita o trabalho. Através da função de custo comportamental é possível encontrar a rota de "mínimo custo" em vez de, simplesmente, uma rota mais rápida (o que não impede que estas sejam coincidentes, em um caso qualquer); traçando, com estes resultados, uma matriz interzonal de custo comportamental. A matriz seria útil no processo de distribuição, divisão modal e avaliação dos procedimentos.

Segundo os autores McIntosh & Quarmby (1970), a escolha dos atributos a serem levados em conta na pesquisa pode ser feita de

acordo com o que o pesquisador admite como razoável, ou, alternativamente, vai-se a campo para descobrir, através do comportamento das pessoas o que é importante para elas em sua viagem. Assim, é possível descobrir, além dos fatores que influenciam a escolha, os seus respectivos pesos relativos.

Resultados de trabalhos empíricos apresentados por McIntosh & Quarmby (1970), apontam quatro atributos principais a serem incluídos na função custo comportamental, quais sejam: tempo de viagem dentro do veículo, tempo a pé, tempo de espera e transferência e o custo financeiro da viagem. Então, a função custo comportamental para uma via será:

$$b_1 = B_1 \cdot \text{tempo no veículo} + B_2 \cdot \text{tempo a pé} + B_3 \cdot \text{tempo de espera e de transferência} + B_4 \cdot \text{custo da viagem}$$

Dos três tipos, o nosso caso corresponde ao tipo " b ".

É um tanto difícil medir, na prática, os coeficientes da função custo generalizado. Um método atual, que permite obter bons resultados, é o baseado em técnicas de preferência declarada.

Há que se considerar, no entanto, que preferência não corresponde a realizações concretas de ações por parte dos indivíduos. Por isso, é comum ajustar coeficientes de correção através do confronto de dados obtidos por SP com dados observados reais (RP). No nosso caso isto não é possível, pois os dados do tipo RP não variam (a oferta é caracterizada por apenas uma situação real). Por essa razão, fomos obrigados a trabalhar apenas com dados obtidos nas entrevistas SP.

### 4.3.3 - FUNÇÃO CUSTO GENERALIZADO

$$CG_i = F + a_v t_v^{(i)} + a_H t_H + a_c f_c^{(i)} + a_p \Delta t_p^{(i)} \quad (4.11)$$

Onde:

$CG_i$   $\Rightarrow$  custo generalizado unitário em R\$ por pessoa, para grupo de usuário  $i$ ;

$F$   $\Rightarrow$  tarifa cobrada, em R\$ ( igual para todos );

$t_v^{(i)}$   $\Rightarrow$  tempo gasto no veículo, em horas;

$t_H$   $\Rightarrow$  "headway", em horas ( igual para todos os usuários);

$f_c^{(i)}$   $\Rightarrow$  fator representativo do conforto, para grupo de usuários  $i$ ;

$\Delta t_p^{(i)}$   $\Rightarrow$  tempo adicional de percurso a pé até o ponto do ônibus ( origem ) e do ponto de desembarque até o destino (horas);

$a_v$  ,  $a_H$  ,  $a_c$  e  $a_p$   $\Rightarrow$  coeficientes.

Na ocasião das pesquisas ( segundo semestre de 1994 ) o valor da tarifa era  $F = R\$ 0,30$ .

Conforme resultados do item 4.2.8.5 (SP), o valor do tempo no veículo é de R\$ 0,48. Este valor corresponde ao coeficiente  $a_v$  na expressão ( 4.11 ). Da mesma forma, temos  $a_H = R\$ 0,71$ , conforme mostrado no Quadro 24.

No que se refere ao tempo adicional de percurso a pé, as pesquisas de SP não incorporaram diretamente esse fator. Isto porque sua utilização no modelo foi apenas marginal. De fato, foi apenas considerado na análise de sensibilidade em que alguns pontos de parada foram eliminados. ( vide capítulo 5 ).

Usualmente, considera-se o tempo de espera no ponto como aproximadamente igual à 1/2 do "headway" (Small - 1992; Mohring - 1972) ou seja, um "headway" de 10 minutos, corresponde a um tempo de espera médio de 5 minutos. Como a percepção do "headway", por parte do usuário está ligada à espera e como o peso atribuído ao deslocamento a pé é normalmente ao da espera ( McIntosh - 1970), uma aproximação razoável para  $a_p$  é então duas vezes o valor de  $a_H$  ou  $a_p = 1,42$ .

Passa-se agora a analisar os efeitos do nível de conforto na função custo generalizado.

No quadro 24 , secção 4.2.8.5 ( resultados SP), observamos que, ao passar do nível de conforto 1 ( todos sentados ) para nível de conforto 2, ( 1,42 passageiros em pé /  $m^2$  ), o custo percebido pelo usuário é de R\$ 0,03. Já ao se passar do nível de conforto 1 para o nível de conforto 3 ( 6,87 passageiros em pé /  $m^2$  ) o custo percebido pelo usuário é de R\$ 0,25.

Temos então a seguinte curva:

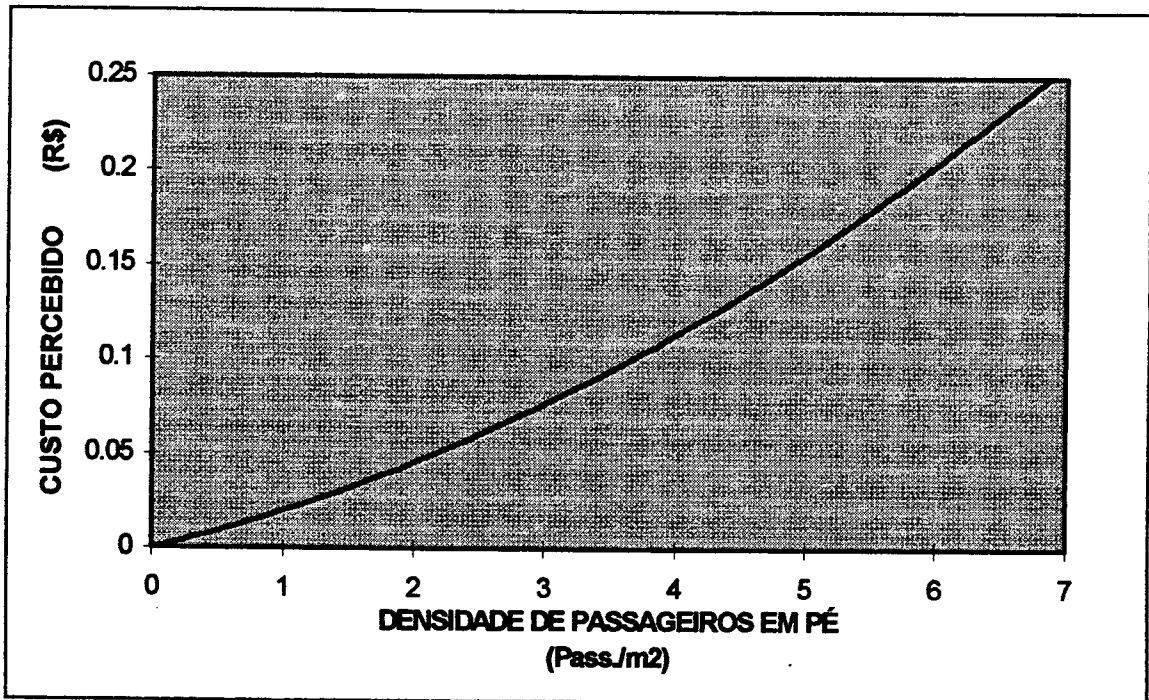


FIGURA 16 - Custo Percebido pelo Usuário com Relação ao Conforto

Ajustando uma curva de segundo grau aos dados indicados acima temos:

$$a_c = a_0 d + a_1 d^2 \quad (4.12)$$

onde:

$d$  é a densidade ( passageiros em pé, pass /  $m^2$  ),  
 $a_0 = 17,15 \times 10^{-3}$  e  $a_1 = 2,8 \times 10^{-3}$ .

Adotamos, na nossa análise, a densidade como representativa do nível de desconforto para aqueles que viajam em pé, ou seja:

$$a_c^{(1)} = 0 \quad \text{se } w_i \leq NS \quad (4.13)$$

$$a_c^{(1)} = (a_0 d_i + a_1 d_i^2) \quad \text{se } w_i > NS \quad (4.14)$$

onde:

$w_i$   $\Rightarrow$  lotação do ônibus no ponto  $i$ , onde os indivíduos do grupo  $i$  embarcam.

$NS$   $\Rightarrow$  número de assentos.

A densidade  $d_i$  é calculada através de:

$$d_i = \frac{NP_i}{A_p} \quad (4.15)$$

onde:

$NP_i$  é o número de passageiros em pé:

$$NP_i = w_i - NS \quad \text{se } w_i > NS$$

e,  $A_p$  é a área disponível (  $m^2$  ) no ônibus destinada a passageiros em pé.

Uma vez ajustada a função custo generalizado ( 4.11 ), será a mesma utilizada para cálculo dos benefícios para os usuários, através da expressão (4.9).

## **CAPÍTULO 5**

### **MODELO DE AVALIAÇÃO**

## CAPÍTULO 5

### → MODELO DE AVALIAÇÃO

#### 5.1 - DESCRIÇÃO GERAL

Os objetivos do modelo são:

(a) simular a marcha dos veículos ao longo da linha, visando determinar os tempos de passagem em cada ponto e o tempo de ciclo;

(b) determinar os movimentos esperados de passageiros, para cada passagem de veículo, em cada ponto de parada, calculando o número médio de passageiros subindo, descendo e o carregamento em cada segmento do percurso.

(c) determinar o custo horário do operador, em função do tipo de veículo e do "headway";

(d) determinar o custo generalizado horário de cada fluxo de passageiros ao longo da linha, considerando os pares de pontos I e J (origem e destino );

(e) otimizar o sistema variando o "headway" e a área interna do veículo, buscando a situação de mínimo custo global.

(f) calcular custos marginais para usuários e operador.

No fluxograma da figura 17 é apresentada a seqüência básica de operações do modelo, que foi programado em Turbo Pascal.

A seguir são analisados os principais aspectos do modelo.



### **Bloco 01 : Dados Gerais da Linha**

A partir de um arquivo (bloco 02) contendo dados previamente levantados e/ou calculados, são lidos os seguintes elementos:

→ distâncias entre pontos de parada sucessivos;

→ retardamentos ao longo da linha, conforme apresentado no capítulo 3, secção 3.5.4;

→ velocidades médias de cruzeiro ao longo da linha, conforme apresentado no capítulo 3, secção 3.5.3;

### **BLOCO 03 : Matriz O-D**

No capítulo 4 foi explicado o processo utilizado para obtenção da matriz O-D entre os diversos pontos de parada. Esses dados ficam arquivados em disco (bloco 04 ) e são trazidos para a memória do computador.

### **BLOCO 05 : Fluxos e Carregamento**

Neste bloco são calculados, a partir da matriz O-D, os totais de passageiros que sobem e que descem em cada ponto de parada, por hora (período de pico). Esses dados são fixos porque se admite nível constante de demanda ( passageiros cativos ).

São calculados também os carregamentos horários em cada segmento da linha (compreendidos entre dois pontos de parada consecutivos ).

### **BLOCO 06 : Dados Gerais**

Neste bloco são definidos os valores dos seguintes parâmetros:

(a) distância total DT percorrida por um veículo numa viagem completa de ida e volta (22.750 m );

(b) jornada de operação contínua do veículo ( HT = 12 horas);

(c) curvas de CK e CT : valores do custo quilométrico e custo fixo diário variando em função do tamanho do ônibus, expresso através da área interna.

(d) curva de  $\alpha$ , que é a relação entre a área interna ocupada pelos assentos e a área total interna;

(e) faixas de variação de HDW e da AREA, para o processo de otimização (busca).

### **BLOCO 07 : Processo de Busca**

São duas as variáveis de controle do modelo:

(a) o "headway" (HDW) e (b) a área interna do veículo (AREA). Procura-se o par de valores que torna mínimo o custo total (custo operador + custo usuários).

Para representar o "tamanho" do veículo descarta-se a utilização do número de assentos porque há configurações em que se aloca mais espaço para passageiros em pé. Ou seja, embora o número

de assentos cresça à medida que o tamanho do ônibus vá aumentando, a correlação entre as duas variáveis não é plena.

De outro lado, a *lotação do veículo*, incluindo passageiros sentados e em pé, é um parâmetro ainda mais impreciso porque depende do critério adotado em cada circunstância para a lotação padrão de referência. Quase sempre a lotação padrão não é obedecida na prática, sendo freqüentemente ultrapassada.

Optamos, então, por utilizar a área útil interna do ônibus como variável representativa de seu tamanho. A partir da área interna pode-se determinar a área reservada aos assentos. A área remanescente é utilizada por passageiros em pé, sendo a condição de conforto medida através da densidade de passageiros por  $m^2$ .

Inicialmente foi utilizado o método de Hooke e Jeeves (Novaes, 1978) para determinação do ponto ótimo. Observou-se, no entanto, que o custo total não é uma função unimodal, ocorrendo mínimos locais. Tal situação impede o uso do método de Hooke e Jeeves pois não há garantia de se chegar ao mínimo absoluto.

Por se tratar de um problema com apenas duas variáveis de controle, adotou-se então, o método de busca exaustiva, que é aplicável a funções plurimodais ( Novaes, 1978 ).

#### **BLOCO 08 : Teste de Convergência do Processo de Busca**

No caso do método de Hooke e Jeeves, o processo converge quando não for possível encontrar um novo ponto de busca no entorno

do ponto anteriormente encontrado, com o raio do entorno igual a  $\epsilon$ , sendo  $\epsilon$  um erro previamente estabelecido.

No caso da busca exaustiva, a precisão é definida pelos intervalos de busca ao longo das duas variáveis de controle. No caso do "headway", o intervalo de busca foi de 1 minuto e, no caso da área, o intervalo foi de 5 m<sup>2</sup>.

### **BLOCO 09 : Cálculo de Variáveis Físicas e Operacionais**

O processo de busca define, em cada estágio, um par de valores {HDW, AREA}. Para esse par de valores são calculadas as seguintes variáveis:

(a) Área alocada aos assentos

O coeficiente  $\alpha$  ( vide bloco 06 ) exprime a relação entre a área reservada aos assentos e a área total, sendo função dessa última. Assim, a área reservada aos assentos é dada por:

$$AreaS = \alpha \cdot Area \quad (5.1)$$

Adotou-se uma área média de 0,56 m<sup>2</sup> por assento. Dessa forma, o número aproximado de assentos é dado por:

$$PaxS = AreaS/0,56 \quad (5.2)$$

(b) Área alocada aos passageiros em pé

$$AreaP = (1 - \alpha) \cdot Area \quad (5.3)$$

(c) Fluxo de passageiros que sobem no ônibus, em cada ponto: no bloco 05 foram determinados os fluxos de passageiros que sobem no veículo em cada ponto por hora. O número de viagens por hora é dado por  $60 / \text{HDW}$ , sendo o HDW expresso em minutos. Dividindo os fluxos horários pelo número de viagens por hora, obtém-se o número médio de passageiros que sobem no ônibus em cada ponto de parada.

(d) Fluxo de passageiros que descem em cada ponto: é calculado de forma análoga, considerando agora os fluxos horários de descida.

(e) Lotação percebida : a avaliação por parte do passageiro em relação ao carregamento do ônibus ( nível de lotação ) é feita no instante de chegada do veículo ao ponto. Admitimos um passageiro médio situado no meio da fila, aguardando embarque em um ponto qualquer. Assim, a lotação percebida pelo usuário, a qual será usada para o cálculo de seu custo generalizado, é igual à soma do número de passageiros dentro do ônibus, ao chegar ao ponto, mais metade dos passageiros na fila. Essa variável é calculada ponto a ponto.

### **BLOCO 10 : Tempo de Ciclo**

Para o cálculo do tempo de ciclo são utilizados três "procedures", a saber:

(a) Tempos de Movimentação (Bloco 11 )

De acordo com o definido no Capítulo 3 , para cada segmento (espaço entre dois pontos de parada consecutivos ) é analisada a

marcha do veículo, considerando a velocidade de cruzeiro  $V_C$ , a aceleração  $a_1$  e a desaceleração  $a_2$ .

(b) Tempos de Parada ( Bloco 12 )

O tempo de parada em cada ponto é calculado em função do número de passageiros embarcando e do número de passageiros descendo, conforme metodologia apresentada no Capítulo 3.

(c) Tempos de Retardamento ( Bloco 13 )

Os tempos de retardamento, para os diversos segmentos do percurso, são determinados conforme Capítulo 3.

A soma dos três tempos fornece os instantes  $T_1 ( I )$  e  $T_2 ( I )$  representando respectivamente os momentos de chegada e de partida do veículo do ponto de parada de ordem  $I$ .

#### **BLOCO 14 : Custos do Operador**

O custo do operador é formado por uma parcela de *custo variável* e por outra de *custo fixo*. Os custos são calculados para a frota, para um período padrão de uma hora.

A parcela de custo variável é função da quilometragem percorrida pela frota em uma hora de operação, no período de pico. A quilometragem horária é igual ao produto do número de ônibus na linha, pelo número de viagens (ciclos) por hora e por veículo, e pela extensão total da linha. No bloco 06 foi determinado o custo unitário quilométrico  $CK$ . Multiplicando-se esse valor pela quilometragem, se tem o custo variável (R\$ / hora).

O custo fixo é calculado multiplicando-se o número de ônibus pelo custo fixo unitário CF ( Bloco 06 ), expresso em R\$ por dia, e dividindo-se o resultado por HT ( Bloco 06 ) para se chegar ao custo fixo horário.

Somando-se os custos variável e fixo obtém-se o custo total do operador por hora, no período de pico.

### **BLOCO 15 : Custo Generalizado dos Usuários**

O custo generalizado dos usuários é calculado separadamente para cada par I,J de pontos de parada, ou seja, para cada elemento da matriz O-D. O custo generalizado do usuário é composto por 5 elementos:

- (a) tarifa;
- (b) custo do tempo de percurso dentro do veículo;
- (c) custo de espera;
- (d) custo do desconforto;
- (e) custo do trajeto a pé.

O último elemento, custo do trajeto a pé, foi considerado apenas marginalmente, na análise de sensibilidade. Isto porque, admitindo as posições dos pontos fixos, o trajeto a pé é igualmente constante. Na análise de sensibilidade, no entanto, eliminamos 14 pontos da linha, obrigando parte dos usuários a aumentar seus percursos a pé. Para esses casos o custo correspondente foi

calculado, considerando apenas a distância adicional a ser percorrida pelo usuário até ao ponto de parada.

Conforme descrito no capítulo 4, utilizou-se a seguinte função de custo generalizado:

$$CG(I,J) = f + 0,48.TV(I,J) + 0,71 \frac{HDW}{60} + 17,15 * 10^{-3} \delta + 2,8 * 10^{-3} \delta^2 + 0,96TP$$

(5.4)

onde:

$CG ( I, J )$   $\Leftrightarrow$  custo generalizado para um usuário que se desloca do ponto I para o ponto J ( R\$ );

$f$   $\Leftrightarrow$  tarifa ( R\$ );

$TV ( I, J )$   $\Leftrightarrow$  tempo de percurso no veículo entre os pontos I e J, em horas.

$HDW$   $\Leftrightarrow$  "headway", em minutos;

$\delta$   $\Leftrightarrow$  densidade de passageiros em pé/m<sup>2</sup>;

$TP$   $\Leftrightarrow$  tempo adicional de percurso ( somente calculado para a análise de sensibilidade; nos demais casos  $TP = 0$  ).

Note-se que admitimos o custo do tempo de percurso a pé igual ao dobro do custo correspondente à viagem propriamente dita (tempo no veículo). Tal hipótese está de acordo com o normalmente adotado na literatura (McIntosh & Quarmby, 1970).



**BLOCO 16 : Custo Total**

O custo total é obtido somando-se o custo total dos usuários com o custo do operador, para um período de uma hora, na fase de pico.

**BLOCO 17 : Custos Marginais**

Sendo  $F(I, J)$  o fluxo de passageiros entre os pontos I e J, por hora, considera-se um acréscimo de 1 % igualmente em todos os fluxos. Mantendo-se a mesma situação otimizada, obtém-se os novos valores de custo para os usuários e para o operador. Os acréscimos de custo, divididos pelo número total de passageiros, fornecem os custos marginais.

**BLOCO 18 : Resultados**

São impressas as principais variáveis obtidas, custos, etc. para cada simulação.

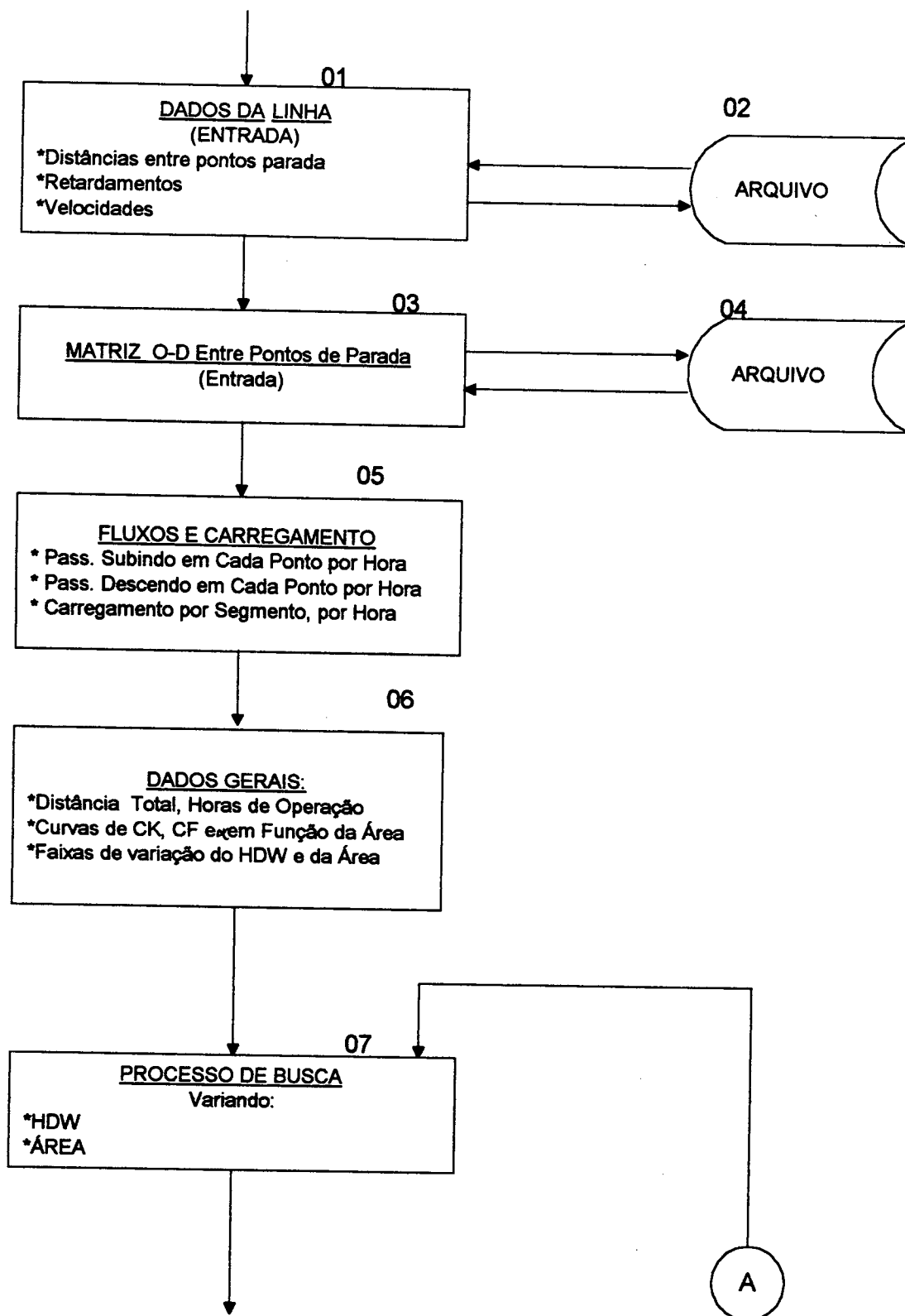


FIGURA 17 - FLUXOGRAMA GERAL DO MODELO

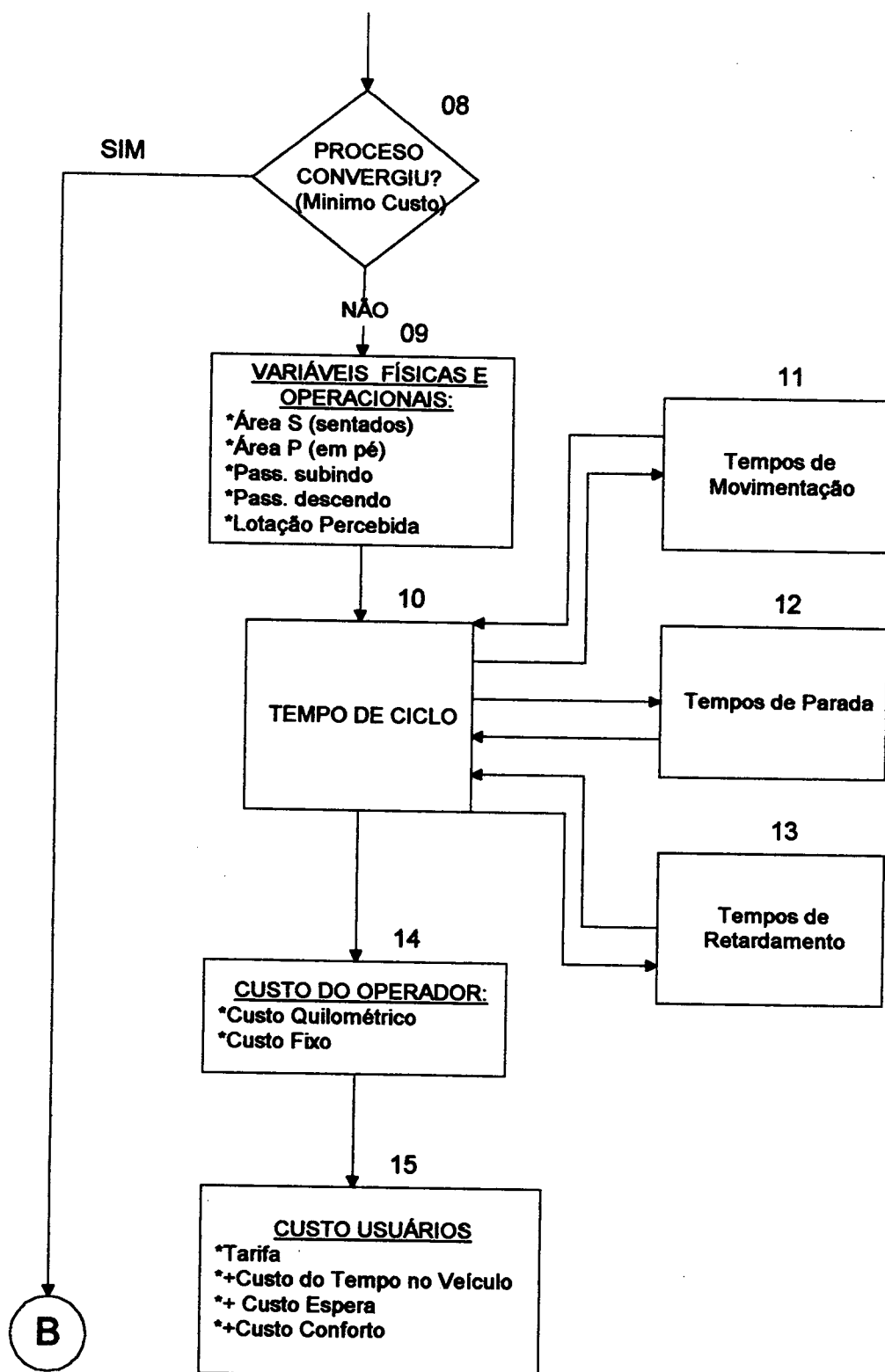


FIGURA 17 (Continuação) - FLUXOGRAMA GERAL DO MODELO

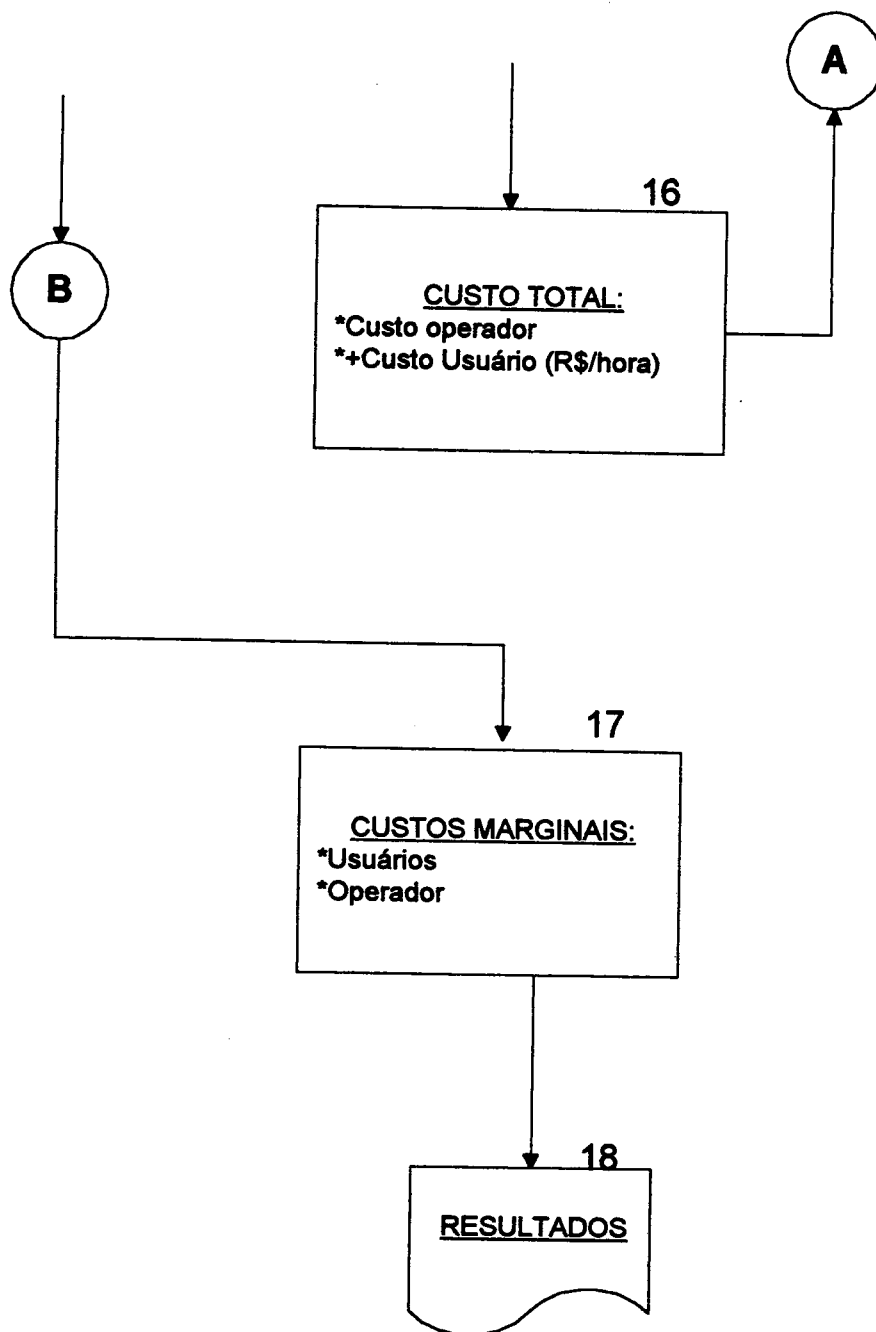


FIGURA 17 (Continuação) - FLUXOGRAMA GERAL DO MODELO

## 5.2 APLICAÇÕES DO MODELO

### 5.2.1 SITUAÇÃO ATUAL

Inicialmente analisamos a situação atual no período de pico, em que o "headway" médio na linha é de 20 minutos, sendo utilizado um ônibus convencional com 28,6 m<sup>2</sup> de área interna e 36 assentos. A tarifa, à época do levantamento, era de R\$ 0,30.

No Quadro 25 são apresentados os resultados da simulação. Observa-se uma lotação máxima de 104 passageiros (68 em pé), levando a uma densidade máxima de 6,0 pass./m<sup>2</sup>.

No que se refere aos custos ( representados no Quadro 25 em R\$ por hora), observa-se que a afirmação de Jansson ( 1984 ) é confirmada plenamente neste caso: o custo generalizado do usuário é bem maior do que o custo do operador. No caso em análise, o custo generalizado total dos usuários é 3,3 vezes maior que o do operador! Esse fato, por si só, justificaria cuidados maiores em melhorar o sistema de transportes públicos através do prisma do próprio usuário.

Outro aspecto importante refere-se ao custo marginal. Para o usuário, uma vez que os veículos já trafegam lotados, um pequeno aumento na demanda significa um acréscimo quase insuportável no desconforto. Daí se ter obtido um custo marginal alto de R\$ 0,22, cerca de 73% do valor da tarifa. Para o operador, de outro lado, o aumento na demanda provoca apenas um acréscimo nos tempos de parada (maior número de passageiros subindo e descendo do veículo ), com o conseqüente efeito nos custos operacionais. Eventuais acréscimos

nos custos de combustível, pneus e de manutenção dos veículos são desprezíveis (Jansson, 1984). Observa-se então, que o custo marginal do operador é pequeno, menos de 10 % do custo marginal do usuário (medido em R\$ por passageiro transportado).

Headway ( min. )	20
<b>Lotação</b>	
• Assentos:	36
• Em Pé (seção crítica):	68
• Total (seção crítica):	104
Área (m2):	28,6
Densidade Pass. em Pé	6,0
Tarifa (R\$):	0,30
Tempo de Ciclo (Min./Seg.):	64:44
Custo Total Usuário (R\$):	359,66
Custo Total Operador (R\$):	108,90
Subsidio (R\$):	0,00
• Custo Global (R\$):	468,56
Custo Marginal Usuário (R\$):	0,22
Custo Marginal Operador (R\$):	0,02

**QUADRO 25 - Linha de ônibus Urbano "Monte Verde" Situação Atual; Sem Subsídio**

### 5.2.2 - SITUAÇÃO OTIMIZADA I

Essa situação corresponde a se buscar a configuração ("headway" e tamanho do veículo) que torne mínimo o custo total (custo do operador + custo dos usuários), seguindo os conceitos e recomendações defendidos por Jansson (1984).

Nesta primeira simulação admitimos que a tarifa a ser cobrada seria proporcional à variação do custo do operador. Ou seja, se o custo do operador aumenta 10% por sair de sua condição atual, a tarifa seria proporcionalmente aumentada de 10% também. Nessa situação não haveria subsídio, já que o acréscimo de custo do operador seria coberto pelos usuários.

No Quadro 26 são apresentados os resultados. A situação de mínimo custo seria representada por "headway" de 14 minutos, com veículos de 20,0 m<sup>2</sup> de área (23 assentos). Observa-se que o usuário estaria implicitamente disposto a enfrentar uma situação de menor conforto (densidade de 6,9 pass./m<sup>2</sup>, contra 6,0 pass./m<sup>2</sup> no caso atual) em troca de um menor "headway".

O tempo de ciclo também cai de 64 min. 44 seg. para 61 min. 50 seg, uma redução de 4,5%, ou quase 3 minutos. O custo total, nessa situação otimizada, cai cerca de 3,5% em relação à situação atual. A tarifa, por sua vez, passaria para R\$ 0,33, um acréscimo de 10%.

Headway ( min. )	14
<b>Lotação</b>	
• Assentos:	23
• Em Pé (seção crítica):	50
• Total (seção crítica):	73
Área (m2):	20,0
Densidade Pass. em Pé	6,9
Tarifa (R\$):	0,33
Tempo de Ciclo (Min./Seg.):	61:50
Custo Total Usuário (R\$):	332,42
Custo Total Operador (R\$):	119,69
Subsidio (R\$):	0,00
• Custo Global (R\$):	452,11
Custo Marginal Usuário (R\$):	0,19
Custo Marginal Operador (R\$):	0,02

**QUADRO 26 - Linha de ônibus Urbano "Monte Verde" Situação Otimizada, Sem Subsídio, Tarifa Variando Proporcionalmente ao Acréscimo de Custo do Operador**

Da análise dos Quadros 25 e 26 pode-se concluir que:

(a) os usuários ficariam melhor atendidos com ônibus menores, de 23 assentos e área interna de 20 m<sup>2</sup>, mas com "hedway" menor, de 14 minutos.

(b) implicitamente os usuários estariam dispostos a pagar uma tarifa um pouco maior (10 % mais cara).

Outra questão importante refere-se aos efeitos distributivos dessa mudança sobre os usuários. Quem ganharia e quem perderia com a alteração?

Para realizar essa análise os pontos de parada foram agrupados em 5 regiões, a saber:



(1) Monte Verde: incluindo os pontos de parada dentro do bairro.

(2) SC - 401 : incluindo os pontos ao longo da rodovia.

(3) Agronômica.

(4) Região Central.

(5) Terminal Centro: apenas o ponto final da linha, no centro da cidade.

No Quadro 27 são apresentados os resultados desagregados por grupo de usuário, ordenados na ordem crescente de importância. Os passageiros que vão do bairro Monte Verde até ao ponto final no centro, representam 28,4 % do movimento. Os resultados apresentados no Quadro 27 permitem avaliar os impactos de alterações no sistema de forma diferenciada.

## QUADRO 27

## Linha de Onibus Urbano Monte Verde

## Beneficios Desagregados Segundo Principais Fluxos

Situacao otimizada, sem subsidio, tarifa variando proporcionalmente acrescimo de custo do operador

## (I) USUARIOS:

Regiao de Origem	Regiao de Destino	Fluxo (pas/h)	Custo Antes (R\$)	Custo Depois (R\$)	Beneficio Liquido (R\$)
Monte Verde	Terminal Centro	136	119.54	110.40	9.14
Monte Verde	Agronomica	79	61.01	56.10	4.91
Monte Verde	Regiao Central	59	50.81	46.94	3.87
Terminal Centro	Monte Verde	31	24.97	23.35	1.62
Agronomica	Monte Verde	23	14.95	13.92	1.03
Agronomica	Agronomica	21	13.30	12.27	1.03
Agronomica	SC - 401	27	11.04	10.29	0.75
SC - 401	Agronomica	12	7.31	6.63	0.69
Agronomica	Regiao Central	9	7.92	7.27	0.64
Regiao Central	Agronomica	12	9.28	8.67	0.60
Terminal Centro	Agronomica	11	7.34	6.83	0.51
Agronomica	Terminal Centro	6	4.64	4.20	0.44
Regiao Central	SC - 401	9	6.55	6.11	0.43
SC - 401	Regiao Central	5	4.42	4.01	0.41
Regiao Central	Monte Verde	8	5.77	5.39	0.38
Monte Verde	SC - 401	8	3.07	2.81	0.26
SC - 401	SC - 401	15	2.30	2.12	0.18
Regiao Central	Regiao Central	3	2.86	2.69	0.17
Terminal Centro	SC - 401	3	1.99	1.86	0.13
SC - 401	Monte Verde	1	0.46	0.42	0.03
Total:		478	359.51	332.28	27.23

## (II) OPERADOR:

108.90 108.90 0.00

## (III) BENEFICIO LIQUIDO:

27.23

Situacao Antes: situacao vigente julho 94, com headway 20 min, veiculo 28,6 m2, 36 assentos, e tarifa R\$ 0,30  
 Situacao Depois: headway 14 min, onibus 20,0 m2 de area, 23 assentos, tarifa R\$ 0,33

### 5.2.3 - SITUAÇÃO OTIMIZADA II

Essa situação corresponde a se buscar a configuração que torne mínimo o custo total, mas mantendo a tarifa em seu nível atual de R\$ 0,30. Pressupõe-se que a Prefeitura cubra o excesso do custo do operador através de subsídio.

No Quadro 28 são apresentados os resultados da otimização. Observa-se que agora, não tendo que cobrir o custo excedente, o usuário tende a melhorar ainda mais suas características de conforto. O "headway" cai de 14 min. para 12 minutos, mantendo-se o mesmo veículo de 20 m<sup>2</sup> de área e de 23 assentos. Conseqüentemente, a densidade máxima de passageiros em pé cai para 5,5 pass./m<sup>2</sup>. O tempo de ciclo também reduz um pouco. Como as condições de conforto melhoram bastante, o custo marginal do usuário cai significativamente (R\$ 0,12). O déficit a ser coberto por subsídio da prefeitura é de R\$ 29,52 por hora, ou 6,8% do custo total.

Headway ( min. )	12
Lotação	
• Assentos:	23
• Em Pé (seção crítica):	39
• Total (seção crítica):	62
Área (m2):	20,0
Densidade Pass. em Pé	5,5
Tarifa (R\$):	0,30
Tempo de Ciclo (Min./Seg.):	61:30
Custo Total Usuário (R\$):	298,13
Custo Total Operador (R\$):	108,90
Subsidio (R\$):	29,52
• Custo Global (R\$):	436,55
Custo Marginal Usuário (R\$):	0,12
Custo Marginal Operador (R\$):	0,02

**QUADRO 28 - Linha de ônibus Urbano "Monte Verde" Situação Otimizada, Com Subsídio, Tarifa atual, sendo o Déficit coberto pelos contribuintes**

#### **5.2.4 - SITUAÇÃO OTIMIZADA SOB O PONTO DE VISTA DO USUÁRIO**

Vamos considerar agora a situação hipotética em que o sistema fosse operado de forma a considerar tão somente o ponto de vista do usuário. Agora procuramos otimizar o sistema tomando como função objetivo não o custo total, mas somente o custo do usuário. Para tal foi imposto um "headway" mínimo de 1 minuto, por restrições operacionais.

No Quadro 29 são apresentados os resultados. Seria utilizado um veículo com área de 55 m<sup>2</sup>, e 48 assentos, não viajando ninguém em pé. O tempo de ciclo cairia bastante, quase 9 minutos menor do que a situação atual ( uma redução de 17% no tempo ). O custo marginal para o usuário, nessa situação seria zero, mas o custo para a sociedade (contribuintes) seria excessivo, como é óbvio. Mas

é claro que, para os usuários, tal situação traria benefícios apreciáveis. No Quadro 30 é mostrada a distribuição dos benefícios pelos diversos grupos de usuários. Observa-se que o grupo principal (fluxo de Monte Verde ao Terminal Central ) teria um benefício de R\$49,86, ou de R\$0,37 por pessoa. Já, na passagem da situação atual para a situação otimizada I, o benefício correspondente foi de R\$9,14, ou R\$0,07 por passageiro.

Fica claro, dessa forma, que na busca da otimização econômica global ( máximo bem estar ) é o usuário que perde mais. O operador, por sua vez, nunca perde porque ou repassa seus custos à tarifa, ou é ressarcido direta ou indiretamente por meio de subsídios. Assim, caso o sistema atual fosse mudado de forma a atender a situação otimizada I, o benefício potencial do usuário não passaria de 19% do benefício pretendido (R\$0,07 em relação à R\$0,37).

Headway ( min. )	1
<b>Lotação</b>	
• Assentos:	48
• Em Pé (seção crítica):	0
• Total (seção crítica):	48
Área (m2):	55,0
Densidade Pass. em Pé	0,0
Tarifa (R\$):	0,30
Tempo de Ciclo (Min./Seg.):	53:51
Custo Total Usuário (R\$):	212,44
Custo Total Operador (R\$):	108,90
Subsidio (R\$):	3130,49
• Custo Global (R\$):	3451,82
Custo Marginal Usuário (R\$):	0,00
Custo Marginal Operador (R\$):	0,01

**QUADRO 29 - Linha de ônibus Urbano "Monte Verde" Situação Otimizada do Ponto de Vista do Usuário, Tarifa atual, Com Subsídio cobrindo o Déficit Operacional do Operador**

## QUADRO 30

## Linha de Onibus Urbano Monte Verde

## Beneficios Desagregados Segundo Principais Fluxos

Situacao otimizada ponto vista usuario, com subsidio

## (I) USUARIOS:

Regiao de Origem	Regiao de Destino	Fluxo (pas/h)	Custo Antes (R\$)	Custo Depois (R\$)	Beneficio Liquido (R\$)
Monte Verde	Terminal Centro	136	119.54	69.69	49.86
Monte Verde	Agronomica	79	61.01	33.85	27.16
Monte Verde	Regiao Central	59	50.81	29.47	21.34
Terminal Centro	Monte Verde	31	24.97	16.75	8.22
Agronomica	Monte Verde	23	14.95	9.31	5.64
Agronomica	Agronomica	21	13.30	7.92	5.38
Agronomica	SC - 401	27	11.04	6.93	4.11
SC - 401	Agronomica	12	7.31	3.88	3.43
Agronomica	Regiao Central	9	7.92	4.54	3.37
Regiao Central	Agronomica	12	9.28	6.16	3.11
Terminal Centro	Agronomica	11	7.34	4.69	2.65
Agronomica	Terminal Centro	6	4.64	2.21	2.44
Regiao Central	SC - 401	9	6.55	4.27	2.28
SC - 401	Regiao Central	5	4.42	2.37	2.05
Regiao Central	Monte Verde	8	5.77	3.77	2.00
Monte Verde	SC - 401	8	3.07	1.63	1.44
SC - 401	SC - 401	15	2.30	1.33	0.96
Regiao Central	Regiao Central	3	2.86	2.00	0.87
Terminal Centro	SC - 401	3	1.99	1.32	0.67
SC - 401	Monte Verde	1	0.46	0.27	0.18
Total:		478	359.51	212.34	147.17

## (II) OPERADOR:

108.90 3239.39-3130.49

## (III) SUBSIDIO:

0.00 3130.49 3130.49

## (III) BENEFICIO LIQUIDO:

-6113.81

Situacao Antes: situacao vigente julho 94, com headway 20 min, veiculo 28,6 m2, 36 assentos, e tarifa R\$ 0,30  
 Situacao Depois: headway 1 min, onibus 55,0 m2 de area, 48 assentos, ninguem em pe', tarifa R\$ 0,30

### 5.2.5 - SITUAÇÃO OTIMIZADA SOB O PONTO DE VISTA DO OPERADOR

No Quadro 31 é apresentada a situação de mínimo custo para o operador, mantendo, no entanto, um limite superior de 60 min. para o "headway". Para o operador seria melhor utilizar o maior ônibus possível ( 70 m<sup>2</sup> de área e 55 assentos ) de forma a aproveitar ao máximo as economias de escala. Na presente análise não consideramos a possibilidade de se operar veículos sem assentos, com todos os passageiros viajando em pé. Mas é óbvio que se tal situação fosse simulada no modelo, o resultado desta situação teria apontado nessa direção.

No Quadro 32 é apresentado um balanço dos benefícios de forma desagregada. Todos os usuários apresentam benefícios negativos. O operador, no entanto, teria seus custos reduzidos de R\$108,90/hora para R\$66,18/hora, uma redução de 39%.

Headway ( min. )	60
Lotação	
• Assentos:	55
• Em Pé (seção crítica):	256
• Total (seção crítica):	311
Área (m <sup>2</sup> ):	70,0
Densidade Pass. em Pé	6,5
Tarifa (R\$):	0,30
Tempo de Ciclo (Min./Seg.):	73:13
Custo Total Usuário (R\$):	580,71
Custo Total Operador (R\$):	66,18
Subsidio (R\$):	0,00
• Custo Global (R\$):	646,89
Custo Marginal Usuário (R\$):	0,18
Custo Marginal Operador (R\$):	0,02

**QUADRO 31 - Linha de ônibus Urbano "Monte Verde" Situação Otimizada do Ponto de Vista do Operador, (Laissez Faire), Sem Subsídio, Headway máximo de 60 minutos, Tarifa atual**

## QUADRO 32

## Linha de Onibus Urbano Monte Verde

## Beneficios Desagregados Segundo Principais Fluxos

Situacao otimizada ponto vista operador, sem subsidio

## (I) USUARIOS:

Regiao de Origem	Regiao de Destino	Fluxo (pas/h)	Custo Antes (R\$)	Custo Depois (R\$)	Beneficio Liquido (R\$)
SC - 401	Monte Verde	1	0.46	0.84	-0.39
Terminal Centro	SC - 401	3	1.99	3.34	-1.35
Regiao Central	Regiao Central	3	2.86	4.44	-1.57
SC - 401	SC - 401	15	2.30	4.24	-1.94
Monte Verde	SC - 401	8	3.07	5.12	-2.05
SC - 401	Regiao Central	5	4.42	6.71	-2.29
Agronomica	Terminal Centro	6	4.64	7.35	-2.71
SC - 401	Agronomica	12	7.31	11.18	-3.87
Regiao Central	Monte Verde	8	5.77	9.74	-3.97
Agronomica	Regiao Central	9	7.92	12.42	-4.51
Regiao Central	SC - 401	9	6.55	11.08	-4.53
Terminal Centro	Agronomica	11	7.34	12.77	-5.43
Regiao Central	Agronomica	12	9.28	15.36	-6.08
Agronomica	Agronomica	21	13.30	21.65	-8.35
Agronomica	SC - 401	27	11.04	19.70	-8.66
Agronomica	Monte Verde	23	14.95	26.69	-11.74
Terminal Centro	Monte Verde	31	24.97	40.99	-16.02
Monte Verde	Regiao Central	59	50.81	80.24	-29.43
Monte Verde	Agronomica	79	61.01	99.47	-38.47
Monte Verde	Terminal Centro	136	119.54	187.15	-67.61
Total:		478	359.51	580.48	-220.97
(II) OPERADOR:			108.90	66.18	42.72
(III) SUBSIDIO:			0.00	0.00	0.00
(III) BENEFICIO LIQUIDO:					-178.24

Situacao Antes: situacao vigente julho 94, com headway 20 min, veiculo 28,6 m2, 36 assentos, e tarifa R\$ 0,30  
 Situacao Depois: headway 60 min, onibus 70,0 m2 de area, 55 assentos, tarifa R\$ 0,30



### 5.2.6 - APRECIÇÃO GERAL

Observamos que a modelagem desenvolvida e aplicada à linha de ônibus Monte Verde é um instrumento muito útil para o exame de configurações diversas, mostrando de forma clara as vantagens e desvantagens econômico-sociais e cada opção.

### 5.3 - ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Um aspecto que nos chamou a atenção desde o início dos trabalhos foi o espaçamento entre pontos de parada. Hoje, com 58 pontos distribuídos ao longo de 22750 metros, tem-se um espaçamento médio de 392 metros entre pontos.

A pergunta que se faz é se o espaçamento mais reduzido entre pontos de parada, atendendo às solicitações de usuários específicos, favorece ou não o sistema como um todo.

A título de análise de sensibilidade efetuamos a simulação de um caso modificado, em que 14 pontos atuais foram eliminados. São eles:

Nº	ponto de parada
02	Assembléia Legislativa
04	Instituto
06	LBA
08	BADESC
10	Escola Dinâmica

14	Entrepasto Baron
16	Escola Geração
23	Madeiraira Florianópolis
37	Jornal O Estado
39	Madeiraira Florianópolis
41	Cassol
43	Ilhacar
45	Casa do Governador
49	Antártica

A eliminação dos pontos foi feita considerando os menores fluxos de origem/destino mas evitando-se, por outro lado, a eliminação de pontos contíguos. Os fluxos de passageiros que sobem em um determinado ponto a ser eliminado foram alocados 50% para o ponto imediatamente posterior e 50% para a parada imediatamente anterior. Tal regra foi adotada por não se conhecer exatamente os locais de origem de cada passageiro de forma a direcioná-lo para o ponto mais próximo.

O percurso adicional médio a pé para um usuário de um ponto de parada eliminado foi estimado considerando a média das distâncias aos dois pontos imediatos. Por exemplo, as cotas (distâncias a partir do terminal) dos pontos 02 ( Assembléia ) e 04 ( Instituto), são respectivamente 700 e 1400 m. Assim, a distância

média adicional até o ponto 03 ( casas da Água ) fica sendo  $1/2(1400 - 700) = 350$  metros, e assim por diante.

Admitindo-se uma velocidade média a pé de 4 Km/hora, obtém-se então, o tempo adicional de percurso a pé para os usuários dos pontos de parada eliminados (conforme foi analisado na secção 5.1, foi considerado um valor monetário do tempo a pé igual ao dobro do valor monetário do tempo quando viajando no ônibus).

No Quadro 33 são apresentados os resultados correspondentes à situação atual, mas com a eliminação dos 14 pontos listados acima.

Headway ( min. )	20
Lotação	
• Assentos:	36
• Em Pé (seção crítica):	67
• Total (seção crítica):	103
Área (m2):	28,6
Densidade Pass. em Pé	6,0
Tarifa (R\$):	0,30
Tempo de Ciclo (Min./Seg.):	62:5
Custo Total Usuário (R\$):	348,28
Custo Total Operador (R\$):	105,88
Subsidio (R\$):	0,00
• Custo Global (R\$):	454,16
Custo Marginal Usuário (R\$):	0,21
Custo Marginal Operador (R\$):	0,02

**QUADRO 33 - Linha de ônibus Urbano "Monte Verde" Situação Atual com Redução de 58 p/ 44 Pontos de Parada, Tarifa de 0,30, Sem Subsídio**

Observa-se que houve um ganho para os usuários, como também para o operador, quando se comparam os resultados do Quadro 33 com os do Quadro 25. Houve uma redução de 3,2% no custo total dos usuários e de 2,8% no custo do operador. O tempo de ciclo, por outro lado, foi reduzido de 4,1% ( 2 min. 39 seg. ).

O espaçamento médio entre pontos de parada, nessa configuração é de  $22750/44 = 517$  metros, significando um acréscimo de 32%. O custo total (usuários + operador ), foi reduzido de 3,1%. Assim, a elasticidade de arco ( não puntual ) do custo total em relação à distância média entre pontos é de aproximadamente  $-3,1/32 = -0,1$ .

O importante a concluir, na presente avaliação, é que o aumento do número de pontos de parada, além de um certo limite, passa a prejudicar o sistema no seu todo, não somente o operador, como também os usuários.

O mesmo tipo de análise foi também realizado considerando-se a situação otimizada do Quadro 26 ( situação otimizada I ) e eliminando-se os 14 pontos acima indicados. No Quadro 34 tem-se os resultados, observando-se que a configuração ótima não se alterou, apenas se observando reduções nos custos dos usuários e do operador.

Headway ( min. )	14
Lotação	
• Assentos:	23
• Em Pé (seção crítica):	49
• Total (seção crítica):	72
Área (m2):	20,0
Densidade Pass. em Pé	6,9
Tarifa (R\$):	0,33
Tempo de Ciclo (Min./Seg.):	59:43
Custo Total Usuário (R\$):	324,08
Custo Total Operador (R\$):	116,85
Subsidio (R\$):	0,00
• Custo Global (R\$):	440,93
Custo Marginal Usuário (R\$):	0,18
Custo Marginal Operador (R\$):	0,02

**QUADRO 34 - Linha de ônibus Urbano "Monte Verde" Situação Otimizada, com Redução de 58 p/ 44 Pontos de Parada, Tarifa Proporcional à Variação do Custo do Operador**

A análise de sensibilidade mostra que a locação dos pontos de parada, apesar de constituir uma variável de segunda ordem, merece uma análise mais aprofundada. Esquemas de operação integrada, por exemplo, poderão reduzir os custos globais, melhorando o desempenho do sistema no seu todo.

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

## CAPÍTULO 6

### → CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho demonstrou que, na prática, as conclusões teóricas de economistas de transportes, reconhecidos internacionalmente, são plenamente confirmadas. Pelo menos é o que se pode observar através da análise da linha de ônibus Monte Verde, em Florianópolis.

Com o levantamento e estudo detido dos parâmetros operacionais ao longo da linha "Monte Verde", foi possível detalhar e quantificar as principais variáveis do sistema -como a cronometragem dos tempos de deslocamento, dos tempos de parada nos pontos e de subida e descida dos passageiros; levantamento da velocidade, por trechos, ao longo de todo o trajeto; a medição e cálculo da aceleração e desaceleração.

De posse de todos estes dados, traçou-se a curva de marcha do ônibus, através da qual, pode-se acompanhar o movimento do veículo ao longo do percurso, determinando o momento de passagem em cada parada. A mensuração exata, ponto-a-ponto e cumulativa, do tempo de viagem possibilitou a composição do custo generalizado do usuário de forma desagregada.

Com a curva de marcha é possível fazer o acompanhamento da operação do veículo ao longo da via. A partir do gráfico, fica visível os pontos onde acontecem os maiores atrasos. Com este dado, o problema é checado no local exato e, assim, é verificado se a

causa desses atrasos está na via, se no excesso de pontos de parada, se são paradas de grande movimento de passageiros, etc.

Simulando uma curva de marcha (considerando o tempo de deslocamento em cada segmento e o tempo de parada nos pontos) e, deduzindo da curva de marcha real, estimou-se os tempos de retardamento em todo o trajeto, ou seja, o tempo perdido no percurso em função de condicionantes externas. Este dado pode ser usado como uma medida da eficiência do sistema. Considerando que o serviço é tanto mais eficiente, quanto menor for o distanciamento entre as duas curvas.

Os resultados apresentados pela metodologia de pesquisa com os usuários, se mostraram bastante satisfatórios. Diante das especificidades da amostra, constatou-se a eficiência das técnicas de pesquisa de preferência declarada, tanto na aquisição dos dados (flexibilidade na forma de apresentação da pesquisa ao entrevistado, simplicidade na realização da entrevista, o que permite a um indivíduo com pouca informação manipular um volume significativo de dados, entre outros), como no ajuste do modelo. Os dados fornecidos pelo modelo se mostraram bastante realísticos. Isto demonstra que o método de entrevista e o material utilizado foram eficientes na extração das informações do público alvo. Com destaque para o item conforto, que na literatura (Sena, 1994) não havia apresentado valores satisfatórios.

O enfoque micro-analítico utilizado nesta dissertação, envolvendo a modelagem matemática detalhada da oferta e da demanda na linha em questão, permite quantificar em maior detalhe os custos e os benefícios resultantes. Um dos aspectos importantes é a



possibilidade de analisar, de forma distributiva os benefícios para grupos diferentes de usuários. Esse resultado é importante porque os atributos da oferta atingem de formas diversas os usuários localizados ao longo da linha.

A modelagem de avaliação apresentada, permite simular diversas situações para a quantificação das economias e deseconomias incorridas por cada agente envolvido na produção do transporte público de passageiros. Seja para os usuários, para o operador, ou para a comunidade, caso haja a contribuição com o sistema através de subsídios.

O ajuste da situação atual apontou um custo generalizado para o usuário 3,3 vezes maior do que o custo do operador, confirmando as observações dos estudiosos de economia de transporte (Jansson, 1994). Sendo o usuário onerado de tal forma na compra deste serviço, fica claro que, se possível, ele irá substituí-lo facilmente por outro meio de transporte. Isto é confirmado pelo custo marginal que alcança um valor 73% do valor da tarifa. Estes resultados sugerem uma resposta à crescente queda da demanda por transportes públicos por ônibus. A confirmação desta hipótese poderia ser feita através de um estudo que avaliasse os custos incorridos pelo usuário em cada modalidade do transporte de passageiros e o efeito substituição entre elas.

Em uma situação de mínimo custo social total haveria uma redução do "headway" médio e do tamanho do veículo, o que significa que o sistema está atualmente operando com deseconomias de escala. O modelo demonstrou que em função da melhoria nos serviços

oferecidos, os usuários estão dispostos a pagar uma tarifa maior (no nosso caso, um valor 10% maior).

A avaliação dos custos e benefícios, por grupos homogêneos de usuários, demonstrou que além da estratificação pela localização geográfica, existe ainda, a diferenciação com relação à qualidade do serviço oferecido em cada trecho da viagem. A mensuração dos custos é feita com base na atribuição de valores relativos aos diferentes atributos e aos diversos níveis que compõe cada serviço. Por exemplo, em uma situação de mínimo custo social, os usuários que vão do terminal central para o bairro (viajando em um ônibus com alguns passageiros em pé) percebem um custo de R\$23,35, enquanto a viagem para os que vão no sentido contrário (bairro-Terminal Central), em um ônibus lotado, custa R\$110,40. Em um outro caso, os usuários que vão do Monte Verde para a Região Central percebem um custo menor (R\$46,94) do que aqueles que desembarcam na Agrônômica (R\$56,10). Isto acontece porque, descendo todos os passageiros desta zona, o nível de serviço para os que permanecem no ônibus sobe, implicando em uma queda do custo.

Os modelos utilizados apresentaram ajustes bastante satisfatórios em relação aos dados levantados, mostrando assim que a metodologia empregada pode ser utilizada satisfatoriamente em estudos similares, para os órgãos controladores do transporte público urbano.

Outros tipos de trabalhos semelhantes ao presente poderão ser realizados em continuação como, por exemplo, uma avaliação da localização ótima dos pontos de parada. Para isso seria necessário identificar as origens e destinos dos usuários e incorporar na

pesquisa SP as preferências em relação aos locais alternativos de parada dos ônibus.

Outro aspecto que pode ser abordado em outros trabalhos é a distribuição da oferta e da demanda ao longo do dia (pico e fora de pico), buscando um ponto de equilíbrio que leve em conta tais oscilações.

Caso a metodologia seja aplicada em diversas linhas de ônibus de um centro urbano, será também possível definir veículos padrões para tipos diversos de operação, considerando, para isso, os custos globais e as economias de escala conforme a linha metodológica preconizada pela moderna Economia de Transportes adotada nesta dissertação.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## → REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATES, J. ( 1991 ): " *Introduction to Stated Preference Techniques: Theoretical Basis and Other Key Issues* ". P.T.R.C. Course Lecture Notes., Oxford University, Inglaterra.
- BEN-AKIVA, M & LERMAN, S. R. ( 1985 ): " *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*", The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, E. U. A.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. (1983): " *Estudo de Remanejamento de Pontos de Parada de Ônibus das Linhas Insulares.*" Projeto de Assistência Técnica à EBTU para a Prefeitura Municipal de Florianópolis - PROTEC. / FLN. Brasília: GEIPOT. Relatório Técnico N° 37.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. ( 1976 ): " *Projeto de Inovações na Tecnologia de Transportes Urbanos.*" Brasília: GEIPOT.
- CARDOSO, D. D. & M. B. PINHEIRO (1989): " *Uma Nova Metodologia de Avaliação do Serviço de Transporte pelo Usuário.*" Revista dos Transportes Públicos, ANTP, ano 11, n° 44, Junho, pp. 79-93.
- CARVALHO, M. C. M. (1993): " *Transporte Rodoviário de Passageiros - Um Modelo de Divisão de Mercado.*" Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis/SC.

- CHAPMAN, R.G. e R. STAELIN. ( 1982 ): " *Exploiting Rank Ordered Choice Set Data Within the Stochastic Utility Model* ". Journal of Marketing Research. Vol. 19, pp. 288-301.
- COSTA NETO, Pedro Luiz O. ( 1977 ): " *Estatística* ". Editora Edgard Blücher ltda, São Paulo.
- CRUZ, J. A. ( 1991 ): " *Modelo de Demanda Variável para a Determinação da Oferta de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus*". Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis/SC.
- CUNDILL, M. A. and P. F. WATTS. ( 1973 ): " *Bus Boarding and Alighting Times* ". TRRL -Transport and Road Research Laboratory, Transport Operations Department, Public Transport Division. Crowthorne, Berkshire, UK.
- DE CEA, J. e J. E. FERNÁNDEZ ( 1989 ): " *Transit Assignment to Minimal Routes: an Efficient New Algorithm* ". Traffic Engineering and Control, vol 30, n. 10, pp 491-494.
- EFRÓN, A. J. (1995): " *Indústria Hoteleira em Balneário Camboriu: uma Visão Através de Modelos de Preferência Declarada*." Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção, Florianópolis/SC.
- FARIA, C. A. (1991): " *Avaliação do Nível de Serviço do Transporte Coletivo Urbano sob o Ponto de Vista do Usuário: O Enfoque Multivariado*." Tese de Doutorado, Escola Politécnica da USP, São Paulo/SP.

- FERGUSON, C. E. ( 1989 ): " *Microeconomia.* " Ed. Forense Universitária, Rio de Janeiro/RJ.
- FOWKES, A. S. ( 1991 ): " *Recent Developments in Stated Preference Techniques in Transport Reserch.* " P.T.R.C. Course Lecture Notes. Institute for Transport Studies and School of Business and Economic Studies, University of Leeds.
- GUENTHNER, R. P. and K. C. SINHA. ( 1983 ): " *Modeling Bus Delays Due to Passenger Boarding and Alightings.* " Transportation Research Record, N<sup>o</sup> 915, National Research Council, pp 7-13, Washington, DC. EUA.
- HENDRICKSON, C. T. ( 1981 ): " *Travel Time and Volume Relationships in Scheduled, Fixed-Route Public Transportation.* " Transportation Research A, vol. 15 A, pp 173-182.
- JANSSON, J. O. ( 1993 ): " *Optimal Public Transport Price and Service Frequency.* " Journal of Transport Economics and Policy. Vol. XXVII, n<sup>o</sup> 01, pp. 33-50.
- \_\_\_\_\_ ( 1984 ): " *Transportation System Otimization and Pricing* ". Jonh Wiley & Sons Ltd, Great Britain.
- JONES, P. ( 1991 ): " *An Overview of Stated Preference Techniques* ". P.T.R.C. Course Lecture Notes. Transport Studies Unit, Oxford University, Inglaterra.
- KASSAB, P. " *Considerações Sobre o Desempenho Operacional e Econômico dos Sistemas de Transporte Urbano* ", Cia Municipal de Transportes Coletivos (CMTC), São Paulo, SP, Julho 1979.

- KINGSTON, H. ( 1991 ): " *Stated Preference: A client's point of view*". P.T.R.C. Course Lecture Notes. Oxford University, Inglaterra.
- KROES, E. ( 1991 ): " *Analysing Stated Preferences* ". P.T.R.C. Hague Consulting Group, The Netherlands.
- LAYARD, R. ( 1972 ): " *Cost Benefit Analysis* ", Penguin Modern Economics Readings, Harmondsworth, Inglaterra.
- MANUAL de Operación de Transporte Público. SZAZ, P. A. México, 1993.
- MCINTOSH, P. T. and D. A. QUARMBY ( 1970 ): " *Generalised Costs and the Estimation of Movement Costs and Benefits in Transport Planning* ". Report 179, Mathematical Advisory Unit, Department and Environment, Great Britain.
- MOHRING, H. ( 1972 ): " *Otimização and Scale Economies in Urban Bus Transportation* ", American Economics Review, vol. 62, pp. 591-604.
- NOVAES, A. G. (1978 ) : "*Métodos de Otimização: Aplicações aos transportes*", Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, SP.
- \_\_\_\_\_ ( 1986 ) : " *Sistemas de Transportes* " ( vol. 1, Análise da Demanda; vol. 2, Análise da Oferta), Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, SP.
- O.E.C.D. ( 1985 ): " *Co-Ordinated Urban Transport Pricing*." Paris.
- ORAN, A. H. F. ( 1983 ): " *Um Sistema de Custos para as Empresas de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus* ". Dissertação de



Mestrado, Departamento de Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis/SC.

ORTÚZAR, J. D. and L. G. WILLUNMSEN ( 1990 ): " *Modeling Transport*". Jonh Wiley & Sons Ltd, Great Britain.

SENA, L. A. S., J. de TONI & L. A. LINDAU (1994): " *O Valor Monetário Atribuído pelos Usuários ao Conforto no Transporte Público* ". VIII Encontro Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Anais VIII ANPET, vol. II, pp. 95-105, Recife/PE, Novembro de 1994.

SHEFFI, Y. (1985): " *Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods*." Prentice-Hall, INC., Englewood Cliffs, New Jersey, U. S. A.

SMALL, K. A. ( 1992 ): " *Urban Transportation Economics* ". Harwood Academic Publishers, Switzerland.

TRÂNSITO, Transportes Coletivos e Comunicações - TTC. (1986): " *Acompanhamento Econômico e Administração Tarifária*". Brasília: EBTU. 3 V.

TRANSPORT and Road Research Laboratory - TRRL. ( 1980 ): " *The Demand for Public Transport: Report of the International Collaborative Study of the Factors Affecting Public Transport Patronage* ", Crowthorne, Great Britain.

URBANIZAÇÃO de Curitiba S. A. ( URBS ). " *Catálogos de Especificações Técnicas da Frota de Ônibus Utilizadas na Cidade de Curitiba/PR* ". URBS, Prefeitura Municipal de Curitiba.1994.

VICKREY, W. ( 1955 ) : "*Some Implications of Marginal Cost Pricing for Public Utilities*", American Economic Review, May, 1955.

YARDIN, A. R., A. R. JAUREGUI y N. CUESTA. ( 1989 ): "*Los Costos en el Transporte Urbano de Pasajeros.*" Ediciones Macchi, Buenos Aires, Argentina.

## **ANEXOS**

**ANEXO I**  
**Resultados da Pesquisa Prévia**

**MOTIVO DA VIAGEM**

<b>TRABALHO</b>	<b>OUTROS ( COMPRAS, ESCOLA, ETC.)</b>
24	10

**SEXO**

<b>FEMININO</b>	<b>MASCULINO</b>	<b>FEMININO</b>	<b>MASCULINO</b>
8	16	9	1

**MOTIVO TRABALHO - MASCULINO**

**NÍVEL DE RENDA**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
5	3	4	3	1

**NÚMERO DE VIAGENS POR DIA**

1	2	3 a 4	+de 4	1	2	3 a 4	+de 4	1	2	3 a 4	+de 4	1	2	3 a 4	+de 4	1	2	3 a 4	+de 4
0	2	3	0	0	2	1	0	0	3	1	0	0	3	0	0	0	1	0	0

**MOTIVO TRABALHO - FEMININO**

**NÍVEL DE RENDA**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
4	1	2	1	0

**NÚMERO DE VIAGENS POR DIA**

1	2	3 a 4	+de 4	1	2	3 a 4	+de 4	1	2	3 a 4	+de 4	1	2	3 a 4	+de 4	1	2	3 a 4	+de 4
0	4	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0





