

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA NA GESTÃO DO TRANSPORTE URBANO POR ÔNIBUS EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Ana Maria Volkmer de Azambuja

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito parcial para obtenção do título de doutor
em Engenharia de Produção

Florianópolis

2002

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA NA GESTÃO DO TRANSPORTE URBANO POR ÔNIBUS EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Esta tese foi julgada e aprovada para a obtenção do título de **Doutor em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 24 de maio de 2002.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Antônio Galvão Novaes, Dr.
Orientador

Leonardo Melgarejo, Dr.

Luiz Afonso dos Santos Senna, PhD. Miriam Buss Gonçalves, Dra.

Rutsnei Schmitz, Dr.

Sérgio Fernando Mayerle, Dr.

Aos meus pais e irmãos, pelo carinho e
confiança que sempre depositaram
Ao meu marido, pelo apoio e compreensão
Ao meu filho Guilherme que, ainda no
ventre materno, já divide as ansiedades
e alegrias deste momento

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES

Ao Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de
Santa Catarina

Ao Prof. Antônio Galvão Novaes, que estimulou o desenvolvimento deste estudo,
fornecendo material, disponibilidade para discussão do tema e constante
acompanhamento

Ao Prof. Leonardo Melgarejo, pela dedicação e amizade, tornando possível a realização
deste estudo

A ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos, que disponibilizou,
antecipadamente, os últimos Anuários

Aos diversos órgãos gestores de transporte, que colaboraram fornecendo informações
importantes

A todos os amigos que, direta ou indiretamente, participaram desta etapa e
contribuíram com sua compreensão

Sumário

Lista de Figuras.....	p. x
Lista de Quadros.....	p. xii
Lista de Tabelas.....	p. xiii
Lista de Reduções.....	p. xvii
Resumo.....	p. xxii
Abstract.....	p. xxiv
1 INTRODUÇÃO.....	p. 1
1.1 Um Breve Histórico da Evolução do Transporte Urbano de Passageiros no Brasil.....	p. 1
1.2 Justificativa.....	p. 4
1.3 Objetivos.....	p. 9
1.4 Contribuição deste Estudo.....	p. 10
1.5 Estrutura do Trabalho.....	p. 10
2 O PROBLEMA OBJETO DA PESQUISA.....	p. 12
2.1 Introdução.....	p. 12
2.2 Situação Atual do Transporte Urbano.....	p. 14
2.3 Principais Eventos que marcaram Mudanças no Transporte por Ônibus nos últimos anos.....	p. 17
2.4 A Importância do Poder Público no Gerenciamento do Setor de Transporte por Ônibus.....	p. 21
2.4.1 A Gestão e Regulamentação do Transporte Público por Ônibus.....	p. 24
3 ANÁLISE DA REGULAMENTAÇÃO DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS EM ALGUNS MUNICÍPIOS BRASILEIROS.....	p. 32
3.1 Características dos Municípios quanto à Regulamentação do Transporte Coletivo por Ônibus.....	p. 32
4 CONCEITOS DE PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA.....	p. 50
4.1 Produtividade.....	p. 50

4.1.1 Fator de Produtividade Total.....	p. 53
4.2 Eficiência.....	p. 58
4.2.1 Técnicas para Obtenção de Medidas de Eficiência.....	p. 69
5 TÉCNICAS PARAMÉTRICAS PARA MEDIR EFICIÊNCIA.....	p. 71
5.1 Funções de Produção.....	p. 72
5.1.1 Variações na Escala.....	p. 73
5.1.2 Modelos de Função de Produção.....	p. 77
5.1.2.1 Modelos de Fronteira de Produção Determinísticos.....	p. 77
5.1.2.1.1 Função de Produção Cobb-Douglas.....	p. 81
5.1.2.1.2 Função de Produção Translog.....	p. 82
5.1.2.2 Modelos de Fronteira de Produção Estocástica.....	p. 85
5.1.2.2.1 Vantagens e Desvantagens do Método de Fronteira Estocástica.....	p. 90
5.1.3 Estudos realizados estimando Funções de Produção em Transporte.....	p. 92
5.2 Funções de Custo.....	p. 94
5.2.1 Propriedades das Funções de Custo.....	p. 98
5.2.2 Modelos de Fronteira de Custo de uma única Equação.....	p. 100
5.2.2.1 Modelos de Custo em Operação de Transporte de Ônibus.....	p. 101
5.2.2.2 Funções de Custo Translog.....	p. 105
5.2.3 Modelos de Fronteira de Custo Estocástica.....	p. 109
5.2.4 Estudos realizados estimando Funções de Custo.....	p. 110
5.3. A Dualidade e a Propriedade de Simetria entre as Funções de Produção e de Custo.....	p. 120
5.3.1 A Dualidade.....	p. 120
5.3.2 Simetria.....	p. 124
5.4 Alguns Comentários sobre as Funções de Produção e Custo.....	p. 124
6 TÉCNICAS NÃO-PARAMÉTRICAS PARA MEDIR INEFICIÊNCIA.....	p. 127
6.1 Um Breve Histórico sobre a Análise Envoltória de Dados.....	p. 127
6.2 Definição de Análise Envoltória de Dados.....	p. 129

6.2.1 Usos da Técnica AED.....	p. 132
6.3 Decomposição da Eficiência Técnica Total sob a Ótica da Análise Envoltória de Dados (AED).....	p. 133
6.3.1 Eficiência Técnica Pura	p. 134
6.3.2 Eficiência de Escala.....	p. 135
6.3.3 Eficiência de Congestionamento.....	p. 139
6.4 Modelos AED Básicos.....	p. 141
6.4.1 Modelo Aditivo.....	p. 143
6.4.2 Modelo Multiplicativo.....	p. 148
6.4.3 Modelos Orientados.....	p. 151
6.4.3.1 Orientação para Insumo.....	p. 153
6.4.3.2 Orientação para Produto.....	p. 155
6.5 Unidades de Medida.....	p. 159
6.6 Identificação de práticas de operação eficientes.....	p. 160
6.7 Algumas Limitações e Possíveis Problemas na Aplicação do Método AED.....	p. 168
6.8 Alguns estudos realizados utilizando Modelos AED.....	p. 170
6.9 Alguns estudos realizados comparando Modelos AED com Análise de Regressão.....	p. 172
6.10 Principais Características dos Métodos utilizados para medir Eficiência.....	p. 173
7 PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA NO TRANSPORTE URBANO.....	p. 179
7.1 Principais Fatores Responsáveis pelo Declínio da Produtividade e Eficiência no Setor Transporte.....	p. 179
7.1.1 Subsídio.....	p. 180
7.1.2 Forma de Propriedade.....	p. 184
7.1.3 Regulamentação.....	p. 185
7.1.4 Formas de Remuneração.....	p. 187
7.2 As Diferentes Visões de Qualidade no Transporte Público.....	p. 191
7.3 Avaliação da Performance em Empresas de Transporte Público.....	p. 193

7.3.1 Alguns Indicadores de Eficiência em Transporte.....	p. 197
8 METODOLOGIA.....	p. 200
8.1 Análise sobre os Métodos descritos para medir Eficiência.....	p. 200
8.2 Base de Dados.....	p. 204
8.3 Considerações Metodológicas.....	p. 207
8.4 Aplicação da Metodologia.....	p. 208
8.4.1 Análise de Inconsistência dos Dados.....	p. 210
8.4.2 Análise Estatística dos Dados.....	p. 210
8.4.3 Análise de Eficiência entre os Municípios, para o Ano de 1998.....	p. 211
8.4.4 Restringindo os Pesos das Variáveis.....	p. 213
8.4.5 Comparação das Performances (Graus de Ineficiência) apresentadas pelos Municípios, entre os Anos de 1997 e 1998 e entre 1998 e 2000.....	p. 214
9 MODELAGEM E ANÁLISE DOS RESULTADOS ALCANÇADOS A PARTIR DO MODELO.....	p. 215
9.1 Variáveis Analisadas.....	p. 215
9.2 Base de Dados.....	p. 217
9.3 Análise de Eficiência para os Anos de 1998 e 2000.....	p. 219
9.3.1 Impondo Restrições nos Pesos atribuídos pelos Municípios às variáveis selecionadas para compor o modelo analítico.....	p. 237
9.4 Análise de Eficiência para os Municípios pertencentes ao Grupo 2.....	p. 256
9.5 Comparação de Eficiências para os Anos de 1997, 1998 e 2000.....	p. 267
10 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO MODELO DE EFICIÊNCIA COM AS REGULAMENTAÇÕES EXISTENTES EM ALGUNS MUNICÍPIOS BRASILEIROS.....	p. 277
10.1 Municípios Brasileiros Analisados.....	p. 277
10.2 Avaliação quanto à Regulamentação dos Municípios Eficientes e Ineficientes.....	p. 280
11 CONCLUSÕES.....	p. 286
11.1 Limitações do Estudo.....	p. 290
11.2 Recomendações para a Administração Pública.....	p. 291

11.3 Recomendações para Estudos Futuros.....	p. 293
12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	p. 294
ANEXOS.....	p. 315
ANEXO 1: Bases de Dados utilizadas dos Anuários ANTP dos Transportes Urbanos.....	p. 315
ANEXO 2: Notas Explicativas dos termos utilizados nos Anuários ANTP.....	p. 324
ANEXO 3: Algumas Notas Explicativas sobre Procedimentos Analíticos utilizados pelo Software IDEAS nas Avaliações de Eficiência.....	p. 328
APÊNDICE: Processo de Estimação do Modelo de Eficiência de Gestão do Transporte Urbano por Ônibus pelos Municípios	p. 341

Lista de Figuras

Figura 1: A Fronteira de Produção e a Eficiência Técnica.....	p. 60
Figura 2: Medidas de Eficiência Técnica de Debreu-Farrell.....	p. 62
Figura 3: Produtividade, Eficiência Técnica e Economias de Escala.....	p. 63
Figura 4: Isoquantas representando diferentes Níveis de Produção.....	p. 64
Figura 5: Ilustração de Eficiência Alocativa.....	p. 65
Figura 6: Mudanças em Eficiência Alocativa.....	p. 67
Figura 7: Função de Produção para Dois Insumos e Um Produto.....	p. 72
Figura 8: Retornos de Escala Constantes.....	p. 73
Figura 9: Retornos Crescentes de Escala.....	p. 74
Figura 10: Retornos Decrescentes de Escala.....	p. 74
Figura 11: Elasticidades de Substituição e Formas da Isoquanta.....	p. 77
Figura 12: A Função de Produção de Fronteira Estocástica da Função Cobb-Douglas.....	p. 87
Figura 13: Eficiência Técnica Total.....	p. 134
Figura 14: Eficiência de Escala.....	p. 135
Figura 15: Retornos de Escala através dos pesos dos insumos e produtos.....	p. 137
Figura 16: Retornos de Escala através do intercepto do hiperplano suportante.....	p. 138
Figura 17: Representação de Congestionamento.....	p. 140
Figura 18: Superfície Envoltória para o Modelo Aditivo para as Unidades.....	p. 147
Figura 19: Faceta definindo o Hiperplano para o Modelo Aditivo.....	p. 147
Figura 20: Superfície Envoltória Cobb-Douglas.....	p. 149
Figura 21: Superfície Envoltória para o Modelo BCC orientado para Insumo.....	p. 154

Figura 22: Superfície Envoltória para o Modelo BCC orientado para Produto.....	p. 157
Figura 23: Superfície Envoltória para o Modelo CCR orientado para Insumo.....	p. 157
Figura 24: Hiperplano Suportante para o Modelo CCR orientado para Produto.....	p. 158
Figura 25: Relação entre PASSANO e TONIB dos municípios, informados no Anuário ANTP dos Transportes Urbanos – 1998.....	p. 218
Figura 26: Relação entre PASSANO e TONIB dos municípios incluídos no Anuário ANTP dos Transportes Urbanos - 1998, retirando os "outliers" (São Paulo e Rio de Janeiro).....	p. 219

Lista de Quadros

Quadro 1: Comparação entre os diversos Métodos utilizados para medir Eficiência.....	p. 174
Quadro 2: Variáveis analisadas com suas respectivas abreviaturas e definições.....	p. 216
Quadro 3: Grupos de Municípios formados pela Análise de Agrupamento.	p. 228
Quadro 4: Municípios Eficientes para os anos de 1998 e 2000.....	p. 231
Quadro 5: Municípios Eficientes para os anos de 1998 e 2000, impondo restrições nos pesos.....	p. 241
Quadro 6: Retornos de Escala para os municípios analisados para os anos de 1997, 1998 e 2000.....	p. 273

Lista de Tabelas

Tabela 1: Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo Aditivo com Retornos de Escala Variáveis e Constantes.....	p. 144
Tabela 2: Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo Multiplicativo com Retornos de Escala Variáveis e Constantes.....	p. 148
Tabela 3: Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com orientação para Insumo com Retornos de Escala Variáveis e Constantes.....	p. 153
Tabela 4: Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com Orientação para Produto com Retornos de Escala Variáveis e Constantes.....	p. 156
Tabela 5: Matriz de Eficiência Cruzada - "n" unidades.....	p. 161
Tabela 6: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo de Eficiência para os anos de 1998 e 2000, e os respectivos Municípios que atribuíram maior peso a cada variável.....	p. 222
Tabela 7: Escores de Eficiência para os municípios analisados para os anos de 1998 e 2000.....	p. 223
Tabela 8: Estatísticas Descritivas das variáveis incluídas no modelo de eficiência para os anos de 1998 e 2000	p. 227
Tabela 9: Estatísticas Descritivas dos três Grupos de Municípios.....	p. 229
Tabela 10: Municípios Referências para os Benchmarkings dos municípios ineficientes.....	p. 232
Tabela 11: Nº de vezes que cada município eficiente aparece como referência para os municípios ineficientes.....	p. 236

Tabela 12: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo de Eficiência e os respectivos Municípios que atribuíram maior peso a cada variável, após a imposição de restrições nos pesos.....	p. 238
Tabela 13: Escores de Eficiência para os municípios analisados nos anos de 1998 e 2000, para o Modelo de Eficiência com Restrições nos Pesos.....	p. 239
Tabela 14: Referências Principais para os Municípios Ineficientes, após a imposição de restrições nos pesos	p. 242
Tabela 15: Número de vezes que cada município eficiente aparece como referência para os municípios ineficientes, após a restrição nos pesos.....	p. 246
Tabela 16: Fontes e quantias de ineficiências para cada município ineficiente, em 1998.....	p. 250
Tabela 17: Fontes e quantias de ineficiências para cada município ineficiente, em 2000.....	p. 253
Tabela 18: Escores de Eficiência para os municípios pertencentes ao Grupo 2, para os anos de 1998 e 2000.....	p.256
Tabela 19: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo de Eficiência pelo Grupo 2 e os respectivos Municípios que atribuíram maior peso a cada variável, para os anos de 1998 e 2000.....	p. 259
Tabela 20: Municípios do Grupo 2 que servem de referências para os municípios ineficientes, para os anos de 1998 e 2000.....	p. 260
Tabela 21: Número de vezes que cada município eficiente pertencente ao Grupo 2, aparece como referência para os municípios ineficientes, para os anos de 1998 e 2000.....	p. 263
Tabela 22: Escores de Eficiência para os municípios pertencentes ao Grupo 2, para os anos de 1998 e 2000, impondo restrições nos pesos....	p. 264
Tabela 23: Comparação dos Escores de Eficiência para 43 municípios analisados para os anos de 1997 e 1998.....	p. 268

Tabela 24: Comparação dos Escores de Eficiência para 40 municípios analisados para os anos de 1998 e 2000.....	p. 270
Tabela 25: Base de Dados Referente ao Anuário ANTP dos Transportes Urbanos – 1998.....	p. 315
Tabela 26: Base de Dados Referente ao Anuário ANTP dos Transportes Urbanos – 1997.....	p. 318
Tabela 27: Base de Dados Referente ao Anuário ANTP dos Transportes Urbanos – 2000.....	p. 320
Tabela 28: Renda Familiar per Capita Média Mensal por Município – 1991.....	p. 321
Tabela 29: Correlações Altas e Significativas entre a Variável Nº de Passageiros transportados por Ano e as demais variáveis (nível de significância de 5%).....	p. 341
Tabela 30: Primeiro Índice de Eficiência (EF1).....	p. 342
Tabela 31: Correlações altas e significativas entre EF1 e as demais variáveis (nível de significância de 5%).....	p. 346
Tabela 32: Escores de Eficiência (EF2) para os 84 municípios analisados.....	p. 347
Tabela 33: Correlações altas e significativas entre o Índice de Eficiência EF2 e as demais variáveis (nível de significância de 5%).....	p. 350
Tabela 34: Escores de Eficiência para os 82 municípios analisados.....	p. 351
Tabela 35: Correlações altas e significativas entre o Índice de Eficiência EF3 e as demais variáveis (nível de significância de 5%).....	p. 354
Tabela 36: Escores de Eficiência para os 79 municípios analisados.....	p. 355
Tabela 37: Correlações altas e significativas entre o Índice de Eficiência EF4 e as demais variáveis (nível de significância de 5%).....	p. 358
Tabela 38: Escores de Eficiência para os 64 municípios analisados.....	p. 359
Tabela 39: Correlações altas e significativas entre o Índice de Eficiência EF5 e as demais variáveis (nível de significância de 5%).....	p. 361

Tabela 40: Escores de Eficiência para os 51 municípios analisados.....	p. 362
Tabela 41: Eficiência Média calculada para cada Índice de Eficiência para os 51 municípios.....	p. 364
Tabela 42: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis.....	p. 368
Tabela 43: Escores de Eficiência para os 66 municípios analisados para o Modelo de Eficiência EF7.....	p. 368
Tabela 44: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo EF7.....	p. 371
Tabela 45: Escores de Eficiência para os 64 municípios analisados para o Modelo de Eficiência EF8.....	p. 372
Tabela 46: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo EF8.....	p. 374
Tabela 47: Escores de Eficiência para os 67 municípios analisados para o Modelo de Eficiência EF9.....	p. 375
Tabela 48: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo EF9.....	p. 378

Lista de Reduções

Abreviaturas

ex.: exemplo

Siglas

AED – Análise Envoltória de Dados

ANTP – Associação Nacional dos Transportes Públicos

BHTRANS - Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S/A

BCC – Banker, Charnes e Cooper

CCR – Charnes, Cooper e Rhodes

CM – custo médio

CMarg – custo marginal

CCTC - Companhia Campineira de Transporte Coletivo

CT – custo total

DTU – Departamento de Transportes Urbanos de Brasília

EBTU – Empresa Brasileira de Transportes Urbanos

EC – eficiência de custo

EF – Ineficiência técnica pura

EFC – Ineficiência de Congestionamento

EFS – Ineficiência de escala

EFT – Ineficiência técnica total

EMDEC - Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas S/A

EMS – Efficiency Measurement System

EMTU – Empresas Metropolitanas de Transportes Urbanos

FDTU – Fundo de Desenvolvimento dos Transportes urbanos

FPP – Fator de Produtividade Parcial

FPT – Fator de Produtividade Total
GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEAS – Integrated Data Envelopment Analysis System
IDO - Índice de Desempenho Operacional
IPK – Índice Passageiro por Quilômetro
IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
KMSERANO – Quilometragem em Serviço por Ano
Nº LINHAS - número total de linhas existentes para o transporte urbano por ônibus de passageiros no município
NTU – Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano
PASSANO - Nº de Passageiros transportados por ano
PM - produto marginal derivado do trabalho
REC – Retornos de Escala Constantes
RECR – Retornos de Escala Crescentes
RED – Retornos de Escala Decrescentes
RENC – Retornos de Escala Não Constantes
REV – Retornos de Escala Variáveis
SETRANSP - Secretaria de Transportes de Campinas
SIMAV - Sistema de Monitoração Automática de Veículos
STU – Superintendência de Transportes Urbanos
TMST - taxa marginal de substituição técnica
TOTFUNCI - número total de funcionários que trabalham nas empresas prestadoras de serviço de transporte urbano por ônibus,
TOTONIB - Nº total de ônibus existentes no município.
UTD – Unidade de Tomada de Decisão

Símbolos

a – parâmetro da função de produção translog ou uma função de custo

- A – parâmetro da função de produção Cobb-Douglas
- b – parâmetro da função de produção translog
- C – função de custo
- d – relação entre o maior e o menor peso encontrado para o produto “r”
- D – despesa, ou seja, as quantidades de insumos utilizadas multiplicadas pelos seus respectivos preços
- e – excesso de insumo
- er – erro na função de produção
- E_i – elasticidade de produção parcial do i-ésimo insumo
- EPr - elasticidade de preço
- EPT - elasticidade de produção total
- ET_j – eficiência técnica orientada para produto do produtor “i”
- $f(x_i, \beta)$ - função de produção
- I – insumos da função de produção Cobb-Douglas
- LI – Limite Inferior do intervalo de limites de pesos
- LS – limite superior do intervalo de limites de pesos
- $L(y)$ – tecnologia de produção representada pelo conjunto de insumos
- m – número de insumos
- n – número de unidades de tomada de decisão
- P – pontos que representam as unidades
- $P(x)$ – tecnologia da produção representada pelo conjunto de produtos
- Q – produto na função de produção Cobb-Douglas
- r – número de produtos
- RE - retornos de escala
- s – folga de produtos
- S_k - parcela dos custos totais do insumo “k”
- x – insumos
- X – vetor de insumos
- \bar{x} – insumos fixos
- y – produto
- y_r – produto “r”

Y – vetor de produtos

Z – função de produção

w – preço de insumo

α - parâmetro da função de produção Cobb-Douglas ou função de custo translog.

β - vetor de parâmetros da tecnologia de produção ou de custo

γ - parâmetro da função de custo translog

Δ - discrepância total entre o ponto observado e um ponto projetado

δ - parâmetros da função de custo translog

δ'_e - redução residual adicional individual de insumos

δ'_s - aumento residual adicional individual de produtos

ε - valor infinitesimal dos modelos AED não-arquimedianos

$\bar{\eta}_i, \bar{\eta}_i$ - importância atribuída pelo decisor aos diferentes produtos em relação àquele insumo tomado como referência para a determinação dos limites

θ - redução proporcional de insumos

λ - proporções das quantidades de insumos e produtos das unidades de referência que devem ser utilizados pelas unidades ineficientes

Λ - multiplicador de Lagrange

μ^ℓ - multiplicador virtual do hiperplano suportante

$\mu(C)$ – elasticidade de custo

v_j – erro randômico

v^ℓ - multiplicador virtual do hiperplano suportante ou peso atribuído à variável produto

o - valor médio do peso r ;

$\bar{\pi}_r, \bar{\pi}_r$ - importância atribuída pelo decisor aos diferentes produtos, em relação àquele produto tomado como referência para a determinação dos limites

ρ - parâmetro da função de custo translog

σ - elasticidade de substituição entre insumo

σ_v^2 - variância da variável randômica

τ - redução proporcional de insumos;

φ - aumento proporcional de produtos

v_j (ou ET_j) – componente de ineficiência técnica

Φ - aumento proporcional de produtos

ω - multiplicador virtual do hiperplano suportante

ω_0 - intercepto do hiperplano suportante

Resumo

AZAMBUJA, Ana Maria Volkmer de. **Análise de Eficiência na Gestão do Transporte Urbano por Ônibus em Municípios Brasileiros**. Florianópolis, 2002. 385f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

Este estudo é um conjunto de procedimentos que tem como objetivo medir a eficiência na gestão do transporte público por ônibus, em municípios brasileiros, e subsidiar, assim, a Administração Pública na tomada de decisões. Para tanto, foram avaliados os principais métodos utilizados para medir eficiência, identificando aquele mais adequado para a solução do problema.

Após a avaliação teórica dos aspectos positivos e negativos de métodos utilizados para medir eficiência, definiu-se a Análise Envoltória de Dados como o que melhor se aplica ao estudo aqui desenvolvido. A Análise Envoltória de Dados (AED) é uma técnica que permite que se trabalhe com múltiplos produtos, sem exigir informações sobre os preços dos insumos e produtos e hipóteses baseadas em minimização de custos. Com essa técnica foi possível a construção de um modelo para analisar a eficiência dos sistemas de transporte coletivo por ônibus em diversos municípios, a partir de variáveis disponíveis nos Anuários ANTP dos Transportes Urbanos. Com isso, se identificaram alguns municípios como exemplos de boas práticas na prestação de serviços de transporte coletivo, que servem de referência para aqueles ineficientes.

Comparando os resultados obtidos através do modelo desenvolvido com as regulamentações existentes em diversos municípios brasileiros, pode-se comprovar a consistência do modelo. Percebeu-se que aqueles municípios que realizaram licitações recentes, contemplando as novas Leis de Concessões e

Licitações, para a concessão ou permissão de seus serviços de transporte coletivo, por ônibus, quando não se mostram eficientes, possuem escores de eficiência altos, isto é, estão próximos da fronteira eficiente.

Através da utilização de processos licitatórios pode-se forçar as empresas operadoras a adotarem estratégias de redução de custos e de aumento na qualidade dos serviços, incluindo-se, nessas licitações, medidas de eficiência para avaliação de desempenho, com repasse desses ganhos para a sociedade. Assim, recomenda-se a utilização, por parte dos órgãos gestores, de avaliações de eficiência como instrumento para monitoramento e estímulo da performance dos operadores, apresentando-se a técnica AED adequada a esta finalidade.

Palavras-chave: AED, transporte coletivo, eficiência.

Abstract

AZAMBUJA, Ana Maria Volkmer de. **Análise de Eficiência na Gestão do Transporte Urbano por Ônibus em Municípios Brasileiros**. Florianópolis, 2002. 385f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

This study is a set of procedures that aims to measure the efficiency in the management of public transportation by bus in Brazilian cities, and then support the Public Administration to arrive at solutions. For this, the main methods used to measure efficiency were evaluated identifying the one that was more suitable to solve the problem.

After the theoretical evaluation of the positive and negative aspects of methods used to measure inefficiency, the Data Envelopment Analysis was chosen as the most suitable for this study. The Data Envelopment Analysis (DEA) is a technique that allows working with multiple outputs, doesn't demand information about the prices of inputs and outputs and doesn't support the hypothesis of costs reducing either. With this technique it was possible to develop a model to analyse the efficiency of the systems of public transportation by bus in several cities, from variables available in the Public Transportation Year Books (ANTP dos Transportes Públicos). It was also possible to identify some cities as examples of good practice in the public transportation service which serve as reference to the inefficiency ones.

Comparing the results obtained through the model developed with the existing regulations in several Brazilian cities we can confirm the consistency of the model. As a result of this analysis we can realize that most cities that performed recent biddings following the Concession and Bidding Laws for the concession or

permission of their public transportation services by bus showed efficiency or have high efficiency scores, that is, they are near the efficiency frontier.

Throughout biddings we may force the companies to adopt policies to reduce costs and increase the quality of services, and these biddings should include efficiency measures for performance evaluation aiming good results for society. Therefore it is recommendable the use of efficiency evaluation by the public administration as an instrument to monitor and stimulate the performance of the bus companies. The technique DEA showed to be the most suitable for this target.

Key-words: DEA, Public Transportation, Efficiency.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Um Breve Histórico da Evolução do Transporte Urbano de Passageiros no Brasil

Segundo Brasileiro (1996), até 1955 os transportes urbanos de passageiros no Brasil eram compostos por transportistas modestos (mecânicos, motoristas de veículos intermunicipais, proprietários de postos de combustíveis ou policiais) que, nas horas vagas, operavam um veículo de pequeno porte: ônibus (12 a 40 lugares), microônibus (12 lugares), pick-ups, caminhonetes, furgões e kombis.

A partir de 1955, os prefeitos de cada município assumiram a responsabilidade da organização dos transportes coletivos, até então a cargo dos governadores de cada estado do Brasil. Isso ocorreu devido a dois motivos. Primeiro porque nas cidades se priorizavam a construção da rede viária para facilitar a circulação de automóveis, ficando o transporte coletivo em segundo plano nas preocupações do Estado Federal. O segundo motivo foi devido às primeiras eleições municipais ocorridas em 1955 nas capitais brasileiras, tornando-se plano de campanha dos candidatos, a reorganização dos transportes coletivos. Além disso, a constituição de 1946 estabeleceu autonomia municipal, passando o transporte coletivo a ser considerado um serviço de interesse comum, posto sob a responsabilidade dos prefeitos de cada município.

O primeiro tipo de contrato realizado entre prefeitura e proprietários de transporte foi do tipo permissão a título precário¹, por linha de ônibus, para que operassem o serviço.

¹ Segundo Brasileiro (1996), o direito administrativo brasileiro define a permissão como um ato unilateral da municipalidade que concede uma permissão a um particular através de um simples decreto. O prefeito não necessita de autorização da Câmara de Vereadores, nem realizar uma licitação. No entanto, a permissão pode ser retirada em qualquer momento sem indenização ao permissionário.

Este tipo de contrato se adequava à realidade da política institucional da época. Primeiro porque os municípios não possuíam recursos financeiros nem materiais suficientes para impor às operadoras normas mais rígidas e eficazes. Também porque estes contratos se baseavam, na maioria das vezes, em critérios políticos, em função de amizades, de parentesco ou de favores eleitorais. Seu caráter flexível permitia que os poderes públicos adequassem a oferta de transporte coletivo às variações de demanda.

A partir daí, tornou-se incompatível a organização, urbanização e uso do solo das cidades com a manutenção de uma oferta dispersa de transporte e sem nenhum controle por parte dos poderes públicos municipais. Assim, em diversas cidades, foram postos em prática, regulamentos proibindo a circulação de veículos de pequeno porte nas áreas centrais, e os proprietários foram pressionados para se agruparem em empresas de ônibus, passando os mesmos por um processo de profissionalização, onde foram separadas as atividades de administração, operação e manutenção. Como os municípios não dispunham de recursos humanos e financeiros para coordenar e regular uma oferta de transportes que funcionava de forma deficiente, na segunda metade dos anos 70, ocorreu uma centralização na esfera federal. Para tanto, foram criadas as regiões metropolitanas, a Empresa Brasileira de Transportes Urbanos - EBTU, o Fundo de Desenvolvimento dos Transportes Urbanos - FDTU, as Empresas Metropolitanas de Transportes Urbanos - EMTUs e as Superintendências de Transportes Urbanos - STUs. Como a organização da oferta de transportes coletivos, baseada na pequena propriedade, se mostrava incompatível com o crescimento urbano acelerado (instalação de fábricas de automóveis e indústrias de autopeças e carrocerias de ônibus e populações habitando as periferias das grandes cidades), com a crise energética e com as pressões crescentes dos movimentos de usuários por melhores transportes, sua transformação respondeu, então, a convergência de interesses, para os vários atores do transporte urbano:

- O Estado Federal interveio no setor, pois precisava re-equilibrar a matriz energética do país e resolver os problemas reivindicados pelos usuários.

- As grandes empresas fabricantes de chassis e de carrocerias precisavam de um mercado para seus produtos.
- As pequenas empresas de ônibus necessitavam de subsídios e de segurança para investir.
- Os poderes públicos municipais, sem condições financeiras, outorgavam ao Estado a gestão dos transportes públicos urbanos.

Assim, a política federal do período de 1976/84 foi orientada para a reorganização do setor privado de ônibus, propondo para isso: a racionalização dos itinerários, dos pontos de parada e terminais; o reagrupamento dos proprietários individuais em empresas de transportes (estabelecendo uma frota mínima para a empresa continuar operando); a adoção de subsídios para a renovação da frota de ônibus; e uma política de formação de recursos humanos com a criação de organismos de tutela eficientes. Isso fez com que o setor privado investisse na renovação e ampliação das frotas. Ainda, foram definidos novos tipos de contratos, chamados de "permissão condicionada", onde os poderes públicos municipais definiam um prazo, que variava de cinco a sete anos, para as empresas operarem em monopólio, contemplando não mais linhas isoladas, mas sim setores de operação definidos pelas cidades. Nesses contratos, também constavam parâmetros e indicadores operacionais que deveriam ser cumpridos pelas empresas, obrigando-as a recrutarem pessoal técnico de nível superior, reforçando o processo de modernização gerencial (Brasileiro, 1996; Vera, 1999).

Na segunda metade dos anos 80, ocorreu um processo de desengajamento do Estado Federal em relação à organização e financiamento dos transportes coletivos urbanos (um exemplo foi a extinção da EBTU em 1991) (Brasileiro, 1996; Siqueira, 1998). Ainda, percebeu-se um processo de fortalecimento do setor privado de ônibus urbanos, que se manifestou, por exemplo, através da criação, em 1987, da Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano - NTU.

Hoje, a tutela sobre os transportes coletivos retornou ao controle dos municípios. Isto se deve em parte pela Constituição de 1987, que coloca o

transporte como um problema local, que deve ser gerido pelo município. Também, com o retorno às eleições diretas dos prefeitos em 1985, os transportes readquiriram um lugar de destaque nos programas de governo municipais (como nos anos 50) e os prefeitos tendem a não abdicarem do exercício de tutela sobre um serviço essencial para a população.

Assim, esse processo de modernização empresarial, nas empresas privadas de ônibus urbanos no Brasil, é resultado da convergência de vários fatores: a forma específica de produção do serviço de transporte, as características culturais e sociológicas do perfil dos primeiros transportistas, e o modo particular de desenvolvimento econômico e urbano bem como das relações entre os setores público e privado, na gestão dos transportes coletivos (Brasileiro, 1996).

1.2 Justificativa

As atividades do setor terciário nas cidades têm tido, cada vez mais, papel preponderante na geração de empregos, provocando um aumento crescente na necessidade de deslocamentos. Para o bom funcionamento dos serviços e do comércio é essencial, portanto, a garantia da circulação urbana. Entretanto, o que se observa, é o crescente congestionamento do trânsito nas vias públicas. Assim, começa a difundir-se a demanda por melhorias do transporte público, acompanhadas de simultânea racionalização do trânsito (Belda, 1997).

Nas cidades brasileiras com mais de 100.000 habitantes, ocorrem em torno de 90 milhões de viagens motorizadas por dia. Destas viagens, o GEIPOT (Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes – vinculada ao Ministério dos Transportes) estima que 56% são deslocamentos por ônibus, cerca de 5,5% por trens e metrô, 32,1% por carros particulares, restando 6,4% para outros modos de transporte. A taxa de mobilidade (viagens/pessoa/dia) calculada por este órgão, nas regiões metropolitanas, é de 1,3 viagens/pessoa/dia. Nas demais capitais, que não possuem regiões metropolitanas, é 1,5 viagens/pessoa/dia e nas cidades de porte médio, de 1,8

viagens/pessoa/dia, proporcionando uma média nacional de 1,4 viagens/pessoa/dia. A expectativa de acréscimo na taxa de mobilidade para o ano 2000, em relação à década de 80 é de aproximadamente 28,5% (Campos e Szasz, 1996).

O setor de transporte público de passageiros exerce papel fundamental de integração do tecido urbano, afetando diretamente a produtividade das demais atividades econômicas, em função da sua própria qualidade e produtividade. Assim, a qualidade do serviço prestado deve ser melhorada, já que existe uma ligação intrínseca entre o transporte coletivo urbano e a qualidade de vida de seus usuários (Fernandes e Bodmer, 1995). Neste sentido, observa-se que a qualidade dos transportes públicos por ônibus, no Brasil, apesar dos significativos avanços ocorridos nas últimas décadas, ainda deixa a desejar. Travassos (2000), identifica os seguintes aspectos como principais avanços observados neste período, nas diversas áreas:

- *Quanto à Tecnologia dos Veículos:* a modernização de equipamentos, a redução da idade média da frota e avanços nos procedimentos de manutenção, assegurando menores índices de quebras e, assim, menos interrupções das viagens.

- *Quanto à Infra-estrutura Viária:* a modernização de abrigos, a construção de terminais de integração e a implementação de faixas e vias exclusivas para o ônibus que, embora ainda insuficientes para assegurar-lhes a devida fluidez no tráfego, já permite alguma prioridade em determinados segmentos viários; a implantação de sistemas tronco-alimentados e de integrações com outros modais, que possibilitam maior acessibilidade e mobilidade para os usuários, com ganhos significativos em termos de dispêndios de tempo e dinheiro.

- *Quanto aos Instrumentos de Gestão utilizados pelo Poder Público:* embora heterogêneos, a fiscalização e os controles aplicados aos coletivos urbanos das cidades brasileiras, se apresentam em várias delas, com mecanismos gerenciais modernos e eficazes, que têm sido, inclusive, tomados como modelo

para outros países latino-americanos. Houve importantes avanços nas regulamentações dos sistemas e nos instrumentos de controle da demanda e das operações (que vem sendo regidos pelas Leis de Licitações (Lei 8666/93) e de Concessões (Lei 8987/95)), onde as rotinas de cadastros, vistorias e fiscalização começam a ser associadas à implantação de equipamentos informatizados, a exemplo de sensores e catracas eletrônicas. Os órgãos gestores também vêm realizando trabalho intensivo junto às comunidades, recebendo e avaliando as reivindicações dos usuários, transferindo informações sobre os condicionantes e as limitações do sistema e, principalmente, permitindo que o cidadão identifique os responsáveis por este serviço público, fato que não ocorria nos anos 60 e 70. De uma forma geral, pode-se afirmar que, mesmo naquelas cidades onde os instrumentos de gestão são precários ou embrionários, existem ações que marcam a presença do poder público e apontam para melhorias do setor. Assim, como consequência do controle de demanda, estabelece-se processo de monitoramento da receita auferida pelas empresas operadoras. Em decorrência, obteve-se o aperfeiçoamento das planilhas de custos, com definição de índices e parâmetros operacionais mais próximos da realidade, ensejando que as melhorias introduzidas nos serviços não se refletissem em tarifas abusivas. Em que pese esses avanços, percebe-se que as tarifas vêm apresentando, ao longo dos anos, reajustes superiores à inflação.

- *Quanto às Empresas Operadoras*: boa parte delas já abandonou o modelo tradicional de gestão familiar, partindo para estruturas e procedimentos gerenciais modernos e profissionalizados. A contribuição dos órgãos gestores, tem se mostrado importante neste sentido, embora tais mudanças ainda sejam discretas e incipientes e, em termos nacionais, os modelos arcaicos de gestão empresarial, ainda se mostrem predominantes.

Apesar de todos esses avanços, a sociedade brasileira ainda cultiva uma imagem bastante negativa do setor. Dentre os aspectos que influenciam a manutenção desta realidade, segundo Travassos (2000), destacam-se:

- *O Culto ao automóvel*: a ampla publicidade em torno dos automóveis, enaltecendo seu desempenho, conforto e status, faz com que todo indivíduo tenha como objetivo possuir um veículo privado, e só utilize o transporte coletivo "quando não há outra alternativa".

- *A Postura da Mídia*: a imprensa destaca, quase exclusivamente, as deficiências e os problemas do setor, passando a idéia de que os problemas constituem a regra, quando na realidade, tratam-se das exceções.

- *Os Políticos e campanhas eleitorais*: as campanhas eleitorais desmerecem os transportes por ônibus. Mesmo com as pesquisas de opinião indicando que outros serviços públicos são mais precários, os transportes urbanos, por suas características de essencialidade, pela alta freqüência de uso e grande exposição ao público cliente, permitem ampla e fácil exploração de cunho político.

- *A Contribuição de alguns técnicos e urbanistas*: a idéia de que os ônibus poluem, incomodam, provocam intrusão acústica e visual, degradando as áreas lindeiras aos seus percursos, fazendo com que uma série de restrições sejam criadas, essas intervenções, erroneamente, praticamente só beneficiam o transporte privado. Nas áreas centrais, com freqüência, vê-se creditada aos ônibus a responsabilidade pelas suas degradações, em abordagens que ignoram o elevado percentual da área urbana destinada aos veículos privados, tanto para circulação como para estacionamentos.

Segundo Kerstens (1996) as companhias de transporte urbano correspondem à parte principal da rede de transporte em qualquer economia. Elas fornecem serviços para passageiros dentro de cidades e aglomerações, e operam, principalmente, através de ônibus, bondes e metrô.

Em muitos países, os serviços de transporte urbano são fornecidos por companhias públicas, privadas ou mistas, em um ambiente altamente regulado.

De uma forma geral, constata-se que componentes importantes da infraestrutura de transporte correspondem a bens públicos. Ainda assim, o estado se vê, freqüentemente, instado a intervir porque percebe a existência de várias falhas no mercado. A principal dentre estas se refere à falta de competição efetiva, com surgimento de oligopólios ou mesmo monopólios, naturais ou parciais, fruto de arranjos devido à diferenciação de custos e ao declínio da participação modal.

Associado inicialmente a níveis de serviços, e a variáveis econômicas do sistema, a qualidade, durante duas décadas, expressou somente os anseios das operadoras do sistema de transporte público e seus órgãos gerenciadores. A partir da década de 90, entretanto, a qualidade destes serviços passou a agregar também parâmetros definidos pela visão do usuário, incluindo os desejos e as necessidades da sociedade. Ao mesmo tempo, as empresas operadoras do transporte público vêm reorganizando suas estruturas administrativas, buscando maior qualidade em seus processos e estabelecendo mecanismo para redução de seus custos operacionais. As concessões realizadas pelos órgãos gestores, também vêm passando por mudanças, que permitem extrapolar a avaliação da qualidade centrada, originalmente, em índices operacionais, para sistemas amplos que incluem remuneração por desempenho operacional, qualidade e satisfação do usuário (Bertozzi e Lima Jr., 1998).

A perda de qualidade de vida ocorrida nas grandes cidades também deve ser mencionada na análise dos transportes coletivos. Dentre suas causas, destaca-se a escassez de projetos de urbanização que considerem o uso adequado do solo e os deslocamentos dos habitantes e suas mercadorias (Pires, 1998).

Com a sanção presidencial de 23 de setembro de 1997 e a entrada em vigor, em 21 de janeiro de 1998, do novo Código de Trânsito Brasileiro², os organismos municipais passam a vivenciar uma nova fase. Nesta, cabe a eles a responsabilidade plena sobre todo o processo de construção e administração

² Este Código tem como objetivo a redução de acidentes, a melhoria da circulação e da qualidade de vida urbana (Pires, 1998).

dos problemas de circulação, em suas cidades. O município, já incumbido do planejamento e da fiscalização de seus planos diretores (orientadores da construção de suas cidades) e dos transportes públicos, passou, desde então, a administrar o seu trânsito.

A inexistência de um sistema permanente de monitoramento e controle de desempenho das empresas operadoras, por parte do poder concedente, tende, em geral, a fazer com que estas também não dediquem grande esforço na avaliação de seu próprio desempenho. Faltam, sobretudo, índices que mensurem o grau de eficiência e que sirvam de instrumento para tomadas de decisão e controle gerencial. Ademais, como fator agravante desta situação, o sistema de cálculo tarifário preconizado pelo GEIPOT, permite que os efeitos da ineficiência sejam, em grande parte, transferidos para a tarifa paga pelos usuários, o que funciona como desestímulo à modernização do sistema como um todo (Fensterseifer, 1986).

Deve-se buscar novas formas de relacionamento entre os órgãos gestores e as empresas operadoras de ônibus, pois, mesmo considerando que eles têm, às vezes, interesses divergentes (pela própria natureza das suas missões e objetivos), não necessariamente precisam ser entidades antagônicas em litígio permanente. É importante considerar que a maior parte das ações conduzidas por gestores e operadores do transporte coletivo urbano deverá ser desenvolvida em parceria, pois os interesses são comuns e convergentes (Travassos, 2000).

1.3 Objetivos

O objetivo deste estudo é contribuir para a gestão do transporte público por ônibus, medindo as eficiências existentes nesse setor, que desestimulam a sua modernização.

Para tanto serão avaliados os métodos mais utilizados para medir eficiência, identificando e criticando aspectos positivos e negativos dos mesmos e definindo o mais adequado.

A partir da definição do método, pretende-se aplicá-lo para medir a eficiência de diversos municípios brasileiros na gestão de seu transporte público por ônibus, nos últimos anos, e gerar recomendações para futuros processos de regulamentações que possam ser desenvolvidos pelos mesmos.

1.4 Contribuição deste Estudo

Com a análise de diversos municípios brasileiros quanto à sua eventual eficiência na prestação de serviços de transporte coletivo por ônibus, pode-se identificar padrões na forma de concessões ou permissões, examinando como os serviços são licitados, e auxiliando, assim, aqueles municípios ineficientes na revisão de seus contratos com as empresas operadoras, no intuito de oferecer serviços mais adequados às necessidades de seus usuários.

1.5 Estrutura do Trabalho

No Capítulo 2 é detalhado o problema objeto da pesquisa.

O Capítulo 3 comenta sobre a forma de regulamentações existentes em alguns municípios brasileiros.

Os Capítulos 4, 5 e 6, apresentam uma revisão dos conceitos de produtividade e eficiência, detalhando os métodos mais freqüentemente utilizados para medi-las. Os Capítulos 5 e 6, também destacam as principais diferenças entre os métodos utilizados para medir a eficiência.

No capítulo 7, são explorados os conceitos de produtividade e eficiência relativamente à questão do transporte urbano por ônibus.

A metodologia utilizada é desenvolvida no Capítulo 8, onde é justificada a escolha de determinado método para a análise do problema de gestão do transporte público por ônibus.

No Capítulo 9, são apresentados os principais resultados encontrados a partir da definição do modelo de eficiência. No Capítulo 10 são comparados os

escores de eficiência obtidos a partir do modelo desenvolvido com as regulamentações existentes no transporte coletivo por ônibus em alguns dos municípios brasileiros.

No Capítulo 11 são destacadas as principais conclusões desse estudo.

2 O PROBLEMA OBJETO DA PESQUISA

2.1 Introdução

Segundo Bicalho (1998), o transporte tem importância social decisiva porque permite que as pessoas acessem locais de trabalho, equipamentos sociais e de lazer, e oportunidades de consumo, principalmente nas cidades de porte médio e grande, onde é maior a dependência da população dos meios de transporte coletivo. Segundo o mesmo autor, o transporte coletivo não é menos importante sob o ponto de vista econômico, pois viabiliza o crescimento das cidades, organizando e condicionando a ocupação dos espaços urbanos e o uso do solo através da articulação entre as atividades desenvolvidas em diferentes locais. Trata-se, portanto, de serviço público essencial, que deve atender a necessidades sociais e dar suporte a atividades econômicas, e que, na maioria dos casos, é explorado pelo setor privado. Como o setor privado tende a priorizar os aspectos comerciais do transporte, nem sempre oferece serviços adequados, em termos de qualidade e de custo, para a maioria da população. Em sendo freqüentes, estes casos exigem intervenção estatal para sua organização, através de regulamentação.

No Brasil, historicamente, o Estado intervinha apenas para garantir a formação de um mercado fechado para os seus operadores, fortalecendo o setor, política e economicamente. Assim, viabilizou-se expansão de serviços de transporte público de baixa qualidade, com tarifas muito altas para os seus usuários. Preocupados com seus próprios interesses, em boa parte dos casos os operadores descuidaram das repercussões sobre os aspectos de interesse público. Como o transporte coletivo interage com o ambiente urbano, a intervenção estatal se evidenciou necessária, como forma para equilibrar os interesses conflitantes, e garantir possibilidades de vivência urbana em bases mais humanas, justas e funcionais (Bicalho, 1998).

Alguns dos problemas (Bicalho, 1998; Editorial da Associação Nacional dos Transportes Públicos - ANTP, 1998) que interferem nas operações de

transporte por ônibus, e justificam aquelas intervenções, se referem à infraestrutura urbana. Entre eles, têm-se:

- As condições do sistema viário, as distâncias percorridas, a existência de grandes vazios urbanos e mesmo a má distribuição espacial das atividades econômicas, que afetam diretamente o desempenho das operações de transporte, interferindo no custo e afetando a qualidade dos serviços.
- Os congestionamentos, que além de aumentarem o tempo de viagem e reduzirem a produtividade das atividades urbanas, contribuem para a deterioração ambiental (causada pelo uso inadequado do espaço viário pelos automóveis) e para o crescimento dos custos (provocando impacto direto sobre tarifas e indireto sobre os custos sociais, demandando crescente necessidade de investimentos em infra-estrutura, horas de produção perdidas, etc), diminuindo a atratividade do sistema.
- A redução nos investimentos, necessários ao transporte público, levando a quedas no nível e sustentabilidade do serviço.

Com isso, o transporte público vem perdendo prestígio junto à opinião pública, à classe política, às entidades civis e aos próprios cidadãos que dele dependem. Assim, é fundamental identificar elementos, modelos e práticas gerenciais consistentes, que permitam reverter esta situação, demonstrando a condição única do transporte público, como estruturador do desenvolvimento urbano que se deseja para o Brasil.

A melhoria da qualidade dos serviços, isto é, a garantia de um espaço adequado para o transporte público deve expressar-se em todas as áreas, destacando-se os aspectos tecnológicos (veículos), gerenciais (capacitação dos operadores), de atendimento (cobertura física e temporal), de integração, e de informação ao usuário (Associação Nacional dos Transportes Públicos - ANTP, 1998).

2.2 Situação Atual do Transporte Urbano

Vários são os autores que discutem a situação atual do transporte urbano no Brasil. Entre eles estão: Associação Nacional dos Transportes Públicos - ANTP (1998), Cedano (1999), Junqueira & Pinto (1999) e Pereira et al. (1999). Os aspectos mais relevantes, naquelas análises, são:

- Má qualidade, baixa confiabilidade, pouca flexibilidade e ineficiência do transporte público urbano.
- Congestionamentos crônicos, com impactos negativos para a vida social e econômica das cidades.
- Altos índices de acidentes de trânsito.
- Parcela da população sem condições econômicas de acesso ao transporte público motorizado.
- Tarifas elevadas, comparativamente à baixa qualidade do serviço oferecido e à capacidade e/ou disposição de pagamento da população.
- Queda da produtividade das empresas operadoras de transporte regulamentado por ônibus.
- Dificuldades impostas à circulação de pedestres e de ciclistas.
- Irracionalidade nos deslocamentos urbanos, causada pelo fraco ordenamento dos sistemas de ônibus, com sobreposição de linhas e desequilíbrio espacial do atendimento à população.
- Inexistência de programas de estímulo à utilização de tecnologias mais limpas.
- Violação de direitos públicos e privados, em áreas residenciais e de uso coletivo, e destruição do patrimônio histórico e arquitetônico.
- Custos operacionais do transporte público urbano, afetados por alterações de ordem política determinadas a nível federal, com impacto sobre os preços dos insumos.
- Atuação restrita do Governo Federal no transporte urbano.
- Disponibilidade limitada de recursos públicos para os investimentos necessários.

- Baixa atratividade financeira, comparativamente a outros setores da economia.
- Inexistência de programas e linhas de financiamento para a expansão e melhoria dos sistemas viários.
- Reduzida participação privada nos investimentos necessários para o setor, pois as empresas privadas ainda estão fortemente vinculadas a ganhos elevados, comuns nos períodos inflacionários.
- Falta de política pública urbana.
- Predominância e incentivo, pelo Governo Federal, do transporte individual.
- Transferência de parcelas da demanda do transporte público regular para outras opções de transporte, em destaque para os automóveis, deslocamentos a pé e outras formas de transporte informal.

Com a implantação do Novo Código Nacional de Trânsito, a partir de 1998, problemas de congestionamentos, acidentes, e aspectos que dizem respeito à circulação em geral (de pedestres, ciclistas e veículos), vêm sendo enfrentados pelos órgãos municipais que, ainda de forma incipiente, vêm obtendo resultados positivos.

Por outro lado, fatores que exigem a intervenção Federal, como: alterações de preços de insumos, inexistência de programas e linhas de financiamento para melhorias do sistema viário, bem como predominância do transporte individual devido a incentivos para instalação de novas montadoras, não serão diretamente abordados neste trabalho, que se limitará a examinar, somente, aspectos da gestão local. Em outras palavras, questões relacionadas ao Governo Federal somente serão comentadas quando identificadas em algum padrão de gerenciamento local por parte dos municípios avaliados.

Os aspectos sociais como: parcela da população sem condições econômicas de acesso ao transporte público e destruição do patrimônio histórico e arquitetônico, também não serão investigados neste estudo, por se tratarem de questões que exigem projetos específicos.

Neste estudo, focaliza-se a qualidade e a eficiência do transporte público, examinando aspectos como tarifas elevadas, queda da produtividade das

empresas operadoras regulamentadas de transporte por ônibus, problemas de sobreposição de linhas e desequilíbrio espacial do atendimento, medindo a eficiência dos diversos municípios na gestão do seu transporte público por ônibus. Assim, serão identificados municípios que servirão de benchmarking para os demais, destacando padrões utilizados pelos mesmos, como forma de alcançar a excelência. Esses padrões dizem respeito à regulamentação de seus sistemas, incluindo alternativas de solução para problemas de sobreposição de linhas, atendimento de todas as áreas do município e oferta mínima de serviço por parte das empresas operadoras, entre outros.

Quanto às tendências que se configuram para o futuro do transporte coletivo urbano, Brasileiro (1996) cita três aspectos:

- A redefinição de perfil dos deslocamentos e da mobilidade urbana (marcha a pé, crescimento das cidades periféricas, desconcentração das atividades econômicas, hegemonia do setor terciário), com suas implicações sobre a estrutura da oferta de transportes (crescimento do setor "informal", redefinição da rede viária de transportes).
- A crise de financiamento para operações de transporte coletivo, atualmente minimizada pelo artifício do vale-transporte, cuja possibilidade de ampliação parece esgotada.
- O processo de modernização gerencial do setor privado não atinge, simultaneamente, todas as empresas, exigindo estudos localizados acerca do perfil do setor privado, em função da heterogeneidade das dinâmicas econômicas e das políticas locais.

Dentro desse quadro, o transporte público por ônibus vem sendo marcado pelo crescente descrédito da população. O enfrentamento pela gestão exige propostas, apoiadas em análise das mudanças observadas no padrão de mobilidade urbana.

Pode-se perceber que o Poder Público desempenha papel fundamental para o desenvolvimento das empresas operadoras de transporte urbano, pois define normativas de desenvolvimento urbano, regulamenta a oferta de transportes, estabelece formas de remuneração e tipos serviços que devem ser oferecidos à população. Apesar disso, o Poder Público sofre pressões por parte das empresas operadoras, no que concerne a aumentos de tarifa, frequência de serviços, atendimento de certas linhas, etc, que podem levar a distorções na oferta dos serviços à comunidade. Daí a importância de verificar como o Poder Público vem exercendo o seu papel de mediador, entre os interesses das empresas operadoras de transporte público, os usuários do sistema e a população em geral. A identificação de modelos e práticas eficientes resulta instrumental, neste sentido.

Apesar dos vários problemas enfrentados pelo transporte público urbano, com relação a sua perda de confiabilidade e qualidade, é importante destacar as principais mudanças ocorridas no setor, nestes últimos anos.

2.3 Principais Eventos que marcaram Mudanças no Transporte por Ônibus nos últimos anos

Entre os principais eventos que marcaram os últimos anos, referente ao transporte coletivo por ônibus, pode-se destacar (Pereira et al., 1999):

- *O Estabelecimento do Código Brasileiro de Trânsito*: vigorando desde 22/01/98, atribuiu novas competências aos municípios, obrigando os órgãos de gerência a se reestruturarem institucionalmente e a qualificarem seu quadro de pessoal, de forma a exercer novas funções. A redução no número de acidentes de trânsito já observada em vários municípios que o controlam, revela ser este um dos eventos com maior potencial de mudança qualitativa no futuro próximo. Em paralelo com as melhores condições de circulação, a maior aproximação do poder público aos problemas das operadoras e seu usuários deverá melhorar a segurança da circulação nas áreas urbanas.

- *Privatizações e Concessões*: as leis de licitações (Lei 8.666/93) e de concessões (Lei 8987/95) só se consolidaram a partir de 1997. Novas formas de exploração dos serviços por ônibus, licitações onerosas ou não onerosas por linhas, por lotes, por áreas de exploração, com outros serviços acoplados, etc, estão sendo utilizadas pelos diversos municípios que iniciaram o processo. Embora existam vários municípios optando por regularizar as permissões, com respaldo na legislação local, existe uma tendência cada vez maior de realização de licitações das linhas, tanto para apoiar a racionalização dos sistemas quanto para aumentar a arrecadação ou apoiar os investimentos realizados no setor, pelos municípios.

- *Corredores de Transporte*: a implantação de corredores para o transporte público de passageiros, com sistemas integrados, e a utilização de bilhetagem eletrônica, ainda tem pouca expressão nas cidades brasileiras. Porém, esta realidade deve ser intensificada nos próximos anos. Apesar de suas exigências de gestão acarretarem um custo operacional maior para os sistemas integrados, estes instrumentos permitirão maior acessibilidade da população a oportunidades de melhoria da qualidade de vida urbana. Além disso, este tipo de integração vem se mostrando potencializador da competitividade do sistema de transporte público.

- *Transporte Informal*: o crescimento do transporte informal foi notável nos últimos dois anos, levando os governos a repensar as formas de atender, reorganizar e regulamentar o transporte coletivo urbano. O transporte informal vem se desenvolvendo nas brechas do sistema formal, aproveitando-se de suas debilidades com respeito ao atendimento das demandas. Isso se dá, em parte, devido à baixa qualidade dos serviços prestados por ônibus, metrô e trem e, em parte, decorre da brutal recessão na oferta de empregos. Assim, o transporte informal responde ao fato da estrutura formal não atender adequadamente os reais interesses de deslocamento da população.

- *Programas de Qualidade*: houve um avanço considerável na conscientização e engajamento nos programas de qualidade por parte dos órgãos gestores e empresas de transporte. Os mesmos vêm se adaptando à tendência mundial de melhoria da qualidade dos produtos, do atendimento aos usuários e da busca da eficiência empresarial. A melhoria por parte de alguns órgãos públicos e empresas privadas, poderá ser um importante contraponto aos transportes informais, com vistas à melhoria das cidades.

- *Mudanças na quantidade e qualidade da oferta*: as câmaras de compensação tarifária vêm sendo questionadas quanto à sua eficiência, pois induzem ao acréscimo de quilômetros rodados, além da ocupação desordenada dos espaços urbanos, provocando, ainda, aumento de quilometragem em áreas desabitadas e semi-urbanas, levando a uma expansão da oferta sem melhorias efetivas na prestação dos serviços de transporte urbano.

O crescimento da operação de microônibus, bem como a constante renovação das frotas de ônibus, vêm sendo utilizados como estratégias para reverter tendências de perda de demanda, que se observam nas cidades. Soma-se a isto a adoção de serviços sofisticados, como a disponibilidade de ar condicionado e telefone em veículos convencionais.

A renovação da frota, essencial para o crescimento e permanência de uma empresa de ônibus no mercado, é definida, principalmente, por aspectos econômicos. Ou seja, um veículo deverá ser substituído quando sua rentabilidade se mostrar inferior à prevista para um veículo novo. Assim, a estratégia utilizada na renovação de veículos, depende do cálculo tarifário. Este cálculo faz com que veículos novos impliquem em tarifas mais elevadas, ampliando a rentabilidade do setor, que, capitalizado, encontra maior facilidade para renovação da frota. A adoção desse mecanismo de tarifação, que premia veículos novos, pressupõe que eles serão utilizados ao longo de toda sua vida útil. Assim, valores adicionais pagos nos primeiros anos seriam compensados nos últimos. Entretanto, como os veículos usados são vendidos antes dos sete anos - a rigor, entre três e quatro anos – esta compensação jamais ocorre.

Nesse contexto, resta ao usuário cobrir o ônus desse diferencial (Orrico Filho, 1995).

- *Mudanças no perfil da demanda*: a mudança de hábitos da população; o aumento do número de desempregados; a descentralização na localização de serviços; a duplicação da produção e comercialização cada vez mais fácil de automóveis; os incentivos fiscais aos veículos de baixa potência; o aumento no valor do tempo dos usuários (que não estão se dispondo a longas esperas nos transportes públicos); e as dificuldades financeiras da população, têm levado a uma redução das viagens nas áreas urbanas, tanto em quantidade quanto em extensão, com reflexos significativos sobre o Índice Passageiro por Quilômetro (IPK)³, importante diluidor dos custos operacionais para o cálculo tarifário.

Estão ocorrendo migrações intermodais, ou seja, usuários de renda mais alta estão optando por modos de transporte mais caros e mais rápidos, enquanto aqueles de menor renda estão deixando de viajar ou adotando os veículos clandestinos, como opção para reduzir as suas despesas mensais.

- *Ameaça de extinção do vale transporte*: a adoção, pelo Governo Federal, de pagamento em dinheiro para despesas de transporte casa-trabalho (de seus funcionários), permite preocupações quanto à possível extinção do vale transporte.

- *Bilhetagem automática*: em algumas cidades, novos sistemas estão sendo analisados e implantados de forma total ou parcial, com diferentes graus de sucesso. Em qualquer caso, tanto para monitorar a demanda quanto para reduzir a prática do uso do vale transporte como moeda paralela, observa-se que a bilhetagem automática se configura cada vez mais importante, para os transportes urbanos.

³ IPK – Índice Passageiro por Quilômetro, trata-se do quociente entre o número total de passageiros transportados por ano e o número total de quilômetros rodados, no mesmo ano.

- *Incentivos à indústria automobilística*: apesar das deseconomias que a circulação excessiva impõe às cidades, persiste a escassez de recursos e incentivos para a expansão da rede de transporte público, e amplia-se a guerra fiscal de apoio à instalação de grandes indústrias automobilísticas no país.

2.4 A Importância do Poder Público no Gerenciamento do Setor de Transporte por Ônibus

Segundo Aragão (1998), a pressão que o órgão gestor sofre para a economia dos recursos públicos, se contrabalança com a sua preocupação ambiental e com a necessidade de aliviar o congestionamento da sua cidade. "Busca-se, de fato, a competitividade entre as empresas operadoras, com consciência de que esta não deve ocorrer na rua, como uma corrida pela caça ao passageiro, com várias empresas explorando as linhas mais lucrativas, mas sim por controle de entrada no mercado, via licitação competitiva".

Deve-se, ainda, popularizar o acesso ao sistema, garantindo modicidade tarifária para os usuários. Esta condição exige maior eficiência, redução dos custos operacionais e concessão de subsídios em situações específicas como para linhas que possuem função social (ANTP, 1998).

Assim, são necessárias mudanças na forma de gerenciar, tanto do operador, como do poder público, bem como maior flexibilidade para se adaptar às exigências de deslocamentos que surgem de modificações nas atividades urbanas. Brasileiro et al. (1998) também enfatizam que, além dos objetivos políticos, o Poder Público também possui uma orientação de caráter econômico, ou seja, busca incentivar a redução de custos e o aumento de produtividade das empresas operadoras do serviço.

Os conceitos de produtividade, eficiência e qualidade estão intimamente ligados aos pontos de vista específicos dos diversos atores intervenientes nestes serviços, quais sejam: o operador, o governo, o usuário e a comunidade em geral (Aragão & Figueiredo, 1993). Assim,

- o operador concentrará sua atenção na otimização da utilização dos fatores envolvidos com a operação, tais como capital, trabalho e outros, com vistas a garantir a realização do serviço com menor dispêndio possível;
- o usuário, que a rigor deveria ser o centro das atenções dos prestadores dos serviços, estará preocupado em obter a máxima qualidade em troca de seus desembolsos monetários;
- a sociedade mais ampla, por sua vez, é que, em última instância, arcará com os custos dos investimentos pesados e das eventuais externalidades negativas decorrentes do sistema de transportes. Interessará à sociedade, permanente melhoria da acessibilidade geral e maximização de outros resultados positivos (empregos, chances de negócios, etc), além da minimização dos impactos negativos (poluição, engarrafamento, acidentes, perda de áreas potencialmente produtivas para o sistema, danos a patrimônios ou naturais, etc);
- o governo, contratante e responsável pelos serviços prestados, e que inclusive os subsidiam realizando investimentos em infra-estrutura, exigirá, em troca de seus esforços, o alcance máximo dos seus objetivos no tocante à satisfação ou mesmo à antecipação de necessidades sociais.

Segundo Aragão (1998), a política de transporte público urbano deve se orientar pelas seguintes diretrizes:

- a. *Aumentar o grau de utilização do transporte público:* deve buscar reorganização do transporte público, em torno de valores como: flexibilidade e conveniência, preço baixo, conforto, bom nível de informação, estabilidade dos serviços e integração.

- b. *Buscar a eficiência:* deve definir claramente seus objetivos políticos, buscando desenho apropriado dos produtos, licitações periódicas, assim como adoção de comparações entre empresas e órgãos como instrumento de incentivo e de penalização (uso do benchmarking).
- c. *Aperfeiçoar a técnica contratual:* deve definir claramente os objetivos da licitação e responsabilidades decorrentes tais como o uso de incentivos contratuais para estimular a inovação, e, ainda, a manutenção da pressão competitiva.

Na visão de Cedano (1999), no plano da política de transporte, duas mudanças aparecem como urgentes:

- A revisão dos modelos físicos e operacionais existentes e a reestruturação das redes de transporte e da infra-estrutura a elas associadas, bem como a adequação dos níveis de qualidade e preço dos serviços, para os diversos segmentos da demanda. Trata-se de aumentar a eficiência dos sistemas, pela eliminação da quilometragem ociosa e pela incorporação de toda a gama de tecnologias de equipamentos disponíveis no mercado.
- A revisão dos modelos de relações institucionais, isto é, a implantação de sistemas de gestão ágeis, com capacidade de atuar com eficiência em mercados competitivos, propiciando a participação de capitais privados na infra-estrutura e na operação de diversas modalidades.

Como podem ser observadas, as visões dos dois autores são complementares, no que tange a necessidade de modificações urgentes nos modelos existentes de gerenciamento e operação do transporte público por ônibus.

Pereira et al. (1999) complementam esta perspectiva afirmando que os principais desafios para os transportes urbanos, nos próximos anos, serão a instituição de um Estado fomentador com melhor definição e implantação dos marcos regulatórios, em substituição ao atual espírito de Estado provedor. Outros desafios serão a busca de melhorias na gestão das operações; de maior cobertura e qualidade dos serviços de transportes públicos prestados; o esforço para direcionar o uso dos recursos públicos de forma mais efetiva; a necessidade de aumentar a participação da iniciativa privada nos investimentos em transportes urbanos; e finalmente, as melhorias no desempenho e na utilização da capacidade instalada, visando reduzir desperdícios. Todos esses desafios contribuirão para reduzir a ineficiência do setor de transporte coletivo.

2.4.1 A Gestão e Regulamentação do Transporte Público por Ônibus

Lima (1994), diz que as empresas operando sobre a forma da atual estrutura de regulação seus serviços de transporte urbano por ônibus, não têm nenhum estímulo para serem eficientes e produzirem com qualidade. Segundo aquela autora, o atual modelo de regulamentação e contratação, transmite ao setor público a idéia da "missão cumprida" quando da fiscalização dos pontos definidos nos contratos. Ainda, a ausência de instrumentos que premiem a melhoria permanente dos serviços, reduz o interesse das empresas em adotar medidas que diminuam a ineficiência e ampliem a qualidade de sua produção.

Brasileiro et al. (1996), analisando os regulamentos dos serviços de transporte urbano por ônibus em algumas cidades brasileiras, também concluem que a atual estrutura de regulamentação leva a mercados fechados, pois impede a entrada de novos operadores e, conseqüentemente, a competição. Para os autores, os regulamentos não contêm elementos que induzam os atuais operadores a esforços para reduções de custos e busca da qualidade. Assim, os sistemas regulatórios vigentes, que ainda não

contemplaram as novas leis de Licitações (8.666/93) e Concessões (8.789/95), não estimulam a qualidade e a eficiência na operação dos serviços.

Segundo Cunha Filho (1998), a rigidez dos regulamentos dos serviços de transporte, a falta de agilidade no atendimento de novas demandas e a inexistência de uma visão mercadológica no setor, são algumas deficiências atuais que precisam ser sanadas, visto que são fatores potenciais para o surgimento do transporte informal. O transporte informal, para atender às necessidades dos usuários, se desenvolve de forma desorganizada, levando a sérios problemas de circulação e a congestionamentos.

O transporte informal vem crescendo nas cidades brasileiras. De acordo com a pesquisa NTU/ANTP (1998), as principais causas do aparecimento do transporte informal são: as deficiências do sistema regular de ônibus no atendimento das necessidades da demanda (baixa qualidade dos serviços); os atuais modelos de contratação e delegação (que impedem os operadores formais de reagirem aos estímulos de mercado); e a alta rentabilidade do negócio do transporte informal.

O principal impacto do aparecimento e crescimento do transporte informal é a redução na demanda atendida pelos sistemas regulares de ônibus. A redução da demanda acarreta a queda do índice de passageiros por quilômetro (IPK), o que provoca o aumento nas tarifas e estimula a entrada de novos operadores informais, levando à nova queda na demanda dos sistemas regulares (Gomide, 2000).

Com o crescimento do transporte informal é importante se rever a forma de regulação econômica⁴ dos serviços de transporte urbano no Brasil, já que o objetivo dessa regulação é obter a máxima eficiência na prestação dos serviços, garantindo o bem estar do usuário (Gomide, 2000).

Cunha Filho (1998) comenta que é necessária uma nova organização do gerenciamento de serviços, que considere maior participação da iniciativa

⁴ Entende-se por regulação econômica, o conjunto de imposições, por parte do Poder Público, referentes à administração tarifária, ao estabelecimento de frequências e itinerários e restrições à entrada no mercado.

privada e maior flexibilidade nos contratos de concessão ou permissão⁵, possibilitando que as empresas operadoras tenham liberdade para se adequar às modificações da demanda, de acordo com o mercado. Isto exigirá grandes mudanças nas relações entre o poder concedente e as empresas operadoras, nos métodos atuais de gestão das empresas, nas formas de planejamento operacional e nas rotinas de fiscalização e avaliação dos serviços, constituindo, portanto, processo cujo desenvolvimento se dará a longo prazo.

Como mencionado no editorial da ANTP (1998), as mudanças políticas e econômicas estão alterando a relação entre as esferas pública e privada, requerendo a reorganização do Estado e a participação da iniciativa privada, no financiamento e na operação dos sistemas de transporte público. Estas formas de parceria devem ser buscadas com o objetivo central de atender ao interesse público, de forma a preservar as funções reguladoras e controladoras do Estado e melhor utilizar a eficiência e a flexibilidade da iniciativa privada.

Segundo Aragão (1998) e Gomide (2000), as experiências de desregulamentação do transporte não apresentam bons resultados, pois levam à super-oferta de transporte nas áreas de concentração de demanda - aumentando os problemas de congestionamento e de poluição atmosférica - e atendimento precário ou inexistente nos locais e horários de baixa demanda (bairros periféricos, finais de semana e horários noturnos).

Assim, quando controlados pelo poder público, os serviços de transporte coletivo urbano são melhores. Cabe ao poder público determinar os tipos de serviço, a quantidade, qualidade e preço que deverão ser colocados à disposição da população; o controle do acesso ao mercado, o planejamento da operação e coordenação dos serviços existentes, bem como a definição e o

⁵ De acordo com o Art. 2º da Lei 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, pode-se definir os termos "Concessão" e "Permissão" como:

- *Concessão de serviço público*: a delegação de sua prestação, feita pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado.
- *Permissão de serviço público*: a delegação, a título precário, mediante licitação da prestação de serviços públicos, feita pelo poder concedente à pessoa física ou jurídica, que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco.

acompanhamento das suas metas de expansão e modernização. Também cabe ao poder público definir mecanismos para a avaliação de desempenho, a serem aplicados durante toda a vigência dos contratos (Bicalho, 1998). Com a exigência de licitação, é estimulada a concorrência na prestação dos serviços. A ameaça à entrada de novos concessionários, de forma regulamentada, constitui um dos instrumentos capazes de conduzir o mercado de transporte público urbano, por ônibus, à eficiência e à qualidade na prestação dos serviços (Gomide, 2000).

Em 1995, foi promulgada no Brasil nova legislação de concessões de serviços públicos (Lei Federal nº 8.987 que regulamenta o artigo 175 da Constituição Federal, e se aplica à União, Estados, Distrito Federal e Municípios), definindo que a concessão e a permissão somente ocorrerão mediante processo de licitação. Também estipulou prazo para o término das concessões (embora o Poder Público possa consentir na sua prorrogação) e introduziu critérios econômicos para se identificar o vencedor da licitação (pela menor tarifa, maior oferta em dinheiro ou combinação de ambas), onde o Poder Público fica responsável por manter o equilíbrio econômico-financeiro definido no contrato. Também cabe ao Poder Público recusar propostas inexequíveis ou financeiramente incompatíveis com os objetivos da licitação, homologar reajustes e rever valores de tarifas. Essa Lei eliminou as reservas de mercado e os direitos de exclusividade na exploração dos serviços, atribuindo ao Poder Público o dever de assegurar a eficiência e a competitividade nas operações. Com base nessa legislação atual, compete ao Poder Público adequar o serviço ao pleno atendimento dos usuários, por meio da satisfação das condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas; regulamentar o serviço concedido e fiscalizar permanentemente a sua prestação, estimulando e incentivando o aumento da qualidade, produtividade e competitividade (Lei 8987/95; Gomide, 2000).

As especificações técnicas, ou seja, os serviços que deverão ser oferecidos pela operadora, serão estabelecidos nos editais de concorrência, de maneira que o administrador público terá condições de licitar a execução do

serviço por critérios exclusivamente econômicos, visto que estes, isoladamente, não oferecem condições para a avaliação da proposta mais vantajosa para a administração pública (Gomide, 2000).

A Lei 8.666/93 instituiu normas para as licitações e contratos da Administração Pública pertinente a serviços de transporte, no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. A licitação destina-se a selecionar a proposta mais vantajosa para a Administração, garantindo o seu caráter competitivo. A partir dessa data, o Poder Público deveria adaptar suas normas sobre licitações e contratos ao disposto naquela lei, e editar, através de seus respectivos órgãos gestores, seus próprios regulamentos. O disposto nesta lei não se aplicaria às licitações e aos contratos instaurados antes da sua promulgação.

A partir da promulgação daquela lei, empresas privadas também vêm sendo introduzidas como operadoras do transporte público urbano através da contratação competitiva. Os traços principais do procedimento da licitação competitiva são (Aragão, 1998):

- Os serviços são delegados àqueles operadores privados que apresentarem a proposta mais econômica.
- O poder público mantém controle sobre o quadro das linhas, horários, tarifas, tipos de veículos e padrões de serviço.
- O objeto do contrato pode centrar-se nas linhas, em infra-estruturas física ou nos serviços especializados (por exemplo, para portadores de necessidades especiais).

As vantagens verificadas da delegação dos serviços à operadores privados são (Aragão, 1998):

- Redução direta de custos com relação à operação por empresas públicas monopolistas (20 a 60% dos custos).
- Redução indireta dos custos, pois as empresas públicas remanescentes reduzem o custo para se prepararem para a competição e perseguem a eficiência diante da ameaça constante de competição no futuro.
- A contratação competitiva leva a competição também aos mercados dos insumos (especialmente da mão-de-obra) que, em função da recuperação do mercado do transporte público, criam-se mais empregos e aumenta-se a venda de insumos.
- A contratação competitiva mantém a qualidade dos serviços.
- Ocorre uma separação completa entre os momentos de política de transportes e operação de serviços.

Assim como a licitação pode gerar competição, selecionando as propostas mais interessantes para a administração pública, também pode, através de mecanismos próprios, regular e induzir aumentos de eficiência. Através da utilização dos processos de licitações, pode-se forçar as empresas operadoras a adotarem estratégias de reduções de custos e de aumento de qualidade dos serviços, com repasse desses ganhos para a sociedade, dada a ameaça de entrada de empresas mais eficientes no mercado. A licitação permite que se crie um novo quadro de relacionamento econômico e institucional, entre o Poder Público e as empresas operadoras (Gomide, 2000).

Os atuais modelos de remuneração dos serviços (arrecadação tarifária direta ou receita pública, com ou sem câmara de compensação tarifária) não incentivam a racionalização de custos, a qualidade e a eficiência operacional - já que pelo atual modelo de contratação, o Poder Público, baseado na planilha, deve cobrir todos os custos de operação dos serviços, independente da

situação de eficiência das operadoras (Gomide, 2000). No atual modelo de concessões (Lei 8789/95), é atribuição do Poder Público manter o equilíbrio econômico das empresas, conhecendo os seus custos reais. A Lei de Licitações (Lei 8666/93) exige que o Poder Público tenha conhecimento sobre os custos enfrentados pelas operadoras de transporte coletivo por ônibus. Assim, é importante que o órgão gestor desenvolva modelos de avaliação de desempenho das operadoras no atendimento de um serviço que atenda às necessidades da população.

A Constituição Federal de 1988 vem incentivando a emancipação de municípios, delegando aos mesmos a função de elaborar suas leis e administrar seus próprios recursos. Percebe-se, em decorrência, da inexperiência dos gestores, que os municípios praticam políticas de desenvolvimento urbano ineficientes, resultando em crescimento urbano descontrolado e serviços de transporte urbano insatisfatórios (Pereira et al., 1999).

Os governos municipais, apesar de responsáveis pela gestão da maior parte dos serviços de transporte coletivo, possuem limitações políticas e econômicas. Tentativas no sentido de implementar políticas e ações para requalificar estes serviços, observadas em várias administrações, permitiram resultados expressivos, embora insuficientes para mudar sua realidade, de forma significativa. Essas administrações também trataram da relação entre os setores públicos e as operadoras de transporte coletivo, intervindo nas contradições de interesses existentes entre os mesmos, na busca de um equilíbrio (Bicalho, 1998).

A gestão dos serviços apresentou avanços conceituais e práticos, em muitas cidades onde o poder público assumiu maior controle sobre as políticas de transporte urbano, até então conduzidas pelos próprios empresários. Porém, isto ainda se mostra insuficiente para transformar a qualidade dos serviços, resolver os problemas de circulação e de acessibilidade e garantir preços finais compatíveis com a atual realidade social. A tímida intervenção nas relações entre a gestão das políticas de transporte e as demais políticas de planejamento urbano, contribuiu para os escassos avanços neste sentido. O

tratamento isolado aos problemas de transporte, sem a preocupação conjunta com os problemas de desenvolvimento urbano, possivelmente consiste na maior limitação para a mudança radical de sua qualidade, como comprovam exemplos positivos (ex.: Curitiba), e negativos (ex.: São Paulo) (Bicalho, 1998; Vera, 1999).

As empresas regulamentadas (operadoras) de transporte público precisam concordar com um conjunto de restrições financeiras e operacionais, impostas pela agência reguladora fiscalizadora (órgão gestor). Essas restrições, por sua vez, afetam o nível de produto ofertado, os preços dos serviços e os custos dos insumos empregados, afetando significativamente o uso de recursos da empresa de transporte (Berechman, 1993).

Todas essas transformações levam a pensar em formas de popularizar o acesso ao sistema de transporte coletivo, aumentando a eficiência e, conseqüentemente, reduzindo os custos operacionais das empresas operadoras. Isso exige mudanças de comportamento por parte das empresas operadoras e dos órgãos gestores, que precisam se adaptar às mudanças das atividades urbanas e às exigências dos usuários do sistema. Para tanto, também precisam reduzir suas divergências de interesses, buscando o equilíbrio. Contudo o Estado deve manter as funções reguladoras e fiscalizadoras, incrementando seus instrumentos de monitoramento.

Assim, frente às grandes mudanças que vêm sendo impostas aos setores públicos e privados do transporte coletivo, interessa verificar como o setor público vem se conduzindo nessa realidade, onde tem a responsabilidade de conciliar os interesses das empresas operadoras e dos usuários do transporte coletivo por ônibus. Para tanto, há necessidade de instrumentos que permitam identificar padrões de bom desempenho que possam servir de orientação para aprimoramento na gestão do seu transporte público por ônibus.

Antes, porém, serão analisadas as regulamentações do transporte coletivo, por ônibus, em alguns municípios brasileiros, como forma de compará-las, mais adiante, com suas respectivas medidas de eficiência.

3 ANÁLISE DA REGULAMENTAÇÃO DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS EM ALGUNS MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Antes da análise da eficiência dos diversos municípios, é importante que se verifique a forma de regulamentação dos mesmos. Para isso, foram estabelecidos contatos via telefone e e-mail com os órgãos gestores dos municípios analisados. Ainda, foram utilizadas as publicações especializadas disponíveis, bem como estudos realizados anteriormente, que serão citados ao longo deste capítulo.

Dos municípios analisados, 28,9% enviaram informações sobre suas regulamentações para o transporte coletivo por ônibus. Com base naquelas informações, traçou-se um perfil relativo aos processos de regulamentação existentes nos diversos municípios, no que diz respeito à administração do transporte coletivo por ônibus.

A seguir serão apresentadas as principais características observadas naqueles municípios.

3.1 Características dos Municípios quanto à Regulamentação do Transporte Coletivo por Ônibus

Dos 76 municípios analisados em 1998 e 2000, dezenove (19) responderam às solicitações⁶; outros três foram avaliados com base em publicações previamente disponíveis, sobre suas regulamentações. Os 22 municípios considerados nesta avaliação de características de regulamentação de transporte são: Angra dos Reis (RJ), Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Campinas (SP), Carapicuíba (SP), Curitiba (PR), Fernandópolis (SP), Fortaleza

⁶ Foram estabelecidos contatos telefônicos e enviadas correspondências via e-mail, correio e fax para a maioria dos municípios analisados, solicitando informações sobre a regulamentação ali existente, para o transporte coletivo urbano por ônibus.

(CE), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Jundiaí (SP), Manaus (AM), Maringá (PR), Mogi das Cruzes (SP), Natal (RN), Recife (PE), Rio do Sul (SC), Salvador (BA), Santos (SP), São Bernardo do Campo (SP), São José dos Campos (SP) e Uberaba (MG).

As informações examinadas revelaram que a maioria desses municípios possui contratos de permissão ou concessão que vigoram desde a década de 60, e que vêm sendo sucessivamente renovados. As exceções são Belo Horizonte (MG), Carapicuíba (SP), Manaus (AM), Salvador (BA), Santos (SP) e São Bernardo do Campo (SP), que operam com contratos de permissão ou concessão ajustados às Leis de Licitações (8.666/93) e de Concessões (8987/95). O município de Uberaba também possui contratos de permissão firmados em 1990, porém esses contratos (renovados em 1995) estão sob júdice, por motivo de suspensão do processo de concorrência pública requerido pelas empresas concessionárias; assim, ainda não foram contempladas as Leis de Licitações e Concessões.

Os municípios que estabeleceram contratos de permissão ou concessão a partir da década de 90, estipularam prazos de vigência que oscilam entre 5 e 15 anos, podendo ser prorrogados. A exceção é Carapicuíba (SP), com prazo máximo de 10 anos. As licitações ocorrem por lotes de ônibus (Belo Horizonte), lotes de linhas (Carapicuíba, Manaus, Salvador, Santos e São Bernardo do Campo) e por área (Uberaba). Esses municípios, independente da forma da licitação, não oferecem incentivos (de parte do Poder Público), nem ao aumento de produtividade nem à redução de custos ocorridos dentro das empresas operadoras. Entretanto, o município de Belo Horizonte criou um Índice de Desempenho Operacional (IDO) que é utilizado para avaliar o desempenho das empresas operadoras quanto à qualidade de seus serviços prestados.

A remuneração desses municípios se dá através de Sistemas de Compensação Tarifária definidas pela quilometragem (Belo Horizonte), custos do sistema e demanda de passageiros (Salvador) ou, ainda, pelo número de tipos de veículos alocados às linhas, a quilometragem rodada e o número de passageiros transportados (Manaus); ou por arrecadação tarifária, que ocorre

diretamente pelas empresas operadoras (Carapicuíba, Santos, São Bernardo do Campo e Uberaba).

Os órgãos gestores desses municípios exercem fiscalização sobre as empresas operadoras, em corredores e terminais (Belo Horizonte, Salvador, São Bernardo do Campo e Uberaba) ou vistorias periódicas através de relatório mensal dos serviços concedidos, que as empresas devem apresentar ao Poder Público (Carapicuíba). O município de Salvador possui sistema informatizado de controle de transporte, com transmissão direta pelas empresas operadoras, via satélite. O município de São Bernardo do Campo (SP) também utiliza um sistema informatizado para a fiscalização do cumprimento de viagens, horários, inspeções e vistorias técnicas da frota. As tarifas são definidas pelo órgão gestor que se utiliza para o cálculo, do custo operacional médio e do IPK. É importante que esses municípios incorporem em seus contratos formas de controle das empresas operadoras através de medidas de performance, emitindo resultados obtidos que poderiam levar à premiações ou punições destas empresas.

Os órgãos gestores não fornecem maiores subsídios às operadoras.

Alguns municípios possuem restrições à entrada de novas operadoras privadas, como em Manaus, onde o ingresso de uma empresa depende da necessidade pública e sendo exigido, ainda, que não haja empresa regularmente contratada para os serviços, ou alternativamente, que a operadora que explora aquele lote de linhas não disponha de condições técnicas/operacionais. Em Salvador as permissões vêm sendo renovadas, restringindo o processo licitatório apenas para as novas linhas criadas. Essas restrições impedem a competição entre as atuais operadoras e aquelas que desejam entrar no mercado através de novos contratos, e que poderiam levar a reduções de custos internos à empresa, transferindo esses benefícios aos seus usuários.

Em São Bernardo do Campo, até meados de 1997, o transporte coletivo por ônibus era explorado por empresa pública, passando a um consórcio de duas empresas privadas, em novembro de 1998.

Os demais municípios analisados como: Angra dos Reis (RJ), Brasília (DF), Campinas (SP), Curitiba (PR), Fernandópolis (SP), Fortaleza (CE), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Jundiaí (SP), Maringá (PR), Mogi das Cruzes (SP), Natal (RN), Recife (PE), Rio do Sul (SC) e São José dos Campos (SP), não realizaram licitações para permissões e/ou concessões, na última década. Alguns deles, a exemplo de Brasília, Natal e Recife, só prevêm licitações no caso da criação de novas linhas. Outros planejam novas licitações, como Campinas, Fortaleza e Jundiaí. Já os municípios restantes vêm simplesmente renovando contratos de permissão ou concessão que, em sua maioria, foram firmados na década de 70. No município de Mogi das Cruzes, as licitações realizadas após a promulgação das Leis de Licitações e Concessões, foram impugnadas por liminares.

Os municípios onde as operadoras são remuneradas diretamente pelo sistema de arrecadação tarifária são: Angra dos Reis, Fernandópolis, João Pessoa, Maringá, Mogi das Cruzes, Rio do Sul e São José dos Campos. Os municípios que trabalham com sistemas de compensação tarifária são: Brasília, Campinas, Curitiba, Fortaleza, Juiz de Fora e Recife. Em alguns casos as Câmaras de Compensação Tarifária são administradas pelos órgãos gestores e, em outros, pelas próprias operadoras, através de sindicatos patronais. O município de Jundiaí deixa a cargo das empresas operadoras a administração econômico-financeira do sistema, que assumem o risco.

A maioria dos municípios também possui sistema de fiscalização nos terminais, pontos da rede ou através de denúncias dos usuários. Campinas possui um sistema informatizado em fase de implantação. Outros municípios, como Fernandópolis, só fiscalizam a operadora quando recebem alguma denúncia. O município de Rio do Sul implantou lacre nas roletas como forma de fiscalização.

Também, para esses municípios, não existem maiores incentivos à produtividade nem à redução de custos nas empresas operadoras. Já em Campinas, a Prefeitura está elaborando uma planilha que incluirá fatores de estímulos à produtividade. O poder público, em Maringá, isenta as empresas operadoras do pagamento do IPVA como forma de incentivo à redução de

custos. Em Recife, o novo modelo de remuneração contempla ganhos de produtividade, pois o órgão gestor realiza, como forma de incentivo à produtividade, avaliações semestrais, onde a operadora tem que atingir uma nota média para continuar como permissionária. Em Rio do Sul, o poder público vem trabalhando junto à empresa operadora para buscar um aumento de produtividade, incentivando reduções de custos dentro da empresa como forma de beneficiar os usuários.

Para esses municípios, que possuem contratos de permissão e concessão antigos, a tarifa também é definida pelo custo operacional médio e o IPK. Em Fernandópolis, a tarifa é proposta pela empresa operadora e avaliada pelo órgão gestor através de planilha de custos. João Pessoa possui sua própria planilha de custos. Mogi das Cruzes e Rio do Sul aplicam a planilha de custos do GEIPOT.

Brasília possui programas de subsídios para linhas rurais e de caráter social. Mogi das Cruzes, não recolhe impostos das empresas como forma de subsídio.

Nessa relação de municípios, alguns também possuem restrições à entrada de novos operadores. No município de Curitiba, a empresa candidata deve apresentar prova de patrimônio real, equivalente ao valor da frota necessária à execução dos serviços. Em Natal, apenas pessoas jurídicas com representação no município podem operar os serviços de transporte coletivo. Recife exige prova de patrimônio líquido igual a 30% do ativo imobilizado e só podem participar das licitações pessoas jurídicas com representação no município.

Outras informações sobre a regulamentação do transporte coletivo por ônibus foram retiradas de diversas publicações. A seguir serão descritas características importantes de alguns dos municípios destacadas.

Belo Horizonte: Cançado et al. (1999) fez um estudo sobre a forma de regulamentação do transporte coletivo por ônibus em Belo Horizonte. As seguintes observações foram percebidas.

As empresas de ônibus de Belo Horizonte apresentam especificidades em relação ao panorama nacional. Os empresários se profissionalizaram e se articularam para fazer frente ao poder público local, influenciando em decisões políticas do setor, em todas as esferas (municipal, estadual e federal), com o objetivo de se expandirem em nível nacional. De forma coerente com aquelas iniciativas, os órgãos gestores de Belo Horizonte apresentam fórmulas originais de organização do sistema que vem influenciando as políticas de transporte no país.

Ao contrário da maioria das cidades brasileiras, nesta capital (e também em Curitiba) não foi constituída uma empresa pública, para operação do sistema. Contudo, o poder público mantém a responsabilidade de regulamentar o transporte coletivo.

No sistema de Belo Horizonte predominam as empresas de pequeno porte (de 11 a 45 veículos), que representam 59% do total, embora não sejam responsáveis pelo maior volume de produção do serviço. Já as empresas que possuem entre 76 e 134 veículos, embora representem 39% do total do sistema, detêm a metade da frota. Ou seja, aproximadamente a metade da produção do sistema municipal é realizada por estas empresas de médio porte. Dessa forma, a capital mineira se diferencia de outros grandes centros brasileiros, onde predominam empresas de médio e grande porte (ex.: empresas com frota maior que 75 veículos formam 63,2% do mercado em São Paulo, 80% em Recife e 95% em Brasília).

A mão-de-obra é um dos principais itens da planilha de custos (53% do total na formação do preço), utilizada para o cálculo da tarifa. Observa-se que a administração do sistema, exercida pelo poder público, define parâmetros rígidos para a determinação do custo final de mão-de-obra; e que o gerenciamento da empresa centra-se sobre os trabalhadores que operam no veículo (motoristas e cobradores) e na linha (fiscais), ou seja, fora da garagem.

A BHTRANS⁷, na busca de melhorias de qualidade, para o transporte coletivo, criou a Comissão de Qualidade Operacional de Transporte Coletivo por Ônibus, de Belo Horizonte. Nesta comissão, as negociações são tratadas

⁷ BHTRANS – Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S/A, responsável pela gestão do transporte coletivo de passageiros por ônibus.

em âmbito coletivo pelo sindicato patronal e pelo órgão gestor, com pequena participação do sindicato dos rodoviários. A BHTRANS vem se preocupando com um padrão mínimo de qualificação dos recursos humanos estimulando investimentos em tecnologias gerenciais, principalmente nas empresas de pequeno porte. Para isso, o órgão gestor examina práticas exercidas dentro das empresas onde possui maior acesso, sobre os custos da força de trabalho, como forma de buscar um quadro melhor de tarifas para o transporte. Entre as empresas pesquisadas, não se observam grandes diferenças nas práticas gerenciais, situação que pode ser atribuída àquela ação homogeneizadora da BHTRANS e do sindicato patronal. Através do modelo desenvolvido neste estudo, este município se mostrou eficiente. Assim, é de se esperar que essas práticas, mesmo que homogeneizadoras, por se mostrarem modelos a serem seguidos, sejam empregadas por todas as empresas locais.

Verifica-se nas empresas de transporte coletivo de Belo Horizonte, precariedade na manutenção dos ônibus e idade dos veículos. O órgão gestor vem tentando estimular a renovação da frota, exigindo veículos mais modernos e equipamentos de bordo mais desenvolvidos, como forma de melhorar o conforto e a segurança dos passageiros e as condições de trabalho dos motoristas e trocadores.

Pode-se verificar a forte influência da BHTRANS na organização do trabalho, onde a função estratégica é, efetivamente, exercida pelo órgão gestor, cabendo às empresas apenas a execução do serviço. Essas rígidas determinações do órgão gestor, apesar de serem fundamentadas em questões técnicas, podem criar um círculo vicioso, em que as empresas se acomodam às determinações, desestimulando o desenvolvimento de projetos e ações que ultrapassem a simples prestação imediata do serviço.

Brasília: Affonso et al. (1999) descrevem o desenvolvimento do transporte coletivo por ônibus em Brasília a partir de 1984, quando o poder público, preocupado com a dificuldade dos deslocamentos urbanos diários, agravados pela crescente segregação social, buscando ampliar seus controles gerenciais, criou o Departamento de Transportes Urbanos – DTU. Esse departamento

passou a adotar metodologias e técnicas aperfeiçoadas para a melhoria do sistema; criou o Sistema de Informação e Controle de Transporte Público Coletivo – SITUR e instituiu o Caixa Único como instrumento de administração econômico-financeiro do sistema, que vigorou até 1992, e teve forte influência no crescimento e na lucratividade dos transportadores privados do Distrito Federal. Com essa medida, a remuneração das empresas passou a ser definida em função da quilometragem realizada pelas operadoras. Ao eliminar os riscos comerciais, tal mudança estimulou a ampliação das frotas. Todavia, determinou ampliação nos custos médios e, conseqüentemente, das tarifas, de maneira que os subsídios governamentais foram desviados de seus propósitos, e absorvidos pelo crescimento das frotas e da quilometragem rodada.

Pela forma como foi implantado em Brasília, o modelo de caixa único contribuiu para consolidar os grandes grupos, retirando dos empresários os riscos do negócio, à medida que deixam de se preocupar com a relação entre receita tarifária e custo. Assim, a fragilidade do poder público para controlar a efetiva prestação do serviço incentivou, em algumas empresas, uma administração deficiente.

O número de fiscais do DTU caiu ao longo dos anos e, assim, os únicos instrumentos de controle e manutenção dos serviços passaram a ser os registros de horário de chegada e saída de veículos, que passaram a ser realizados pelos próprios operadores privados. Como esta informação é essencial para o cálculo tarifário, a confiabilidade das informações passou a merecer suspeitas. Em apenas seis meses após o término do Caixa Único, e com a volta da remuneração por tarifa, o volume de passageiros transportados registrou um acréscimo de 15%. A partir daí foi implantado um sistema de câmara de compensação sob controle tarifário, fazendo com que os subsídios, que eram grandes até 1992, deixassem de existir a partir de 1996.

No final da década de 80, objetivando limitar o tamanho das empresas, o órgão gestor adotou medidas antimonopolísticas, definindo em 30% do mercado o tamanho máximo para qualquer empresa operar no serviço de transporte. Essa restrição pôde ser driblada através da criação ou utilização de

outra razão social para empresa do mesmo proprietário. Posteriormente, houve ampliação do limite para 50%.

As diversas ações trabalhistas, conduzidas pelos empregados da empresa pública TCB, levaram à extinção da mesma em 1998.

Pelas licitações realizadas no Distrito Federal, percebe-se que novos empresários estão dispostos a explorar o negócio do transporte coletivo. Entretanto, as concorrências se mostram tímidas, oferecendo lotes insignificantes frente ao número de veículos em operação. Observa-se também que, mesmo as licitações sendo realizadas por lotes, e apesar das linhas poderem ser mudadas em qualquer momento pelo órgão gestor, as empresas com maior poder econômico e político, garantem a manutenção de seu espaço no mercado. Isso ocorre porque as decisões terminam por chegar à instância máxima de governo, enfraquecendo o órgão gestor, que não tem o apoio político necessário para fazer frente ao duopólio que hoje concentra 75% da demanda de passageiros.

Brasília possui duas mega-empresas, com mais de 700 ônibus cada, que absorveram empresas menores, aumentando sua capacidade de investimento.

Esse município possui transporte alternativo (representado por kombis) que captam (considerando somente aqueles regularizados), em torno de 10% da demanda mensal de passageiros.

Campinas: Bicalho et al. (1999) pesquisou sobre esse município e destacou as seguintes observações.

Campinas conta com vasto parque industrial, incluindo um eixo de alta tecnologia, além de uma rede comercial, hospitalar e de ensino que atrai usuários de vários estados. A região de Campinas responde por um décimo da produção agroindustrial de São Paulo, contribui com 9% do seu produto interno bruto (PIB) e com 17% da produção industrial.

O sistema municipal é gerenciado por uma sociedade de economia mista, a Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas S/A – EMDEC. Operam, no município, seis empresas particulares, sob o regime de permissão

por prazo indeterminado e em áreas exclusivas. As empresas que operam o transporte urbano são majoritariamente de capital externo ao município.

Data de 1960 a primeira regulamentação do sistema de transporte coletivo por ônibus, quando a Prefeitura Municipal de Campinas abriu concorrência pública para delegar a exploração de preferência a uma só concessionária, pelo período de 10 anos. A empresa vencedora (a Companhia Campineira de Transporte Coletivo – CCTC) já operava a totalidade das linhas existentes à época. Ao longo da década de 70, outras empresas que faziam ligações com as cidades vizinhas, operando linhas intermunicipais de características urbanas, através de concorrência pública, passaram a explorar os serviços dentro do município de Campinas, em novos trajetos onde a CCTC se recusava a operar. Assim, a CCTC prestava serviços apenas nas áreas de maior rentabilidade.

Em 1980, novas leis redefiniram as bases do sistema de transporte municipal que permanecem, como conceito de regulamentação, válidas até hoje. Essas leis determinaram a prestação dos serviços sempre que possível pelo setor privado, mediante permissão a título precário, em caráter oneroso (com pagamento à municipalidade de um preço público mensal por veículo) e em áreas de operação exclusiva. Também foi criada a Secretaria Municipal de Transportes. A Prefeitura estabeleceu, por decreto, o regulamento do serviço de Transporte Municipal de Passageiros, fixando a forma de cálculo do preço público mensal por veículo e estabelecendo penalidades e outras normas para o exercício da permissão.

Em 1981, foram realizadas licitações com a finalidade de selecionar empresas permissionárias para atuarem em seis áreas de operação exclusivas. Os editais, com base na nova legislação municipal, exigiam que as empresas existissem há mais de dois anos, atuando no ramo de transporte coletivo urbano. Também proibia que uma mesma empresa explorasse mais de uma área de operação. Foram vencedoras aquelas empresas que já operavam no município isoladamente ou em consórcio. A CCTC continuou explorando a melhor área.

Com a crise econômica e social, ocorrida na década de 80, observou-se problemas também no transporte coletivo. As empresas locais que operavam linhas municipais e intermunicipais foram abandonando sua participação no sistema municipal. A maioria delas transferiu suas permissões para grupos nacionais de maior porte e restringiu sua operação às linhas intermunicipais. No final daquela década, a CCTC também decidiu abandonar a prestação do serviço urbano, levando a administração municipal a promover alterações nos limites das áreas de operação e a realizar nova licitação. Ainda assim, ocorreram diversos conflitos entre as empresas, com os usuários e com o poder público, levando o último a decretar estado de calamidade pública no transporte coletivo. Foram, então, decretadas duas intervenções em empresas permissionárias, em virtude da deteriorização da qualidade de operação. A administração municipal passou a exercer o papel de operadora, substituindo uma das concessionárias sob intervenção.

No início da década de 90, a administração municipal realizou uma série de mudanças na gestão do sistema de transportes, permanecendo inalteradas suas bases jurídico-institucionais. Foram mantidas a estrutura de permissões e as áreas de operação, e procurou-se aumentar o controle do poder público, através da alteração na forma de remuneração das empresas. Aconteceram mudanças, a exemplo da criação de uma empresa municipal para gestão do sistema; da centralização, em mãos do poder público, da receita do sistema de venda de passes, e da aprovação de uma lei dispendo sobre as obrigações das concessionárias e definindo infrações e penalidades.

Em 1995, a empresa pública encerrou suas atividades na operação direta do transporte, passando a exercer exclusivamente seu papel de órgão gestor do sistema de transporte coletivo do município.

Nas licitações, as permissões se mantiveram apenas em duas áreas. Nas demais, ou as empresas passaram a operar com autorizações precárias (sem ter participado de processos de licitações), ou os consórcios que receberam permissões em 1982 (e que sofreram sucessivas alterações em sua composição), foram referendados pela Prefeitura. Dentro do quadro atual de permissionárias, 95% do transporte de passageiros urbanos é realizado por

empresas mineiras ou paulistas. Apenas uma, a menor, permaneceu em mãos de um grupo local.

Apesar de tantas alterações na configuração das áreas de operação, assim como nas formas de remuneração e controle do sistema de transporte coletivo, as administrações municipais têm optado por não realizar novas licitações, incorporando, apenas, novas regras na regulamentação, mediante decretos.

Desde o início da década de 80, a prefeitura passou a assumir crescente participação na gestão do serviço de transporte coletivo, com a criação da Secretaria de Transportes – SETRANSP. Em 1991, foi reativada a Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas – EMDEC, criada originalmente para a promoção do desenvolvimento urbano no município.

Ainda foram desenvolvidos projetos de automação da arrecadação e de controle operacional, como forma de garantir o completo conhecimento dos dados operacionais.

Curitiba: Brasileiro (1999) comenta sobre algumas características da regulamentação do transporte coletivo por ônibus, em Curitiba. Estas características são descritas a seguir.

Nos anos de 1955 a 1964 ocorreu uma reorganização dos transportes por ônibus, cujo regulamento determinou (pela primeira vez no país) a divisão da cidade em setores ou áreas. Estes setores seriam operados por empresas privadas, surgidas da pressão da municipalidade, para que se desse o agrupamento de uma multidão de proprietários individuais de lotações. Entre 1971 e 1983, o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC criou um sistema de transporte caracterizado por suas inovadoras ruas de pedestres, ônibus expressos e rede integrada de diferentes sistemas.

De 1983 a 1987, foram redefinidas as relações contratuais entre o poder público e as empresas privadas. Foi implantada a “Receita Pública”, fora de controle dos empresários, que receberiam uma “remuneração pelos quilômetros produzidos”, e a tentativa de “frota pública” (uma parte das receitas

oriundas das tarifas seria utilizada na compra de ônibus que, de propriedade da prefeitura, eram operados pelo setor privado).

Não existem, em Curitiba, formas não regulamentadas de transporte de passageiros por veículos de pequeno porte, chamados de informais ou alternativos.

O método de remuneração das empresas privadas de ônibus é pelo número de quilômetros rodados.

Atuam no município empresas de médio (entre 76 e 134 veículos) e grande porte (entre 200 e 345 veículos).

Em 1973 foi criado o Conselho Municipal de Transportes, responsável pela avaliação das tarifas, composto por representantes dos órgãos públicos locais, da universidade, dos operadores de ônibus, de comerciantes, industriais e da Câmara Municipal. As primeiras mobilizações de usuários conduziram a uma melhoria na qualidade do serviço, ao mesmo tempo em que as tarifas se elevaram de forma menos acentuada do que o inicialmente previsto.

Os operadores se queixam da rigidez da tutela pública, cuja presença marcante na definição dos parâmetros operacionais viria a constituir-se em um fator inibidor da iniciativa privada, e colocaria um limite à atividade empresarial. As empresas de ônibus requerem maior flexibilidade para combinar seus fatores de produção de custos e aumentos de produtividade. A carência relativa de certa flexibilidade, retira das próprias empresas a responsabilidade de alocar seus insumos na produção dos serviços de transportes. Este rígido quadro regulamentar pode acarretar desequilíbrios nos seus níveis de rentabilidade, podendo ampliar possíveis diferenças entre os montantes das receitas do sistema (oriundas das tarifas pagas pelos usuários) e dos custos da prestação dos serviços, que por sua vez tendem a aumentar.

Fortaleza: Brasileiro & Santos (1999) investigaram a regulamentação do transporte coletivo por ônibus em Fortaleza. Algumas observações serão descritas a seguir.

A rede de transporte de ônibus é integrada, funcionando através de terminais fechados de integração. O sistema segue concepção similar à de

Curitiba, embora em Fortaleza as relações entre transporte, malha viária e usos do solo não se mostrem tão claramente definidas como na capital paranaense.

Os níveis de concentração empresarial, em Fortaleza, ainda são reduzidos. A maior empresa detém menos de 15% da frota total do sistema.

Sem considerar a empresa pública, as 5 maiores empresas (cerca de 23% do total de operadoras particulares) detêm aproximadamente 50% da frota total do sistema, indicando a possibilidade de um tipo distinto de concentração empresarial em que empresas grandes convivem com unidades de tamanho pequeno. Destaque-se que 65% do total de empresas possuem menos de 50 ônibus.

Diferente dos demais casos (e de forma semelhante a Belo Horizonte), a quantidade de empresas no mercado, há 25 anos, era similar aos números de hoje, sendo que a maioria daquelas ainda está presente. Aparentemente, a união entre os empresários protegeu as empresas de menor porte da extinção ou da fusão.

Porto Alegre: Costa et al. (1999) identificam características do transporte coletivo por ônibus em Porto Alegre, que serão comentadas a seguir.

O transporte público por ônibus no município de Porto Alegre é organizado e fiscalizado pela Secretaria Municipal dos Transportes – SMT/PA, sendo sua operação um serviço concedido a empresas privadas e à Companhia Carris Porto-Alegrense S.A. (empresa pública). O sistema de transporte por ônibus de Porto Alegre é regulamentado desde 1928, quando vigorou o primeiro ato determinando as linhas e os horários de ônibus na cidade. A partir de então, o sistema funcionou com permissão por linha e por empresa.

A Companhia Carris tem atuado juntamente com 15 outras operadoras privadas na prestação dos serviços de transportes, e atende em torno de 22% da demanda por deslocamentos urbanos.

A Carris contraria os paradigmas de ineficiência normalmente associados ao Estado, tornando-se um exemplo de empresa pública autogerida, em condições de controlar sua capacidade de endividamento e

criar uma estrutura que comprometa seu trabalhador com a produtividade. Ela apresenta um dos maiores índices de passageiros transportados por quilômetro do sistema de ônibus de Porto Alegre (IPK igual a 3,75 – SMT/PMPA, 1996 *apud*: Costa et al., 1999), resultante da operação superavitária de suas linhas transversais e, ainda, do alto desempenho de uma de suas principais linhas radiais, cujo IPK se mostrou superior a 7. No geral, a empresa atua em um conjunto de 20 linhas, rentáveis em sua maioria. O subsistema transversal de Porto Alegre é operado exclusivamente pela empresa pública, cujo percentual de passageiros representa 54% do total de sua demanda diária transportada, e tem apresentado, ao longo do tempo, índices favoráveis de crescimento no deslocamento de passageiros.

O sistema radial é operado, majoritariamente, por empresas privadas, tendo ainda uma participação da empresa pública (a Carris opera 13 linhas radiais).

A Carris, com a operação de linhas superavitárias, tem conseguido auto-sustentar-se, dispensando a necessidade de recorrer a subsídios da prefeitura. A racionalização de custos tem, como principais itens, os gastos com pessoal e o fornecimento de peças e materiais em geral. Essa empresa vem priorizando a produtividade de seu sistema, com ampla participação de seus funcionários. A modernização de seu gerenciamento tem provocado resultados empresariais positivos, agregando competitividade à empresa.

Em 1980, a prefeitura criou a tarifa social única. Em função disso, foi criado o Consórcio Operacional de Porto Alegre – Copa. A Carris sempre participou, direta ou indiretamente, seja no interior do Copa, seja apenas contribuindo com seus dados para a definição dos repasses. Nas ocasiões em que esteve fora do consórcio, apropriou-se inteiramente da receita tarifária arrecadada por sua frota.

O equilíbrio econômico-financeiro do sistema foi preservado pela adoção de um mecanismo de compensação financeira, mediante o qual as empresas superavitárias, por possuírem linhas com custos internos inferiores à média do sistema, deveriam repassar parte da receita às empresas operando em situação deficitária.

Em 1992, o poder concedente iniciou o estudo de um Novo Modelo de Gestão para o transporte por ônibus, que configurou o consórcio de empresas em distintas bacias operacionais, pelo qual, mantida a personalidade jurídica individual das operadoras, estas uniam esforços de transporte. O objetivo do novo modelo de gestão é a qualificação dos serviços através da otimização do sistema, com reduções nos custos operacionais e aumentos de produtividade. Uma bacia operacional identifica um setor do espaço urbano que tem como referência uma artéria radial que canaliza os deslocamentos da população para o centro da cidade. No modelo até então em vigor, havia concorrência acirrada entre distintos operadores ao longo daquelas artérias principais, muitas vezes em detrimento de um melhor atendimento a áreas cativas internas.

Ainda, foram criadas bacias funcionais que agregam as linhas de ônibus não enquadradas em uma única bacia (linhas transversais e circulares). O conjunto de todas as linhas transversais e circulares forma um lote unitário de serviços que é operado pela Carris.

Com cada consórcio responsável por uma ou duas bacias, o órgão gestor espera o fim da disputa predatória entre empresas pelos eixos centrais, onde existe maior afluxo de passageiros. Também, os consórcios terão condições de manter as linhas sociais (de pouca demanda de passageiros), que representam custos elevados quando atendidas por uma única empresa. Em Porto Alegre, as 15 empresas privadas formam três consórcios.

O novo modelo afetou também a sistemática de divisão de arrecadação no âmbito da Câmara de Compensação. Antes da formação dos consórcios, os repasses se davam entre as empresas operadoras através do Copa. A partir da formação das bacias, a Câmara de Compensação Tarifária – CCT assumiu a responsabilidade dos repasses entre as bacias, inclusive a bacia pública. Os consórcios, por sua vez, administram a compensação interna entre as empresas associadas, com base no percentual de custos de cada uma. Entre as funções da Câmara de Compensação Tarifária, que tem por objetivo promover o equilíbrio econômico-financeiro do sistema de transporte coletivo, está a elaboração de mecanismos permanentes de incentivo à qualidade e produtividade, visando a melhoria contínua dos serviços de transporte coletivo

e a proposição e aplicação das penalidades às empresas que não se adequarem às diretrizes de remuneração.

Sob a ótica dos operadores, o novo modelo de consórcio operacional possibilita atingir um equilíbrio econômico ajustado entre bacias, operadas por distintas empresas em conjunto. A cooperação mútua para a realização dos serviços, entre os operadores de uma mesma bacia, deve levar ao aumento da produtividade e a maiores possibilidades de investimento, tendo como consequência, a melhora da oferta do transporte coletivo.

Desde outubro de 1997, quando foi inaugurada sua primeira etapa, encontra-se em estágio de experimentação o Sistema de Ônibus Monitorado Automaticamente – SOMA, pretendendo garantir o controle e a fiscalização das viagens urbanas. Em pontos estratégicos da cidade, o cumprimento da programação estabelecida é aferido eletronicamente com o intuito de controlar o horário de passagem do ônibus. Com o SOMA, a SMT espera alcançar uma melhora da qualidade do serviço ofertado pelo transporte coletivo por ônibus.

Recife: Brasileiro & Santos (1999) também descrevem características da regulamentação do transporte coletivo por ônibus de Recife, conforme se descreve a seguir.

A delegação dos serviços é conferida mediante licitação ou, em se tratando de empresas já operantes no sistema, avaliação semestral de desempenho operacional. As empresas que obtiverem conceito satisfatório na avaliação, terão suas permissões renovadas; as que falharem, perderão o objeto da permissão, que voltará a ser licitado. Quando forem criados serviços em áreas que não sejam objeto de permissão, a delegação se fará através de licitação. Todavia, sempre que a EMTU – Empresa Municipal de Transportes Urbanos, se decidir pela criação de nova linha na área de influência de alguma permissionária, esta terá a prioridade para efetuar o serviço. No tocante à vigência, a permissão é flexível, dependendo da classificação obtida pela permissionária na avaliação (três anos para a classificação “regular”; quatro para “boa”; cinco para “ótima”).

Quanto à remuneração das operadoras, a regulamentação estabelece o processo de compensação tarifária.

A regulamentação do sistema gerenciado pela EMTU introduz instrumentos inovadores no cenário brasileiro, tais como a avaliação das empresas e a vinculação da remuneração e da própria prorrogação das concessões, aos conceitos obtidos com base na avaliação. Entretanto, essa regulamentação parte de um mercado fechado, restrito às empresas já operantes no sistema, que inclusive têm prioridade na distribuição de novas linhas.

Dentre as inovações tecnológicas que vêm sendo adotadas pela EMTU, se destaca a introdução de um Sistema de Monitoração Automática de Veículos – SIMAV, que permitirá a captação em tempo real dos indicadores operacionais do sistema, de modo a comparar os índices programados com aqueles efetivamente realizados. Outra inovação é a bilhetagem eletrônica, que possibilitará o aperfeiçoamento dos mecanismos de controle da receita do sistema.

O mercado de transportes é fortemente fechado, isto é, nesse mercado as empresas se formam e crescem à base de capital essencialmente local.

Após a análise da regulamentação em alguns municípios brasileiros, nos próximos capítulos, serão revisados os conceitos e métodos mais utilizados para medir eficiência.

4 CONCEITOS DE PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA

Neste capítulo serão revisados os conceitos de produtividade e eficiência, na visão de diversos autores.

4.1 Produtividade

Segundo Moreira (1991), para se conceituar produtividade é conveniente referi-la a qualquer sistema de produção. Assim, um sistema de produção é qualquer conjunto de partes, que operam de forma combinada e harmônica para transformar insumos em produtos ou serviços.

Vários autores (De Borger, 1984; Kim, 1985; Oum et al., 1992; Lovell, 1993) definem a produtividade de um sistema de produção como relação de transformação comparativa, envolvendo seus insumos e produtos, ou seja, consideram a forma como a relação insumo-produto muda no tempo e/ou difere entre empresas ou indústrias.

Lovell (1993) afirma que a produtividade varia devido a diferenças em termos da tecnologia de produção, da eficiência do processo de produção, e do ambiente em que ocorre a produção.

Na visão de Moreira (1991) e Oum et al. (1992), existem diferentes razões porque medir produtividade:

1. Pode ser usada como ferramenta gerencial, para verificar efeitos de mudanças organizacionais, ou de introdução de novos processos de produção, para apoiar reformas no layout, e introdução de novas técnicas gerenciais dentro e fora da produção, para estabelecer programas de eliminação de refugos e desperdícios, ou programas de treinamento de pessoal, políticas de investimentos, ou ainda, para avaliar abertura de novos mercados ou introdução de novos produtos, entre tantos outros.

2. Como instrumento de motivação, isto é, como elemento orientador de estímulos para que funcionários e gerentes passem a tomar decisões focalizando aspectos de eficácia⁸.
3. Como forma de prever necessidades futuras de mão-de-obra, isto é, partindo-se de previsão quanto à expansão na demanda e tendências de aumento na produtividade, pode-se determinar a força de trabalho necessária para atender à produção, face a tecnologia empregada.
4. Para comparar a performance de indivíduos ou departamentos em uma mesma empresa, ou entre as empresas de uma indústria, ou entre indústrias, ou até mesmo entre países, utilizando indicadores de performance.
5. Para comparar o desempenho de unidades de uma mesma empresa, dispersas em diferentes localizações geográficas.
6. Para verificar a influência da produtividade sobre os preços, tanto para empresas como para o setor político público: quando frente à preços crescentes dos insumos, as empresas podem restringir aumentos nos preços de seus produtos, aumentando sua produção e, conseqüentemente, sua produtividade. Com relação a interesses políticos públicos, à longo prazo, mercados competitivos resultam em ganhos de produtividade que são repassados ao consumidor.
7. Para medir a performance de uma empresa ou indústria através do tempo.
8. Para comparar a performance de empresas/indústrias sob regimes políticos públicos alternativos, por exemplo, regulamentação e/ou propriedade do governo.

⁸ Para que uma unidade ou empresa atinja seus objetivos pré-estabelecidos alcançando a eficácia, primeiramente precisa atingir sua eficiência na produção de produtos ou serviços.

Segundo Oum et al. (1992), os economistas acreditam que mudanças na habilidade produtiva, associadas à adoção de novos conhecimentos tecnológicos, nova organização gerencial ou novas políticas industriais, indicam expectativa de melhoria de performance à longo prazo.

Através de uma medida de produtividade pode-se (Oum et al., 1992):

1. explorar as economias de escala⁹ ou de tamanho de rede.
2. explorar as economias de densidade de tráfego.
3. explorar outras economias associadas à utilização de capital ou de insumos agregados;
4. eliminar as combinações de insumos alocativamente ineficientes¹⁰.
5. eliminar as ineficiências técnicas.
6. aumentar a qualidade de produtos.
7. aumentar a qualidade de insumos.
8. reduzir as externalidades, tais como poluição, barulho, etc.
9. diferenciar locais de operação.
10. perceber mudanças em habilidades produtivas.

Existem várias medidas de produtividade parciais, onde o aumento do produto é comparado com o aumento de alguns mas não todos insumos. Um problema das medidas de performance parciais é que estas consideram somente um subconjunto de insumos usados pela empresa e, algumas vezes, somente um subconjunto dos produtos, para retratarem os ganhos ou perdas totais na produtividade. Outro problema das medidas parciais é que as mesmas freqüentemente falham ao levar em conta a natureza não homogênea dos insumos e produtos. Por exemplo, para avaliar os custos totais por hora trabalhada, o número total de empregados é usado como uma medida do insumo trabalho, embora a adição de um operador de tráfego-hora, evidentemente, apresente impacto distinto sobre a produtividade, relativamente

⁹ Os conceitos de economias de escala, de rede, de densidade e de utilização de capital serão definidos no Capítulo 5.

¹⁰ Os conceitos de ineficiências técnica e alocativa serão definidos mais adiante, neste capítulo.

a adição de um depósito mais limpo ou de um mecânico mais experiente (Moreira, 1991; Hensher, 1992; Windle and Dresner, 1992 *apud* Oum et al., 1992). Além disso, o aumento em alguns produtos não garante que a empresa será mais eficiente no todo. Por isso, os economistas investem em medidas onde modificações em todos os produtos estão associadas às modificações em todos os insumos. Uma destas medidas é conhecida como Fator de Produtividade Total (FPT).

4.1.1 Fator de Produtividade Total

O Fator de Produtividade Total mede mudanças observadas no produto total, relativamente a mudanças no uso de todos os insumos (Benjamin e Obeng, 1990; Hensher, 1992; Obeng et al., 1992; Coelli et al., 1997).

Os termos Fator de Produtividade Parcial (FPP) e Fator de Produtividade Total (FPT) produzem, respectivamente, medidas de ganhos de produtividade associadas a mudanças em um insumo particular, mantidos os demais insumos constantes; ou mudanças em um índice de produto agregado, devido a alterações em um índice de insumo agregado. Em ambos os casos o objetivo da análise é estimar a taxa de mudança no conjunto de possibilidades de produção e averiguar se ela resulta de oscilações no nível e no mix dos insumos usados, produtos obtidos ou custos operacionais (Caves et al., 1981 *apud* Berechman, 1993).

Benjamin & Obeng (1990), definem o Fator de Produtividade Total como a diferença entre o crescimento percentual em produtos e insumos em dois períodos de tempo. Para tanto utilizam esquema de ponderação para combinar os aumentos em insumos bem como os aumentos ocorridos em todos os produtos.

A vantagem do fator de produtividade total, em relação ao fator de produtividade parcial, é que o primeiro considera todos os insumos analisados, simultaneamente. Assim, todas as interações entre os vários insumos são consideradas no cálculo de produtividade. Tal abordagem permite avaliar a

sensibilidade na produtividade quando muda um único insumo, mantendo-se constantes as quantidades e custos de outros insumos. Este método possui a vantagem de isolar os efeitos parciais, o que não é possível usando o método de relação simples (Benjamin & Obeng, 1990).

Esta formulação origina duas dificuldades: a primeira que se observa quando a produção é de multi-produtos, diz respeito à forma como são agregados todos os produtos, em um único índice de produto; a segunda se prende em dificuldades de interpretar a produção sob diferentes condições de economias de escala (Berechman, 1993). Para isso, existem várias abordagens para a medida do Fator de Produtividade Total (FPT) que levam a diferentes resultados e interpretações. Diewert (1989) (*apud* Oum et al., 1992), identificou algumas destas abordagens, classificando-as como não-paramétricas ou paramétricas:

a) As abordagens não-paramétricas são aquelas onde a produtividade é medida por números-índices¹¹. Estes números-índices são definidos a partir de quantidades diretas de insumos e produtos e/ou custos e receitas. Entre os vários números-índice existentes, pode-se citar: Índice da Quantidade Direta; Receitas Deflacionadas por Gastos de Custo Deflacionados; Índice da Quantidade de Produto dividido pelo Índice de Gastos Deflacionados; Receitas Deflacionadas divididas pelo Índice de Quantidade de Insumo Direto; Relação de Preço Produto-Insumo de Jorgenson-Griliches; Mudanças em Coeficientes Técnicos.

b) As abordagens paramétricas são aquelas onde se tenta especificar uma relação funcional entre produto e insumos analisados, bem como estimar a significância estatística deste conjunto de dados. As duas abordagens paramétricas mais utilizadas são (Kim, 1985; Oum et al., 1992):

¹¹ Segundo Coelli et al. (1997), um número índice é definido como um número real que mede mudanças em um conjunto de variáveis relacionadas. Os números índices são usados para medir mudanças de preços e quantidades em insumos e produtos, no tempo, bem como medir diferenças nos níveis entre empresas, indústrias, regiões ou países.

- *Função de produção*: tenta-se definir a relação funcional entre as quantidades de insumos utilizadas para a produção de uma determinada quantidade de produto. Como se desconhece a função de produção que melhor representa esta relação, há que definir seus parâmetros, estimando-os estatisticamente. Como a estimação da função de produção pode apresentar algumas dificuldades teóricas e empíricas, segundo Berechman (1993) é mais conveniente estimar a função de custo, que pode conter toda a informação relevante da estrutura de produção.

- *Função de Custo*: esta abordagem tenta definir a relação funcional entre produto e insumos, através de seus respectivos preços. A função de custo é definida como a função que especifica os custos mínimos para produzir um dado nível de produto, frente a determinado vetor de preços para os insumos. A abordagem da função de custo é o dual da abordagem da função de produção.

Uma vantagem da abordagem paramétrica para medidas de produtividade é a possibilidade de se realizar testes estatísticos para verificar o grau de significância das variáveis incluídas no modelo.

Benjamin e Obeng (1990), citam alguns estudos que utilizaram a abordagem paramétrica aplicando à análise de produtividade, para calcular e determinar as fontes de crescimento do fator de produtividade total: Caves et. al. (1980) (*apud* Benjamin & Obeng, 1990) estudaram sistemas de ferrovias nos Estados Unidos; Gollop & Roberts (1981) (*apud* Benjamin & Obeng, 1990) e Nadiri e Schankerman (1981a,b) (*apud* Benjamin & Obeng, 1990) aplicaram em trabalhos similares; Cowing e Stevenson (1981) (*apud* Benjamin & Obeng, 1990) forneceram um exame detalhado de estudos sobre medidas de fator de produtividade total em indústrias reguladas.

Berechman (1993) também aponta vários estudos que utilizaram um modelo de regressão para estabelecer as relações de intensidade entre indicadores de performance e um conjunto de fatores políticos exógenos à empresa de transporte. Entre esses estão os estudos de Anderson (1983),

Pucher & Anders (1983) e Cervero (1984). Hensher & DeMellow (1991) (*apud* Berechman, 1993) utilizaram um modelo de otimização de alocação de recursos para derivar medidas de fator de produtividade parcial e total; essas medidas foram, então, correlacionadas com indicadores de performance para verificar os melhores em termos de poder preditivo.

Segundo Berechman (1993), é preciso, contudo, alguns cuidados no uso de medidas de produtividade. O autor destaca que:

- As medidas de produtividade são imprecisas devido às dificuldades na obtenção dos dados e à controvérsias entre vários conceitos envolvidos na sua definição.
- Nem sempre padrões semelhantes de variação, entre duas ou mais variáveis, são indicativos da existência de alguma relação de causa e efeito, entre elas. Estas variações podem ocorrer devido ao acaso ou à influência oculta de alguma variável não explicitada nos modelos de análise.
- As medidas de produtividade econômica não levam em conta os efeitos danosos que podem ocorrer, no que diz respeito à qualidade de vida e o bem-estar social, quando se busca sistematicamente ampliar os resultados de produção.
- Um valor numérico para a relação produto/insumo não explica mudanças em produtividade. Para que se possa perceber essas mudanças, são necessárias informações sobre as decisões da empresa com relação à sua alocação de recursos, dada sua tecnologia de produção.
- As comparações bilaterais de indicadores de performance observados em diferentes empresas, durante dado período de tempo, ou de uma empresa, através do tempo, podem mostrar mudanças relativas a um benchmark arbitrariamente definido tais como um ano base ou uma indústria média.

Contudo, este benchmark arbitrário pode mudar se a produção de serviços de transporte é considerada sob condições de economias de escala, escopo ou de rede que, por sua vez, tendem a se modificar ao longo do tempo.

Existem diferenças entre os diversos métodos utilizados para medir produtividade. Suas aplicações, a exemplo do uso de números-índices, em comparação com abordagens estatísticas, não produzem os mesmos resultados. Os números-índices são medidas "brutas" de produtividade, que não permitem distinguir causas dos ganhos de eficiência (identificar se resultaram da exploração de economias de escala, de mudanças no conhecimento ou na habilidade técnica para produção). Além disso, diferentes tipos de números-índices não levam, necessariamente, a resultados idênticos quando medindo produtividade. Diewert (1989) (*apud* Oum et al., 1992), mostra que os seis números-índices¹² citados anteriormente, levam a resultados idênticos somente quando analisando um único insumo e um único produto, na mesma empresa. A forma de agregação dos diferentes insumos e produtos também leva a diferentes estimativas numéricas de aumento de produtividade, mesmo dentro de uma única categoria de técnicas de números-índices. Finalmente, as duas abordagens estatísticas (Função de Produção e Função de Custo) também se mostram diferentes na teoria. Caves, Christensen e Swanson (1981) (*apud* Oum et al., 1992) mostram que, a menos que uma indústria experimente retornos constantes de escala¹³, a mudança na função de produção não será igual à mudança na função de custo¹⁴.

¹² Os números-índices são: Índice da Quantidade Direta; Receitas Deflacionadas por Gastos de Custo Deflacionados; Índice da Quantidade de Produto dividido pelo Índice de Gastos Deflacionados; Receitas Deflacionadas divididas pelo Índice de Quantidade de Insumo Direto; Relação de Preço Produto-Insumo de Jorgenson-Griliches e Mudanças em Coeficientes Técnicos.

¹³ Este conceito será definido no Capítulo 5.

¹⁴ A mudança na função de produção é igual ao negativo da mudança na função de custo multiplicada pela medida de retornos de escala (Oum et al., 1992).

Segundo Moreira (1991) e Berechman (1993), os números-índices apresentam vantagens quando se trata de comparações ao longo do tempo ou entre diferentes sistemas de produção (ex.: duas fábricas ou departamentos de uma mesma empresa), em um único período de tempo. Com eles, o cálculo de variações na produtividade, período a período, é muito simples e fácil de interpretar, além de serem populares entre os operadores de transporte e legisladores. Outra vantagem é que se prestam à visualização gráfica, podendo rapidamente exibir o perfil evolutivo da produtividade. As demais técnicas para análise de eficiência e produtividade de trânsito, embora analiticamente superiores, são de difícil interpretação. Assim, as vantagens dos números-índices são indiscutíveis. Entretanto, deve-se questionar se esta abordagem permite avaliações confiáveis que identifiquem com segurança, o quão produtiva é determinada empresa de transporte.

Finalmente, deve ser considerado que, em última instância, a escolha da técnica a ser adotada para medir produtividade dependerá dos pressupostos assumidos pelo analista e da disponibilidade e/ou confiabilidade dos dados a que tem acesso.

4.2 Eficiência

Segundo Farrell (1957), quando alguém fala da eficiência de uma empresa, geralmente se refere ao seu grau de sucesso, no esforço de gerar determinada quantidade de produto, a partir de um dado conjunto de insumos.

Segundo Lovell (1993), a eficiência de uma unidade de produção resulta de comparação entre os valores, observado e ótimo, em suas relações insumo-produto. A comparação se faz entre o produto observado e o máximo produto potencial alcançável, para os insumos utilizados, ou a partir do insumo mínimo potencial necessário para produzir dado produto, pelo insumo observado, ou, ainda, alguma combinação dos dois. Nessas comparações, mede-se a eficiência técnica, e o ótimo é definido em termos de possibilidades de produção. Também é possível definir o ótimo em termos do objetivo

comportamental da unidade de produção. Neste caso, trata-se da eficiência econômica, que é medida comparando custos, receitas e lucros observados, em relação a padrões ótimos. Assim, a eficiência produtiva tem duas componentes: a componente puramente técnica, que se refere à habilidade de evitar desperdícios produzindo tanto produto quanto o uso dos insumos permite (ou usando o mínimo de insumos que viabiliza aquela produção), e a componente alocativa, dependente dos preços, que se refere à habilidade de combinar insumos e produtos em proporções ótimas, de acordo com os preços dominantes.

Berechman (1993), também divide a Eficiência de Produção em dois conceitos: eficiência técnica e eficiência alocativa. A empresa é dita tecnicamente eficiente se, dado os recursos de que dispõe (ex.: insumos de capital e trabalho), a mesma usa combinações destes insumos ao longo da curva de isoquanta¹⁵ de produto no nível mais alto possível. A eficiência técnica também é obtida quando, dado o nível de produto desejado, que é restrito ao nível de demanda do mercado, a empresa usa o mínimo de recursos suficiente e necessário para produzir aquele nível de produto. A empresa é dita alocativamente eficiente se, na seleção entre as combinações de insumos, além de ser tecnicamente eficiente, também minimiza os custos totais.

Koopmans (1951) (*apud* Lovell, 1993), forneceu uma definição formal para eficiência técnica: um produtor tecnicamente eficiente, para obter expansão em algum produto, deverá apresentar redução em pelo menos um outro produto, ou aumento no consumo de pelo menos um insumo. Alternativamente, a eficiência será alcançada se uma redução em algum insumo exigir aumento em pelo menos um outro insumo, ou alguma redução em pelo menos um produto. Assim, um produtor tecnicamente ineficiente, poderia produzir os mesmos produtos com menor quantidade de, pelo menos, um insumo, ou poderia usar os mesmos insumos para produzir maior quantidade de, pelo menos, um produto.

Segundo Pearson (1993), a eficiência técnica mede proximidade entre a quantidade de produto produzida por uma empresa e a quantidade máxima de

¹⁵ O conceito de curva de isoquanta será definido mais adiante neste capítulo.

produtos que aquela empresa poderia gerar, dado o nível de insumos que pratica (ou usando a mínima quantidade de insumos suficiente para produzir determinado nível de produto). A eficiência alocativa verifica se a empresa está empregando mix de insumos de custo mínimo, para produzir o nível observado de produto, dado os preços relativos praticados.

Para ilustrar a eficiência técnica, considera-se o caso mais simples, onde existe somente um insumo e um produto, isto é, pode-se observar uma única relação insumo e produto. O conjunto de possibilidades de produção para uma empresa será definido pelo espaço que aquela relação permite cobrir. Assumindo que Z é a função de produção para uma indústria, o conjunto de possibilidades de produção é limitado superiormente pelos pontos que definem a função de produção (isto é, que delineiam a fronteira), e formado por estes pontos e todos aqueles que se situam abaixo da fronteira.

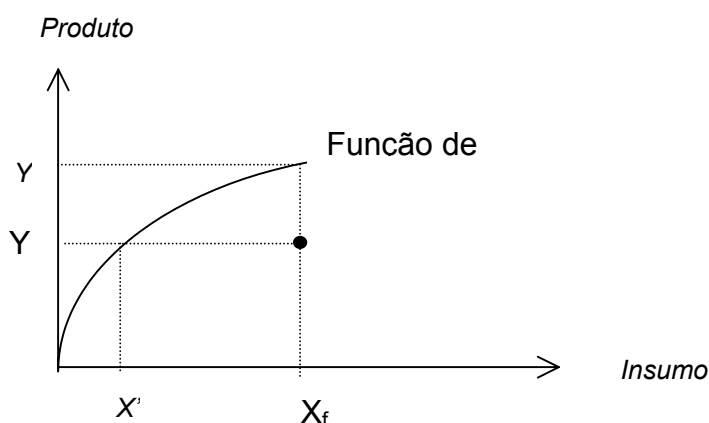


Figura 1: A Fronteira de Produção e a Eficiência Técnica

FONTE: Pearson (1993)

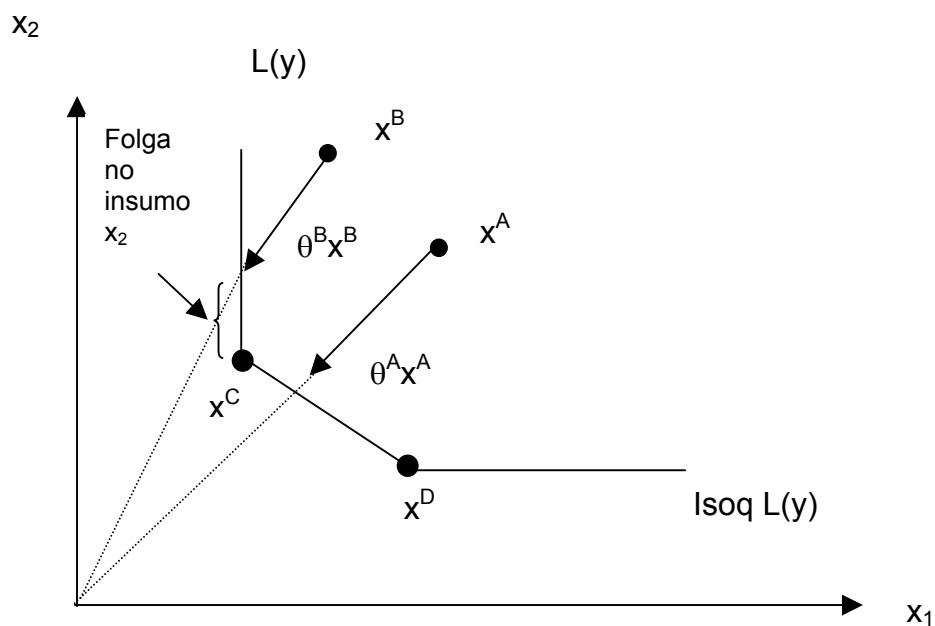
Se a empresa está sobre a fronteira, ela é tecnicamente eficiente; caso contrário (isto é, se ela está abaixo da fronteira), ela é tecnicamente ineficiente. Neste caso, a empresa poderia produzir seu produto corrente usando menor quantidade de insumos, ou, ainda, dados seus insumos, poderia produzir maior quantidade de produtos (Pearson, 1993).

A empresa operando no ponto (Y_f, X_f) é tecnicamente ineficiente. Existem duas abordagens para medir a eficiência desta empresa. Primeiramente, a

abordagem de minimização aplicada aos insumos. Nesta, a eficiência técnica é medida como a taxa do mínimo insumo potencial necessário para produzir o presente produto (isto é, o insumo determinado pela fronteira) relativamente ao uso real daquele mesmo insumo. Segundo, a abordagem de maximização de produto, onde a eficiência técnica é medida como a taxa de produto real em relação ao máximo produto potencial, que seria obtido se a empresa estivesse sobre a fronteira da melhor prática. Para as duas abordagens, a eficiência técnica é sempre ≤ 1 . Uma medida de eficiência “igual a 1” significa que a empresa é tecnicamente eficiente (Pearson, 1993).

As duas medidas de eficiência técnica são ilustradas na figura abaixo, considerando mais de um insumo (Figura 2a) e mais de um produto (Figura 2b) (Lovell, 1993):

a) sob o ponto de vista de insumos



b) sob o ponto de vista de produtos

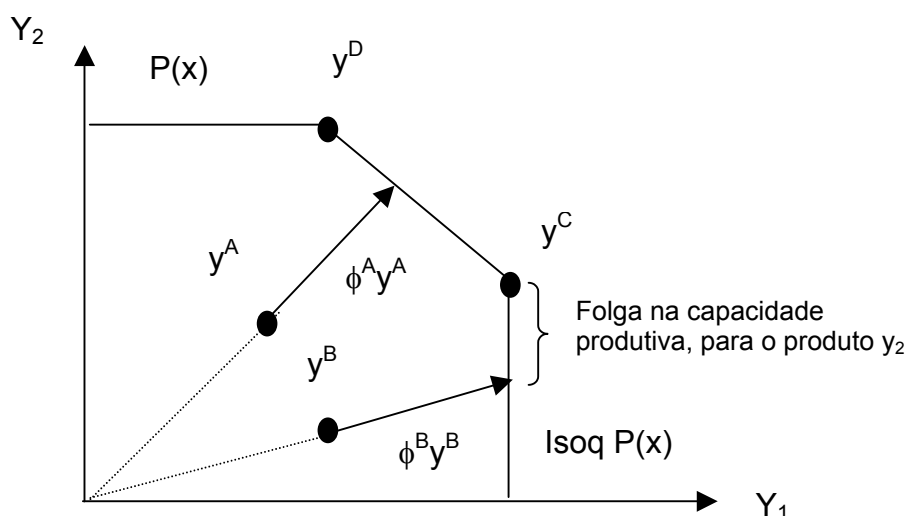


Figura 2: Medidas de Eficiência Técnica de Debreu-Farrell

FONTE: Fried et al. (1993)

Na figura orientada para insumo (Figura 2a), os vetores de insumos x^A e x^B podem ser contraídos radialmente (reduzir o consumo de insumos) e ainda permanecerem capazes de produzir o vetor produto y . Já os vetores de insumo x^C e x^D , que estão sobre a fronteira de produção não apresentam esta possibilidade. Observa-se que o vetor de insumo $\theta^B x^B$, mesmo após contraído radialmente até a fronteira, ainda estará utilizando quantidade desnecessária do insumo x_2 (apontará folga no insumo x_2). Assim, este vetor é considerado fracamente eficiente, pois a empresa poderia obter idêntico produto eliminando aquelas folgas. Tal problema não ocorre com o vetor de insumo $\theta^A x^A$.

A Figura 2b, que deve ser interpretada de forma análoga, representa a medida de eficiência orientada para produto (Lovell, 1993).

Segundo Coelli (1997), a distinção entre eficiência técnica e produtividade pode ser ilustrada através da Figura 3.

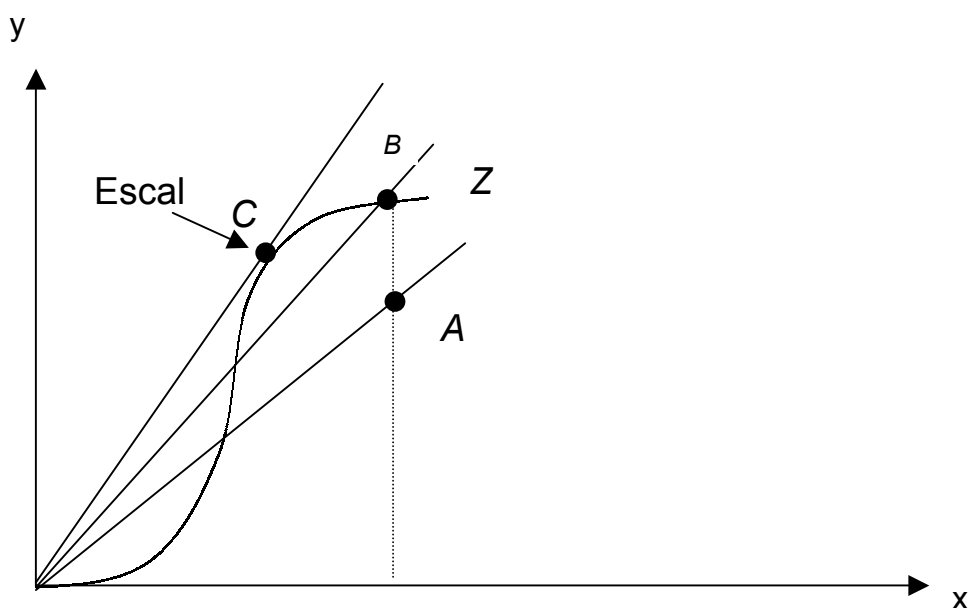


Figura 3: Produtividade, Eficiência Técnica e Economias de Escala
 FONTE: Coelli et ali (1997)

Na Figura 3, a reta que passa pela origem mede sucessão de pontos com idêntica produtividade, o que permite compará-los. A inclinação desta reta é dada pela relação y/x , e fornece uma medida de produtividade. Se uma empresa operando no ponto A se movesse para o ponto B, que é tecnicamente eficiente (está sobre a função de produção), a inclinação da reta aumentaria indicando maior produtividade. Contudo, movendo-se para o ponto C, a empresa encontraria relação de produtividade expressa por reta tangente à fronteira de produção e que, assim, define o ponto de máxima produtividade possível. O ponto C é o ponto de escala (tecnicamente) ótima, pois qualquer deslocamento deste ponto, acompanhando a fronteira de produção, levará a deseconomia de escala. Assim, conclui-se que uma empresa tecnicamente eficiente pode ser, ainda, ser capaz de melhorar sua produtividade explorando economias de escala.

A eficiência alocativa é uma medida que permite avaliar se determinada empresa está empregando combinação de insumos que minimize os custos, para um dado nível de produto. Para ilustrar estes conceitos, em vez de usar

uma função de produção, será examinado um diagrama de isoquantas¹⁶, apresentados na Figura 4.

Conhecida a função de produção, pode-se de imediato derivar a isoquanta relativa a qualquer nível de produção. Na Figura 4 são apresentadas algumas isoquantas representando diferentes níveis de produção:

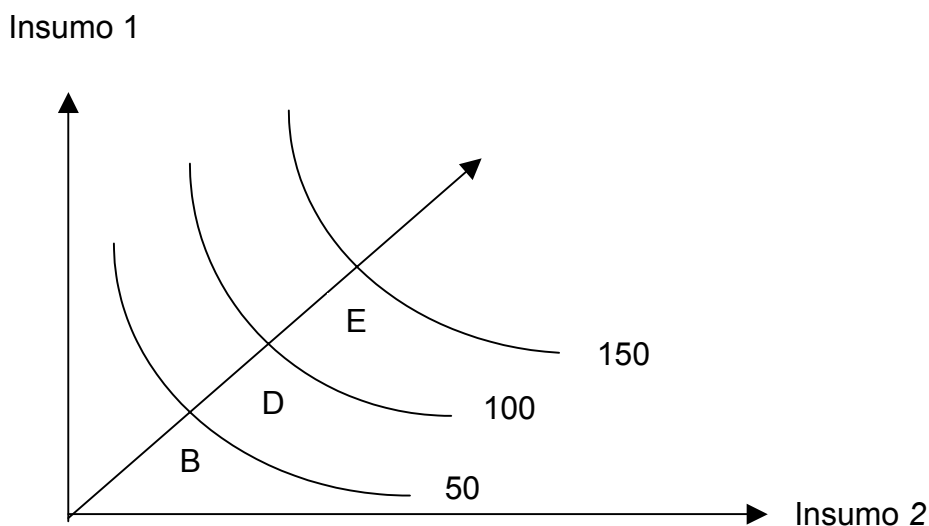


Figura 4: Isoquantas representando diferentes Níveis de Produção
 FONTE: Mansfield (1980)

Os dois eixos da Figura 4 medem as quantidades utilizadas de insumos. As curvas indicam as várias combinações de insumos que podem produzir 50, 100 e 150 unidades do produto. O raio OBDE descreve todas as combinações de insumos em que a relação insumo1/insumo2 é constante. Observa-se que, embora a quantidade absoluta de cada insumo aumente à medida que o raio se move em direção a níveis mais altos de produção, a relação entre os insumos permanece inalterada.

¹⁶ Segundo Mansfield (1980) e Coelli et al. (1997), uma *isoquanta* é uma curva que mostra todas as combinações (eficientes) possíveis de insumos, capazes de produzir dada quantidade de produto.

A Figura 5 representa, através de uma isoquanta, a eficiência alocativa.

Insumo 1

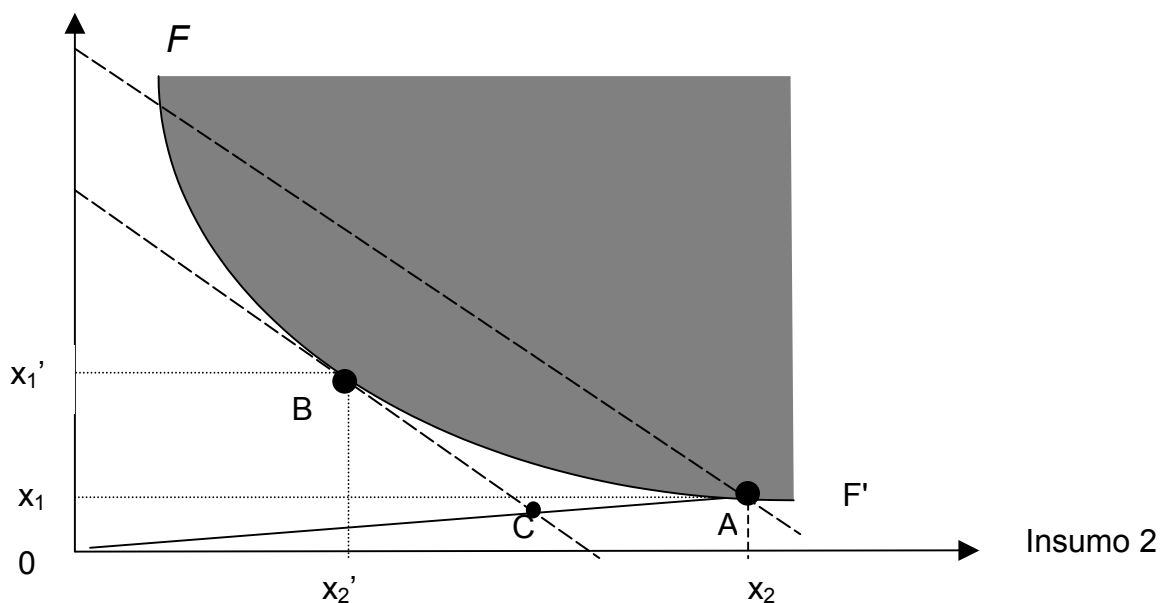


Figura 5: Ilustração de Eficiência Alocativa

FONTE: Pearson (1993)

Na Figura 5, a empresa A usa insumos x_1 e x_2 para produzir uma dada quantidade de produto. Todas as diferentes combinações de insumos possíveis, que poderiam produzir aquela quantidade de produto, ficam sobre a fronteira FF' , ou na região sombreada. As combinações de insumos tecnicamente eficientes ficam sobre a fronteira, enquanto aquelas que são tecnicamente ineficientes ficam sobre a região sombreada. A empresa A é tecnicamente eficiente porque está produzindo sobre a fronteira, mas é alocativamente ineficiente porque produz a custos mais elevados que os observados em B. A linha tracejada indica todas as combinações de insumos possíveis, que apresentam o mesmo custo (a inclinação da linha é a relação negativa dos preços dos insumos), e é denominada *curva de isocusto*. Assim, embora a empresa A seja tecnicamente eficiente, a empresa B (que também é tecnicamente eficiente) está produzindo a mesma quantidade de produto a custos inferiores. A medida desta eficiência alocativa é fornecida pela taxa da distância OC em relação à OA .

Farrell (1957) mostra que a isoquanta é convexa em relação à origem e, em nenhuma parte, apresenta inclinação positiva. Esta condição de convexidade permite afirmar que se dois pontos na prática são alcançáveis, então existirão outros pontos, também viáveis, representando combinações dos primeiros. Assim, qualquer empresa observada pode ser comparada com uma empresa hipotética cuja eficiência técnica será estimada como resultado de uma média ponderada envolvendo duas empresas situadas na fronteira (pertencentes a isoquanta). Os pesos adotados nesta ponderação serão escolhidos de forma a assegurar representações, na projeção, das proporções dos fatores, coerentes com suas proporções observadas nas duas empresas de referência, que estão sobre a isoquanta.

Em estudos de produtividade de transporte, a eficiência técnica é determinada comparando a quantidade real de insumos usados na produção dos serviços de transporte (ex.: trabalho), com aquela quantidade considerada suficiente para obter o nível de produto desejado. A eficiência alocativa é uma medida da quantidade real de um recurso usado, em relação ao seu nível de eficiência alocativa, isto é, em relação ao ponto onde os custos totais de produção são minimizados (ponto B e C na Figura 5) (Berechman, 1993).

É de se esperar que, ao longo do tempo, os níveis de produtos, insumos e custos de produção mudem em resposta às condições de produção e demanda, verificadas interna ou externamente às empresas. Essas mudanças são representadas por alterações na curva isoquanta de produto, na linha de isocusto, ou em ambas. A Figura 6 ilustra estes casos.

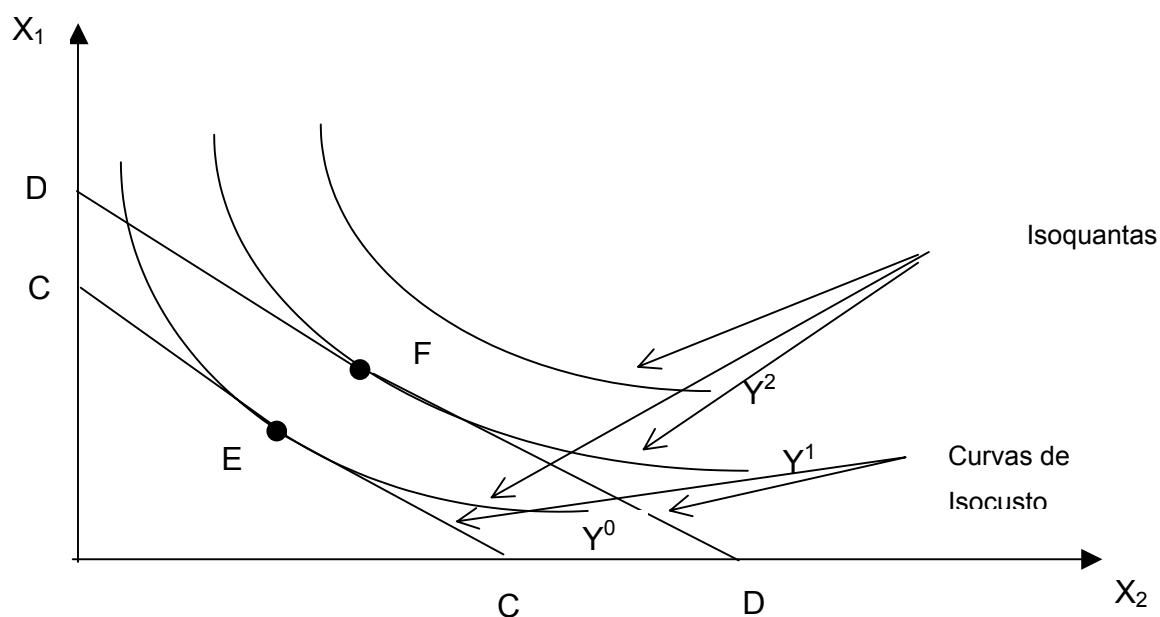


Figura 6: Mudanças em Eficiência Alocativa

FONTE: Berechman (1993)

Na Figura 6, as curvas de isoquanta Y^0 , Y^1 e Y^2 representam diferentes níveis de produção, enquanto as linhas de isocusto D-D e C-C representam os preços relativos para dois insumos, X_1 e X_2 . A Figura mostra que, quando o nível de produção se altera, passando, no exemplo, de Y^0 para Y^1 , encontra-se um novo ponto de eficiência alocativa (ponto F).

Segundo Berechman (1993), para medir de forma apropriada essas mudanças, e seus impactos sobre a eficiência, é necessário considerar a substitubilidade de fatores e as economias de escala, propriedades estruturais que afetam a eficiência alocativa da empresa. A substitubilidade de fatores implica que a empresa pode substituir um insumo por outro, alterando as relações entre, por exemplo, trabalho e capital, expandindo o segundo pela incorporação de novas máquinas e reduzindo o primeiro, pelo enxugamento do quadro de pessoal. Portanto, as mudanças observadas nos fatores utilizados pela empresa refletem, em parte, sua tecnologia de produção.

Berechman (1993) ainda salienta que, geralmente, as empresas de transporte produzem vários serviços. Isto origina duas dificuldades analíticas para a medida correta de produtividade. Primeiro, a produção de múltiplos produtos implica que não se pode falar em uma única curva de isoquanta, mas

sim em um plano de isoquantas. O resultado é uma curva descrevendo uma superfície composta por uma sucessão de pontos de eficiência alocativa e não um único ponto tal como o ponto B da Figura 5. Segundo, se cada produto é produzido sob diferentes condições em termos de economias de escala, é necessário levar em conta àquelas diferenças, relativamente a cada produto, para que se possa medir corretamente a eficiência técnica e alocativa da empresa como um todo. Em muitos estudos, este tipo de abordagem agrega todos os produtos em uma única medida. Embora facilitando a estimação empírica, este procedimento pode obscurecer a efetiva produtividade de uma empresa, visto que ela pode se mostrar eficiente na produção de alguns produtos, e ineficiente na produção de outros.

Segundo Stigler (1976) (*apud* Lovell, 1993), é importante lembrar que a unidade de produção pode se mostrar ineficiente devido a não incorporação, na análise, das variáveis e restrições corretas, ou devido à inadequada especificação do objetivo.

Segundo Farrell (1957), a omissão de um insumo poderia levar uma empresa, que usasse uma quantia relativamente alta desse fator, a alcançar, equivocadamente, uma condição de eficiência técnica relativamente alta. Ainda, as diferenças de qualidade em um produto poderiam favorecer aquela empresa que o produzisse em maior quantidade e com melhor qualidade. Embora, na prática, os insumos se mostrem bastante heterogêneos, esta heterogeneidade de fatores só será importante, quando existirem diferenças na qualidade média de um fator, entre as empresas. Assim, a eficiência técnica da empresa poderá refletir tanto a qualidade de seus insumos como a eficiência de sua administração. Se essas diferenças na qualidade dos fatores são fisicamente mensuráveis, será possível reduzir seu efeito adotando um número grande de insumos relativamente homogêneos, embora, na prática, tais diferenças não possam ser totalmente eliminadas. Assim, a eficiência técnica de uma empresa sempre refletirá, de alguma forma, a qualidade de seus insumos. Por outro lado, a eficiência técnica também é definida em relação a um dado conjunto de empresas e à forma como os fatores são medidos.

Portanto, mudanças em qualquer dessas especificações também afetará as medidas de eficiência relativa.

A eficiência de preço de uma empresa (ou seja, empresa operando na fronteira de custo mínimo) também depende do uso de insumos, embora neste caso, as relações envolvam operações mais complexas. Esta eficiência é mais sensível à introdução de novas empresas (do que a eficiência técnica), pois depende da inclinação da reta de isocusto e da inclinação da isoquanta. Como a introdução de observações novas possivelmente afetará essas inclinações, a eficiência de preço se mostra particularmente sensível à introdução de novas observações e a erros na estimação dos preços dos fatores, resultando mais instável. Entretanto, para os casos onde se possuem muitas observações e as informações de preços são precisas, os escores de eficiência de preço se mostram confiáveis (Farrell, 1957).

Assim, Berechman (1993) diferencia produtividade de eficiência. Para ele, enquanto ganhos de produtividade resultam de melhorias na tecnologia de produção, as mudanças na eficiência são resultantes de mudanças no mix de fatores de insumo associadas a mudanças nos preços de insumos e/ou de produtos.

Um dos objetivos principais para se estudar produtividade é determinar se as mudanças na razão produto-insumo, enfrentadas pela empresa, decorrem de mudanças puramente tecnológicas ou respondem a alterações nos preços dos insumos e produtos (Berechman, 1993).

4.2.1 Técnicas para Obtenção de Medidas de Eficiência

Segundo Greene (1993), nos anos 60, generalizou-se a utilização de análises de regressão, onde dados empíricos eram examinados com base em métodos estatísticos (geralmente pelos mínimos quadrados), estimando funções que passavam através dos dados. À medida que a teoria das fronteiras se consolidou, surgiu interesse em substituir a prática de entrecortar os dados, pela de circundá-los, por meio de técnicas de programação matemática. As

diferenças essenciais entre estas abordagens, as vantagens de uma abordagem ou outra, recaem, basicamente, em duas características:

- a) A abordagem econométrica é estocástica, e assim tenta distinguir os efeitos de ruído dos efeitos de ineficiência. A abordagem de programação é não-estocástica, e agrega ambos os efeitos (ruídos e ineficiência), chamando a combinação de ineficiência.
- b) A abordagem econométrica é paramétrica, e permite confundir os efeitos de má especificação da forma funcional (tanto em aspectos tecnológicos como de ineficiência) com ineficiência gerencial. A abordagem de programação é não-paramétrica e menos propensa a este tipo de problema.

Os modelos econométricos podem ser categorizados de acordo com o tipo de dados (em um período ou em vários períodos), o tipo de variáveis (somente quantidades, ou quantidades e preços) e o número de equações no modelo (Greene, 1993).

A abordagem de programação matemática para construção de fronteiras de produção e obtenção de medidas de eficiência relativa às fronteiras, é especificada através da Análise Envoltória de Dados (AED). Esta abordagem envolve um conjunto de dados, não faz acomodação para o ruído, e opera de forma distinta daquela realizada pelos modelos econométricos. Esta abordagem pode ser categorizada de acordo com o tipo de variáveis disponíveis: somente quantidades (calcula-se a eficiência técnica) ou quantidades e preços (calcula-se a eficiência econômica que pode ser decomposta em suas componentes: técnicas e alocativas) (Ali & Seiford, 1993).

No capítulo 5 será descrita a abordagem paramétrica para medidas de eficiência e, no capítulo 6, será apresentada a abordagem não-paramétrica.

5 TÉCNICAS PARAMÉTRICAS PARA MEDIR EFICIÊNCIA

As técnicas paramétricas para medir ineficiência são descritas através de funções de custo ou de produção.

Lovell (1993) fez um pequeno histórico sobre os primeiros estudos utilizando técnicas paramétricas para medir ineficiência. Segundo o autor, a abordagem das fronteiras de produção, funções de custo e cálculo de medidas de ineficiência, começaram com Farrell (1957), que sugeriu análise dos desvios da isoquanta de fronteira em relação às demais isoquantas.

Greene (1993) comenta que a estimação empírica de funções de produção é anterior ao artigo de Farrell, citando trabalho de Cobb e Douglas, datado de 1928. Até 1950, as funções de produção eram amplamente utilizadas, como forma de estudar a distribuição de renda entre capital e trabalho, em nível macroeconômico, como a contribuição de Arrow, Chenery, Minhas e Solow (1961) (*apud* Lovell, 1993). As origens da análise empírica, aplicada a estruturas de produção microeconômicas, podem ser identificadas com os trabalhos de Dean (1951), Johnston (1959) e Nerlove (1963) (*apud* Greene, 1993). Embora estes estudos focalizassem aspectos de custos, e não de produção, Nerlove, seguindo Samuelson (1938) e Shepard (1943) (*apud* Greene, 1993), enfatizava a relação entre os dois. Mesmo assim, a atenção empírica para funções de produção, a níveis desagregados, é bastante recente.

Greene (1993) conclui afirmando que a literatura empírica sobre produção e custos desenvolveu-se independentemente do discurso sobre fronteiras de produção. Os mínimos quadrados e algumas variações, são muito utilizados para traçar uma função pelo meio de uma nuvem de pontos, onde os resíduos de ambos os sinais não foram separados, como em outras áreas de estudo, pois o objetivo era estimar a tecnologia média e não a tecnologia da melhor prática.

A seguir serão descritas as principais funções de produção e custo utilizadas em estudos de sistemas de transporte.

5.1 Funções de Produção

Mansfield (1980), Pearson (1993) e Coelli et al. (1997) conceituam Função de Produção como uma descrição da relação técnica existente entre insumos e produtos em um processo de produção, durante um período de tempo, onde a função de produção define o máximo produto resultante de um determinado vetor de insumos.

A Figura 1 representa a função de produção para o caso particular onde um único insumo variável produz um único produto. Se o número de insumos variáveis aumentar para, por exemplo, dois, a função de produção passa a ser representada por uma superfície, como mostrado na Figura 7:

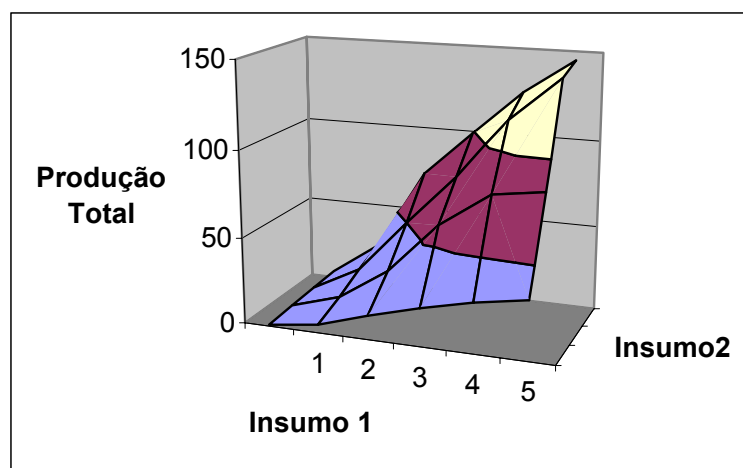


Figura 7: Função de Produção para Dois Insumos e Um Produto

Outra forma de representar uma função de produção, para dois insumos e um produto, é através de uma isoquanta, como representado na Figura 4.

Em geral, para se produzir uma dada quantidade de produto existem diferentes combinações eficientes de insumos. Assim, é possível uma empresa substituir um insumo por outro ao produzir uma quantidade específica de produto (Mansfield, 1980).

Segundo Coelli et al. (1997), a inclinação da isoquanta (Figura 4) é conhecida como *taxa marginal de substituição técnica* e reflete a taxa em que o

insumo trabalho pode ser substituído pelo insumo capital, enquanto mantendo o produto constante. Esta taxa pode ser representada como:

$$TMST = \frac{PM_1}{PM_2} \quad (5.1)$$

onde:

TMST - taxa marginal de substituição técnica;

PM₁ - produto marginal derivado do trabalho;

PM₂ - produto marginal derivado de capital.

5.1.1 Variações na Escala

Uma característica importante das funções de produção é a forma como a produção atende à variações de escala na empresa. Existem três possibilidades (Mansfield, 1980; Coelli et al., 1997):

- Retornos Constantes de Escala: a produção aumenta exatamente na mesma proporção dos insumos.

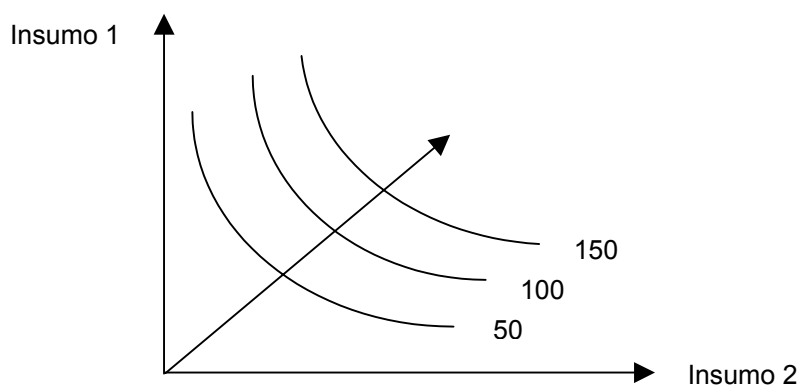


Figura 8: Retornos de Escala Constantes

FONTE - Mansfield (1980)

As distâncias entre as isoquantas são iguais.

- Retornos Crescentes de Escala: a produção cresce numa proporção maior do que cada um dos insumos.

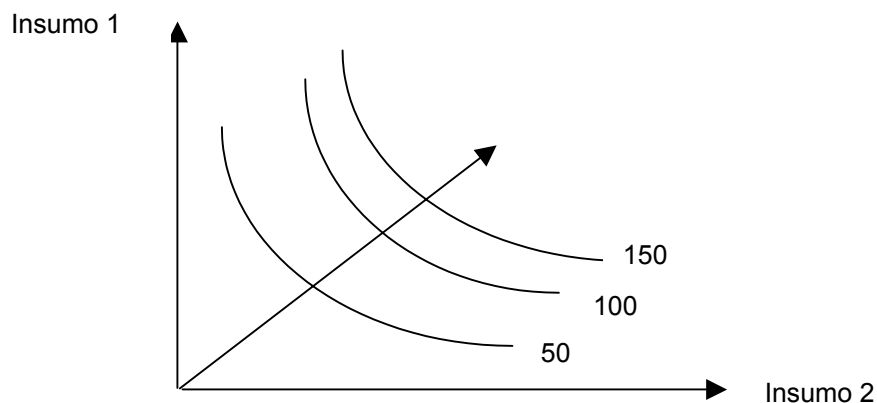


Figura 9: Retornos Crescentes de Escala

FONTE: Mansfield (1980)

As isoquantas, a partir da origem, tornam-se cada vez mais próximas.

- Retornos Decrescentes de Escala: a produção cresce numa proporção menor do que cada um dos insumos.

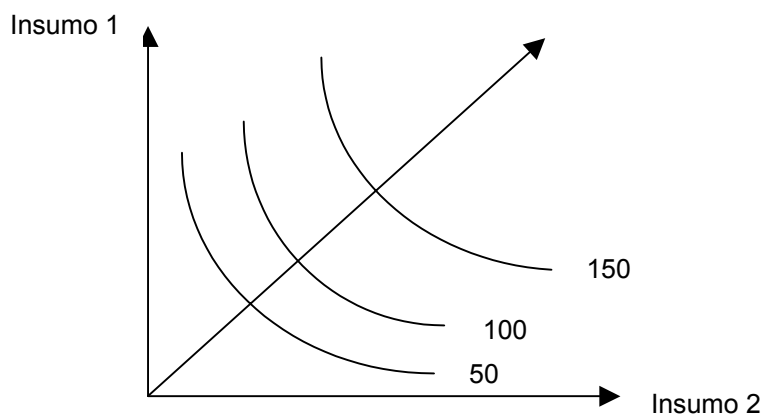


Figura 10: Retornos Decrescentes de Escala

FONTE: Mansfield (1980)

As isoquantas tornam-se, sucessivamente, mais afastadas a partir da origem.

Segundo Coelli et al. (1997), pode-se investigar os retornos de escala pela estimação da *Elasticidade de Produção Total* (EPT) que é o somatório das elasticidades de produção parciais. As elasticidades de produção parciais medem a mudança proporcional em produto resultante do aumento proporcional em um insumo, mantendo todos os demais insumos constantes. A elasticidade de produção do *i*-ésimo insumo é definida como:

$$E_i = \frac{\hat{Y}_Y \cdot x_i}{\hat{Y}_X \cdot y} \quad (5.2)$$

onde:

E_i – elasticidade de produção parcial do *i*-ésimo insumo;

y – quantidade de produto;

x_i – quantidade do *i*-ésimo insumo.

$\frac{\hat{Y}_Y}{\hat{Y}_X}$ - derivada do produto em relação ao *i*-th insumo.

A elasticidade de produção total (ou elasticidade de escala) mede a mudança proporcional em produto resultante de um aumento proporcional em todos os insumos. Assim:

$$EPT = \sum_i E_i \quad (5.3)$$

onde:

EPT - elasticidade de produção total.

Assim, quando:

EPT = 1, os Retornos de Escala são Constantes;
 EPT > 1, os Retornos de Escala são Crescentes;
 EPT < 1, os Retornos de Escala são Decrescentes.

Segundo Coelli et al. (1997), enquanto a Taxa Marginal de Substituição Técnica (TMST) mede a inclinação da isoquanta, a Elasticidade de Substituição mede a curvatura da isoquanta. A Elasticidade de substituição é definida como a taxa de mudança proporcional na relação de insumos (x_2/x_1) dividida pela taxa de mudança proporcional na TMST. Isto é:

$$\sigma = \frac{d(x_2/x_1)}{(x_2/x_1)} \bigg/ \frac{d(PM_1/PM_2)}{(PM_1/PM_2)} \quad (5.4)$$

onde:

σ - elasticidade de substituição;

x_1, x_2 – insumos trabalho e capital, respectivamente;

PM_1, PM_2 – produtos marginais derivados do trabalho e de capital, respectivamente.

Em isoquantas convexas, o valor de σ pode variar entre 0 e ∞ , com um grande valor de σ implicando em maior substituição entre os insumos. Um valor de $\sigma = \infty$ ocorre quando os insumos são perfeitamente substituíveis, enquanto $\sigma = 0$ ocorre quando os insumos precisam ser usados em proporções fixas. A Figura 11 mostra exemplos de isoquantas, de acordo com os valores de σ .

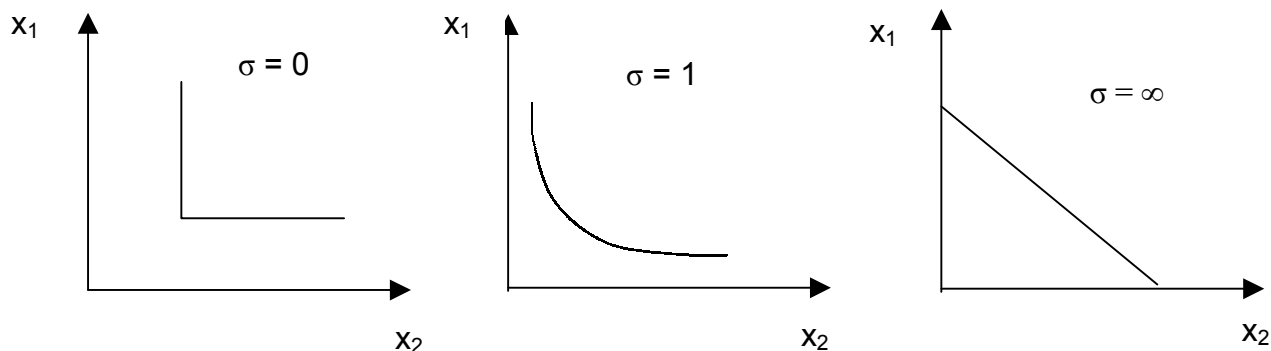


Figura 11: Elasticidades de Substituição e Formas da Isoquanta

FONTE: Coelli et ali (1997)

Quando $\sigma = 0$, a isoquanta tem a forma de um ângulo reto e nenhuma substituição é possível. Os insumos são usados em proporções fixas, definidas pelo canto da isoquanta. A operação em algum outro ponto sobre a isoquanta resulta no uso de maior quantidade de um insumo com nenhuma redução na quantidade de outro insumo e nenhum ganho em produto.

Quando $\sigma = \infty$, a isoquanta é uma linha reta e os dois insumos são, portanto infinitamente substituíveis.

5.1.2 Modelos de Função de Produção

5.1.2.1 Modelos de Fronteira de Produção Determinísticos

Segundo Kumbhakar e Lovell (2000), um modelo de fronteira de produção para dados obtidos em determinado período de tempo, sobre as quantidades de “m” insumos usados para produzir um único produto (para cada produtor), pode ser escrito como:

$$y_j = f(x_j, \beta) \cdot ET_j \quad (5.5)$$

onde:

y_j – produto gerado pelo produtor “j”, com base em $f(x_j, \beta) \cdot ET_j$

x_j – vetor de “m” insumos usados pelo produtor “j”;

β - vetor de parâmetros da tecnologia a ser estimado;

$f(x_j, \beta)$ - função de produção;

ET_j – ineficiência técnica orientada para produto do produtor “j” (também pode ser representada por “ v_j ”);

Da equação (5.5), pode-se representar a ineficiência técnica orientada para produto, no caso de fronteira de produção determinística, como sendo:

$$ET_j = \frac{y_j}{f(x_j; \beta)} \quad (5.6)$$

Assim, a ineficiência técnica é a relação do produto observado pelo máximo produto possível. O produto y_j encontra seu máximo valor possível em $f(x_j; \beta)$, se, e somente se, $ET_j = 1$. Caso contrário, $ET_j < 1$ fornece uma medida do déficit de produto observado em relação àquele máximo. Esse déficit é atribuído à ineficiência tecnológica, em especificação que ignora o fato do produto ser afetado por choques randômicos que estão além da capacidade de controle de um produtor.

Segundo Kumbhakar e Lovell (2000) existem três métodos para a estimação de β , incorporando a restrição de ineficiência técnica ($v_j \geq 0$):

- *Programação Matemática*: o modelo de fronteira de produção determinístico é convertido para um modelo de programação matemática. O primeiro modelo é um modelo de programação linear, em que o objetivo é calcular o vetor de parâmetros β , onde a soma dos desvios proporcionais do produto observado, de cada produtor, abaixo do produto máximo possível é minimizada. Os desvios resultantes são, então, convertidos para medidas de ineficiência

técnica para cada produtor. O segundo modelo é um modelo de programação quadrática, em que o objetivo é calcular um vetor de parâmetros β para o qual a soma dos quadrados dos desvios proporcionais do produto observado de cada produtor abaixo do máximo produto possível é minimizada.

Uma desvantagem da abordagem de programação é que os parâmetros são calculados (usando técnica de programação matemática) e não estimados (caso onde são utilizadas técnicas de regressão), o que não torna possível a inferência estatística com relação aos valores dos parâmetros calculados.

- *Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos*: neste caso, a fronteira determinística é definida em dois passos. No primeiro passo, o método dos mínimos quadrados ordinários é utilizado para obter estimativas consistentes e não-enviesadas dos parâmetros da inclinação e estimativas consistentes, mas viesadas, do parâmetro do intercepto. No segundo passo, o intercepto β_0 viesado é deslocado para cima (“corrigido”) fazendo a linha de regressão tangenciar os pontos superiores, que passam a definir os limites da fronteira.

A técnica dos Mínimos Quadrados Corrigidos é fácil de implementar e gera uma fronteira de produção estimada que fica sobre (pelo menos um produtor está na fronteira) ou acima dos dados. Contudo, a fronteira de produção estimada é paralela à regressão dos mínimos quadrados ordinários, uma vez que somente o intercepto é corrigido. Isto faz com que a estrutura da tecnologia de produção da melhor prática seja a mesma que a estrutura da tecnologia de produção de tendência central. Esta é uma propriedade restritiva indesejável, uma vez que se deve permitir que a estrutura da tecnologia de produção da melhor prática difira daquela tecnologia de produção que fica abaixo passando pelo meio dos pontos, onde os produtores são menos eficientes do que os produtores da melhor prática. Assim, a fronteira definida pelo método dos mínimos quadrados ordinários corrigidos, não necessariamente limita os dados superiores de forma tão restrita quanto possível, uma vez que é preciso que a mesma seja paralela à regressão dos mínimos quadrados ordinários.

- *Mínimos Quadrados Ordinários Modificados*: este procedimento é muito similar ao procedimento de dois passos dos Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos. Após a estimação dos Mínimos Quadrados Ordinários, o intercepto estimado é deslocado para cima (“modificado”) por meio de uma distribuição unilateral assumida.

Os resíduos do método dos mínimos quadrados ordinários podem, então, ser usados para fornecer estimativas consistentes da ineficiência técnica de cada produtor, da mesma forma como foi feito no método dos mínimos quadrados ordinários corrigidos.

A implementação do método dos mínimos quadrados ordinários modificados também é simples. Contudo, não existe garantia que a modificação da curva dos mínimos quadrados ordinários, para cima, desloque o intercepto estimado o suficiente para assegurar que todos os produtores serão limitados pela fronteira de produção estimada. Podem ocorrer situações onde os resíduos para um produtor são positivos o bastante para que o método aponte score de ineficiência técnica maior do que a unidade. Também é possível que o método dos mínimos quadrados ordinários modificados desloque o intercepto tão para cima que nenhum produtor seja tecnicamente eficiente. Finalmente, a fronteira de produção no método dos mínimos quadrados ordinários modificados é paralela à regressão dos mínimos quadrados ordinários, desde que somente o intercepto dos mínimos quadrados ordinários seja modificado.

Segundo Kumbhakar e Lovell (2000), cada uma dessas três técnicas mede a ineficiência técnica relativa à fronteira de produção. Toda a variação em produto não associada à variação em insumos é atribuída à ineficiência técnica. Nenhuma dessas técnicas permite efeitos de choques randômicos, que podem, também, contribuir para a variação na produção. Já a técnica de Mínimos Quadrados Ordinários atribui toda a variação em produto, não associada à variação em insumos, a choques randômicos e não permite que se separe e meça a parcela referente à ineficiência técnica. O desejável é que se disponha de um modelo que atribua a variação em produto não associado à

variação em insumos a alguma combinação de choques randômicos e ineficiência técnica. Tal modelo é conhecido como Fronteira de Produção Estocástica e, apesar de ser mais complexo do que os Modelos de Fronteira Determinística, são mais realistas. Estes modelos serão abordados posteriormente, neste capítulo. Antes disso, serão mostrados alguns modelos de fronteira de produção determinística.

5.1.2.1.1 Função de Produção Cobb-Douglas

Muitas estimativas de funções de produção basearam-se na função de produção Cobb-Douglas, que possui a seguinte equação:

$$Q = AI_1^{\alpha_1} I_2^{\alpha_2} I_3^{\alpha_3} \quad (5.7)$$

onde:

Q - produto;

I_1 - quantidade de trabalho;

I_2 - quantidade de capital;

I_3 - quantidade de matérias-primas;

A, α_1 , α_2 e α_3 - parâmetros.

Segundo Mansfield (1980), admite-se que os α 's sejam menores que um, o que assegura que a produtividade marginal de um insumo decresça quando se aumenta sua utilização.

Para retornos crescentes de escala:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 > 1 \quad (5.8)$$

Para retornos decrescentes de escala:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 < 1 \quad (5.9)$$

Para retornos constantes à escala:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1 \quad (5.10)$$

A especificação de uma tecnologia Cobb-Douglas impõe restrições sobre efeitos econômicos que são de interesse em transporte. Por exemplo, a elasticidade de substituição entre diferentes insumos é restrita a unidade (Viton, 1980).

Como a elasticidade de substituição de insumos tem importantes implicações para a política de transporte, e como o modelo Cobb-Douglas tem a propriedade de uma elasticidade de substituição unitária, é interessante que se examine os resultados de substituição de fator obtidos por outros modelos de forma mais flexível.

5.1.2.1.2 Função de Produção Translog

Segundo Berndt e Christensen (1973), em 1971, Christensen et al. propuseram uma função de produção logarítmica transcendental (translog), que possui tanto termos lineares como quadráticos, com um número arbitrário de insumos. Esta forma funcional se reduz a uma forma Cobb-Douglas com múltiplos insumos como um caso especial. Na forma funcional translog, a separabilidade dos fatores pode ser imposta através de restrições paramétricas.

Segundo Spady e Friedlaender (1976) e Firmino (1982), a função translog tradicional pode ser interpretada como uma aproximação das séries de Taylor para a função $\ln g(x)$ sobre o ponto unitário. Uma função contínua obedece a seguinte forma:

$$f(z) = f(z_0) + (z - z_0)f_1(z_0) + \frac{1}{2}(z - z_0)[f_{12}(z_0)](z - z_0) + \text{termos de ordem superior} \quad (5.11)$$

onde:

z – vetor de argumentos de $f(z)$;

z_0 – vetor de pontos arbitrários de avaliações;

f_1 - derivada de primeira ordem de $f(z)$ com relação a seus argumentos;

f_{12} - derivada de segunda ordem de $f(z)$ com relação a seus argumentos.

A aproximação de segunda ordem de Taylor é dada por:

$$\hat{f}(z) = f(z_0) + (z - z_0)f_1(z_0) + \frac{1}{2}(z - z_0)[f_{12}(z_0)](z - z_0) \quad (5.12)$$

Supondo que se deseja derivar a aproximação translog para $g(x)$, onde x é um vetor de números positivos. Isto é feito em dois passos: primeiro, constrói-se uma função exata f , satisfazendo $f(\ln x) = \ln g(x)$; a seguir, escreve-se $z = \ln x$. Isto produz $f(\ln x) = f(z)$. Assim, obtém-se $\hat{f}(z) = \ln \hat{g}(x)$. Da equação (5.12), encontra-se:

$$\ln \hat{g}(x) = f(\ln x_0) + (\ln x - \ln x_0)f_1(\ln x_0) + \frac{1}{2}(\ln x - \ln x_0)[f_{12}(\ln x_0)](\ln x - \ln x_0) \quad (5.13)$$

A equação (5.11) define a forma geral da função translog, que representa a função de aproximação de Taylor $\ln \hat{g}(x)$ para a função $\ln g(x)$ sobre um ponto de expansão arbitrário x_0 . O ponto de aproximação pode ser a média da amostra ou um valor corrente da variável. Assim, a equação translog possui a seguinte forma:

$$\ln \hat{g}(x) = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i (\ln x_i - \ln x_{0i}) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m b_{ij} (\ln x_i - \ln x_{0i})(\ln x_j - \ln x_{0j}) \quad (5.14)$$

onde:

$$a_0 = f(\ln x_0);$$

$$a_i = f_1(\ln x_0);$$

$$b_{ij} = f_{12}(\ln x_0);$$

$$b_{ij} = b_{ji}.$$

Na equação (5.14) a constante a_0 , os coeficientes a_i e b_{ij} podem ser interpretados, respectivamente, como o valor, a primeira e a segunda derivada do logaritmo da função básica, cujos argumentos são avaliados no ponto arbitrário de expansão x_0 .

A função de produção $\hat{g}(x)$ é homogênea de grau k em x , para y fixo, se e somente se (Spady e Friedlaender, 1976):

$$(i) \quad \sum_{i=1}^m a_i = k \quad (5.15)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, m$$

$$(ii) \quad \sum_{j=1}^m b_{ij} = 0 \quad (5.16)$$

Burgess (1975) (*apud* Firmino, 1982), apresenta críticas à formulação translog. Esse autor lembra que as formas flexíveis não apresentam dualidade. Esta restrição de dualidade, que será detalhada mais adiante, resumidamente diz que, no contexto da teoria da firma, tanto a função de produção como a função de custo, deveriam pertencer a mesma família de formas funcionais, sendo, assim, indiferente escolher entre a função de produção ou de custos para se estudar o processo produtivo. Conforme mencionado pelo autor, adotar uma função de produção ou uma função de custos, como ponto de referência

para medir as elasticidades dos fatores, no caso da função translog, não é indiferente.

Burgess (1975) (*apud* Firmino, 1982) comparou os resultados de uma função de produção translog com aquelas derivadas de uma função de custos translog, aplicadas à mesma amostra. O autor concluiu que os coeficientes das elasticidades divergiam significativamente, principalmente no que dizia respeito à substituição entre os fatores. Mas o autor também reconheceu que as funções que classicamente possuem a propriedade da dualidade própria (como Cobb-Douglas e com Retornos de Escala Constantes) são muito restritivas.

Já Spady e Friedlaender (1976), citando o trabalho de Burgess (1975), afirmaram que este problema pode ser devido a uma má escolha do ponto de aproximação. Estes autores argumentaram que a dimensão do problema pode ser reduzida se ambas as funções de custo e produção tiverem um mesmo, e bem escolhido, ponto de aproximação.

Uma das principais críticas do modelo de fronteira determinística é que nenhuma consideração é feita a respeito da possível influência de erros de medidas e outros distúrbios sobre a fronteira. Todos os desvios da fronteira são assumidos serem o resultado de ineficiência técnica. Timmer (1971) (*apud* Coelli et al., 1997) adotou a sugestão de Aigner e Chu (1968) (*apud* Coelli et al., 1997) de desconsiderar uma percentagem das empresas mais próximas a fronteira estimada, e re-estimar a fronteira usando a amostra reduzida. Porém, esse artifício não tem sido amplamente adotado. Uma abordagem alternativa para a solução do problema de distúrbios é o método conhecido como Abordagem de Fronteira Estocástica.

5.1.2.2 Modelos de Fronteira de Produção Estocástica

Kumbhakar & Lovell (2000) apresentam breve histórico sobre o surgimento da Análise de Fronteira Estocástica. Os autores comentam que a literatura sobre eficiência produtiva, que começou nos anos 50 com os trabalhos de Koopmans (1951), Debreu (1951) e Shepard (1953) (*apud*

Kumbhakar & Lovell, 2000), influenciou diretamente o desenvolvimento de Análise de Fronteira Estocástica. Koopmans (1951) (*apud* Kumbhakar & Lovell, 2000) forneceu a seguinte definição de eficiência técnica: um produtor é tecnicamente eficiente se, e somente se, é impossível produzir mais de algum produto sem produzir menos de algum outro produto ou sem usar mais de algum insumo. Debreu (1951) e Shepard (1953) (*apud* Kumbhakar & Lovell, 2000) introduziram funções de distância como forma de modelar a tecnologia de múltiplos produtos e medir a distância radial de cada unidade produtiva até a fronteira, seja com base na expansão dos produtos (Debreu) ou na redução dos insumos (Shepard). A associação de funções de distância com medidas de ineficiência técnica, foi o centro para o desenvolvimento da literatura que trata de medidas de ineficiência multidimensional, em bases não-paramétricas.

Kumbhakar & Lovell (2000) também comentam que Farrell (1957) foi o primeiro a medir, empiricamente, a ineficiência produtiva. Farrell definiu eficiência de custo, e mostrou como decompô-la em suas componentes técnica e alocativa. Foi de grande significância a influência que o trabalho de Farrell exerceu sobre os muitos outros trabalhos que levaram ao desenvolvimento da Análise de Fronteira Estocástica.

Segundo Kumbhakar & Lovell (2000), a grande virtude dos modelos de fronteira de produção estocástica reside no fato de que, impactos de choques randômicos, sobre os produtos, devidos à variação na performance de trabalho e equipamentos, ou reações da natureza e impactos de choques devidos à fatores aleatórios, podem ser distinguidos e descontados das ineficiências devidas à problemas técnicos.

Segundo Coelli et al. (1997), os autores Aigner, Lovell & Schmidt (1977) e Meeusen & van den Broeck (1977) propuseram, independentemente, uma função de produção de fronteira estocástica, em que um erro randômico (v_i) é incorporado na função de produção determinística (equação 4.5). A forma geral dessa função de produção, representada por Kumbhakar & Lovell (2000) é:

$$y_j = f(x_j, \beta) \cdot \exp\{v_j\} \cdot ET_j \quad (5.17)$$

O erro randômico considera o impacto de erros de medidas e outros fatores randômicos tais como os efeitos de clima, surpresas, casualidade, etc, sobre o valor da variável produto, além dos efeitos combinados de variáveis de insumo não especificadas na função de produção. Aigner, Lovell e Schmidt (1977) (*apud* Kumbhakar & Lovell, 2000), assumiram que esses erros eram variáveis randômicas normais, independentes e identicamente distribuídas, com média zero e variância σ_v^2 constante. Assumiram que este erro randômico seria independente das ineficiências técnicas, que podem ser variáveis randômicas exponenciais, semi-normais, normal-truncada, gama, independentes e identicamente distribuídas.

O modelo definido pela equação (5.17), é chamado Função de Produção de Fronteira Estocástica porque os valores do produto são empurrados para cima pela variável (randômica) estocástica $\exp\{v_j\}$. O erro randômico v_j pode ser positivo ou negativo e, assim, os produtos da fronteira estocástica variam em torno da parte determinística do modelo de fronteira $f(x_j, \beta)$.

Os fatores básicos do modelo de fronteira estocástica são ilustrados na Figura 12.

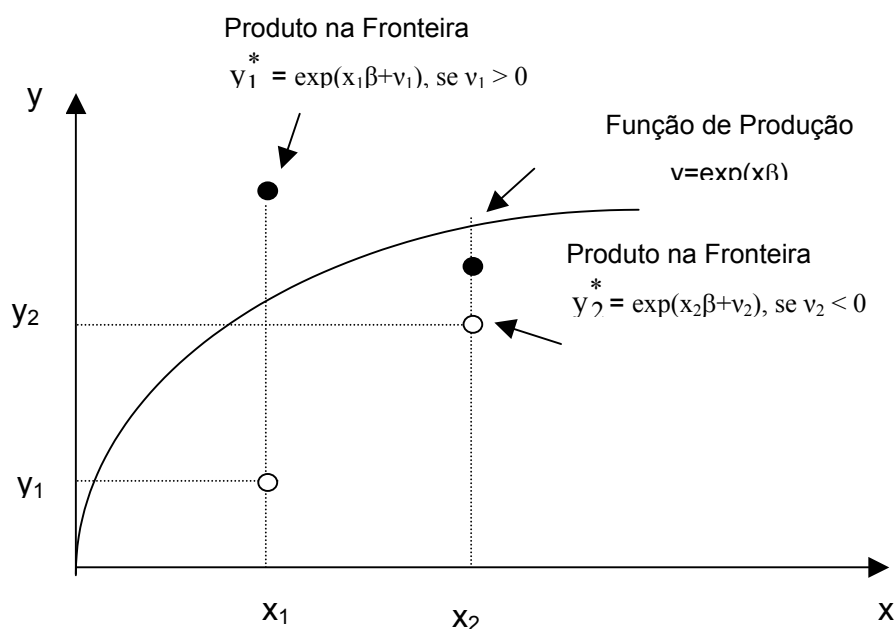


Figura 12: A Função de Produção de Fronteira Estocástica da Função Cobb-Douglas

FONTE: Coelli et al. (1997)

Os produtos e insumos observados para as duas empresas 1 e 2 são apresentados na Figura 12. A primeira empresa usa o nível de insumos x_1 para produzir o produto y_1 . Os valores de insumo e produto observados são indicados pelos pontos em branco. O valor do produto da fronteira estocástica $y_1^* = \exp(x_1\beta + v_1)$ é marcado pelo ponto em preto, acima da função de produção, devido ao erro randômico v_1 ser positivo. Da mesma forma, a segunda empresa usa o nível de insumos x_2 e produz o produto y_2 . Contudo, o produto da fronteira $y_2^* = \exp(x_2\beta + v_2)$ está abaixo da função de produção devido ao erro randômico v_2 ser negativo. Os produtos da fronteira estocástica y_1^* e y_2^* não são observados porque os erros randômicos v_1 e v_2 não são observáveis. Contudo, a parte determinística do modelo de fronteira estocástica fica entre os produtos da fronteira estocástica. Os produtos observados podem ser maiores do que a parte determinística da fronteira, se os correspondentes erros randômicos são maiores do que os correspondentes efeitos de ineficiência (isto é, $y_j > \exp(x_j\beta)$ se $v_j > v_j$).

A fronteira de produção estocástica consiste de duas partes: uma parte determinística $f(x_j; \beta)$, comum para todos os produtores, e uma parte específica do produtor ($\exp\{v_j\}$), que captura o efeito dos choques randômicos sobre cada produtor. Se a fronteira de produção é estocástica, a ineficiência técnica é calculada como:

$$ET_j = \frac{y_j}{f(x_j; \beta) \cdot \exp\{v_j\}} \quad (5.18)$$

Da mesma forma como definida na equação (5.6), $ET_j < 1$ fornece uma medida do déficit do produto observado pelo máximo produto possível em um ambiente caracterizado por $\exp\{v_j\}$, que é permitido variar através dos produtores.

Segundo Kumbhakar & Lovell (2000), se for assumido que $f(x_j, \beta)$ toma a forma log-linear de Cobb-Douglas, o modelo de fronteira de produção estocástica da equação (5.17) pode ser escrito como:

$$\ln y_j = \beta_0 + \sum_i \beta_i \ln x_{ij} + v_j - u_j \quad (5.19)$$

onde:

v_j – componente de perturbação bi-lateral do termo de erro;

u_j (ou ET_j) – componente de ineficiência técnica não negativa do termo de erro.

Assume-se que a componente v_j é independente e identicamente distribuída e simétrica, distribuída independente de u_j . Assim, o termo de erro $er_j = v_j - u_j$ é assimétrico, uma vez que $u_j \geq 0$. Assumindo que v_j e u_j são distribuídos independentemente de x_j , a estimação da equação (5.19), através do método dos Mínimos Quadrados Ordinários, fornece uma estimativa consistente dos β_i s mas não de β_0 , uma vez que $E(er_j) = -E(u_j) \leq 0$. Além disso, o método dos Mínimos Quadrados Ordinários não fornece uma estimativa da ineficiência técnica por produtor. Apesar disso, o método dos Mínimos Quadrados Ordinários fornece um teste simples para a presença de ineficiência técnica nos dados. Se $u_j = 0$, então $er_j = v_j$, o termo de erro é simétrico, e os dados não permitem afirmar que existe ineficiência técnica. Contudo, se $u_j > 0$, então $er_j = v_j - u_j$ é negativamente assimétrico, e existirá evidência de ineficiência técnica, para aqueles dados.

Segundo Kumbhakar & Lovell (2000), para estimar a componente de ineficiência técnica (u_i), para cada produtor, é necessário que se façam suposições quanto à forma de distribuição deste erro (u_i). A componente de erro inerente à ineficiência técnica pode seguir as distribuições semi-normal, exponencial, normal truncada ou gama; já a componente de erro randômico assume uma distribuição normal.

Segundo Coelli et al. (1997), o modelo de fronteira estocástica também é problemático, pois, geralmente, não existe justificativa, a priori, para a atribuição de alguma forma de distribuição particular, às ineficiências técnicas. As especificações de formas de distribuição mais gerais, como a normal truncada (generalização da distribuição semi-normal) e a gama de dois parâmetros, têm aliviado este problema, embora as medidas de ineficiência resultantes possam, ainda, ser sensíveis às especificações das distribuições.

Segundo Coelli et al. (1997), outras formas funcionais, além da Cobb-Douglas, podem ser usadas na estimação de funções de produção de fronteira estocásticas. As mais populares são a função de produção translog e a função de produção Zellner-Revankar generalizada. A forma Zellner-Revankar remove as restrições de retornos à escala, enquanto a forma translog não impõe restrições sobre retornos à escala e possibilidades de substituição, embora apresente maior suscetibilidade a problemas de multicolinearidade e graus de liberdade.

Segundo Kumbhakar & Lovell (2000), a ineficiência técnica pode ser estimada tanto através do modelo de fronteira de produção determinístico, quanto pelo modelo de fronteira de produção estocástica. Prefere-se utilizar o modelo de fronteira de produção estocástica porque este considera os efeitos de choques randômicos no processo de produção, enquanto o modelo de fronteira de produção determinístico corre o risco de interpretar, impropriamente, alterações ambientais não consideradas no modelo, como ineficiência técnica.

5.1.2.2.1 Vantagens e Desvantagens do Método de Fronteira Estocástica

Segundo Coelli et al. (1997), alguns problemas encontrados na aplicação de métodos de Fronteira Estocástica são:

- a tecnologia de produção precisa ser especificada por uma forma funcional particular, podendo ser definida alguma distribuição que não seja a melhor representação da tecnologia de produção;
- a abordagem de fronteira estocástica é bem desenvolvida somente para tecnologias com um único produto, o que limita a potencialidade do método e impede sua utilização neste estudo. Esta questão tem sido contornada na literatura por artifício onde se assume que o objetivo maior consiste na minimização de custo.

As vantagens de métodos de Fronteiras Estocásticas apresentadas por Coelli et al. (1997), em relação aos índices utilizados para medir o Fator de Produtividade Total são:

- pode-se escolher a forma de distribuição para efeitos de ineficiência, mas algumas distribuições gerais, como a normal-truncada, são melhores;
- a abordagem de fronteira não requer informação de preço;
- essa abordagem não assume que todas as empresas são eficientes;
- não necessita assumir um único objetivo comportamental como minimização de custo ou maximização de receita.

Coelli et al. (1997) ainda comentam que os números índices, como o de Tornqvist, utilizam somente dados de dois pontos (dois períodos ou duas empresas) enquanto a abordagem de fronteira necessita um grande número de empresas observadas em cada período, para que possa estimar a tecnologia de fronteira em cada ano. Mas, quando se tem acesso a essas informações, a abordagem de fronteira gera informações mais ricas e exige menor número de suposições.

Algumas vantagens dos métodos de Fronteiras Estocásticas em relação ao método de Análise Envoltória de Dados (que será apresentada no próximo capítulo), citadas por Coelli et al. (1997) são:

- a Análise Envoltória de Dados (AED) assume que todos os desvios da fronteira são devidos à ineficiência, portanto ignora o fato de que alguns distúrbios respondem a outros eventos, como por exemplo, erros de medidas, sazonalidades, externalidades, etc, e podem influenciar a localização da fronteira AED (e assim as medidas de ineficiência);
- os testes de hipóteses consideram a existência de ineficiência e, também, a estrutura da tecnologia de produção, que só podem ser realizados quando utilizando métodos paramétricos para medir ineficiência.

Coelli et al. (1997) observam que, em se tratando de serviços sem fins lucrativos, onde os preços são difíceis de definir e as suposições comportamentais tais como minimização de custo ou maximização de lucro, são difíceis de justificar, a abordagem AED pode ser a melhor escolha. A seleção do método apropriado deve ser realizada com base nas particularidades de cada caso.

5.1.3 Estudos realizados estimando Funções de Produção em Transporte

Revisão aplicada à área de transportes mostra que a maioria dos estudos, neste setor, adota funções de custo para estimar a relação insumos-produtos.

Firmino (1982) cita como estudos pioneiros realizados com base em funções de produção translog, os desenvolvidos por Christensen et al. (1971 e 1973). Aqueles autores declaram que uma fronteira de possibilidade de produção e uma fronteira de preços podem ser representadas por uma função transcendental com logaritmos nos seus argumentos. Griliches & Ringsted (1971) e Sargan (1971) (*apud* Firmino, 1982) desenvolveram uma fronteira de produção translog para o caso de um único produto. Kmenta (1967) (*apud* Firmino, 1982) empregou um caso especial da função de produção translog para estimar uma função de produção com elasticidade de substituição

constante. Chu, Aigner e Frankel (1970) (*apud* Firmino, 1982) propuseram um tratamento semelhante, com uma função de produção log-quadrática, com a restrição de que era uma função de produção translogarítmica não-homogênea. Berndt e Christensen (1973) apresentaram um trabalho empírico, aplicando a translog para o setor de manufaturas, preocupados em aferir a substituição entre os fatores produtivos correspondentes, onde os autores discutem o método econométrico básico que deveria ser adotado para estimar uma função de produção translog.

Gathon e Pestieau (1992) estimaram uma função de produção translog estocástica para ferrovias européias. Os autores exploraram a idéia de que o tipo de ineficiência técnica pode ser, não somente devido à falhas na gerência, mas, também, devido ao ambiente institucional enfrentado pelas empresas. Assim, para eles, a ineficiência pode ser decomposta em ineficiência gerencial e ineficiência regulatória, isto é, a ineficiência gerada pela impossibilidade de as empresas se adaptarem às mudanças percebidas no mercado, devido às normas de prestação de serviços, definidas em contrato. Os dados foram retirados do International Railway Statistics, para os anos de 1961 a 1988, para 19 países da Europa. Foram utilizados dois produtos (toneladas-quilômetros brutas carregadas por trens de carga; toneladas-quilômetros brutas carregadas por trens de passageiros) e quatro insumos (número total de máquinas e carros ferroviários usados pela ferrovia, força de trabalho: staff ferroviário médio anual designado para a operação ferroviária, comprimento de linhas ferroviárias não eletrificadas por ano; comprimento de linhas ferroviárias eletrificadas por ano). O estudo mostrou que os níveis de ineficiência sofrem uma grande variação quando se realizam mudanças nos fatores que escapam ao controle e responsabilidade da gerência, ou seja, mudanças a nível institucional (órgão público que define, através de contrato, o serviço que deve ser ofertado).

5.2 Funções de Custo

Segundo Small (1992), a descrição fundamental de tecnologia corresponde a uma *função de produção*, que descreve a relação entre produtos e insumos. A *função de custo*, para um dado produtor, delinea o custo mínimo de produção do vetor produto, para determinada função de produção, em vista de algumas relações de oferta, para os insumos. Geralmente essas relações de oferta se referem a um preço fixo w , onde o problema é visto como de minimização para o produto $w.x$ sujeito à restrição tecnológica definida pela equação de produção. A solução, quando única, determina um vetor de insumos ótimo x^* . O custo mínimo resultante $w.x^*$ depende de y , w e β . Assim, a função de custo é escrita como $C(y, w; \beta)$.

Segundo Berechman (1993), um modelo de custo pode ser estabelecido em termos de *curto prazo* ou *longo prazo*, dependendo da presença ou ausência de insumos fixos.

Segundo Jansson (1984), os serviços de transporte com determinada frequência, que envolvem obrigações explícitas e implícitas por parte do produtor de transporte, em manter um serviço regular durante um período futuro apreciável, em um preço fixo, independente do que possa acontecer, raramente podem representar seus custos relevantes com funções de curto prazo. No caso de transporte público de passageiros, as tarifas são fixas por um dado período de tempo, definido pelos órgãos que regulam tais serviços. Assim, a consideração de preço utiliza-se de funções a médio-prazo que levam em conta, também, os custos do usuário.

Segundo Berechman (1993), no modelo de curto prazo, o nível de um fator de insumo fixo (ex.: capital) não pode ser ajustado pela empresa de transporte e, conseqüentemente, este modelo estima, somente, as relações de custo à curto prazo. Os modelos à longo prazo assumem que todos os insumos são ajustáveis, a fim de produzir o nível desejado de produto com o mínimo custo total, usando o mix de insumos ótimo. O modelo pode conter um único produto ou múltiplos produtos. Assim, um modelo utilizado para estimar custos ou produção em transporte, pode variar em relação a sua dimensão (curto ou

longo prazo), a sua especificação econométrica (linear, log-linear, função de custo de forma restrita ou flexível, função de produção) e ao número de produtos.

Os insumos fixos representam outro argumento na função de custo resultante. Por definição:

$$C(y, w; \beta) = \underset{\bar{x}}{\text{Min}} \tilde{C}(y, w; \beta, \bar{x}) \quad (5.20)$$

onde:

C – função de custo;

y – vetor produto;

w – vetor de preços de insumos;

β - parâmetros a serem estimados;

\bar{x} – insumos fixos.

Segundo Small (1992), se C denota tanto funções de custo de curto prazo como de longo prazo, pode-se definir custo médio e custo marginal com relação a algum produto y_r como:

$$CM = \frac{C}{y_r} \quad (5.21)$$

onde:

CM - custo médio;

C - custo total;

y_r - produto "r".

Controlando os preços de insumos, as mudanças descendentes na função de custo médio no tempo são equivalentes a ganhos de produtividade, enquanto que mudanças ascendentes equivalem a declínios de produtividade

(Berechman, 1993). Estas mudanças correspondem ao custo marginal, que é calculado da seguinte forma:

$$CMarg = \frac{\hat{Y}C}{\hat{Y}Y} \quad (5.22)$$

Antes de detalhar os modelos de custo mais utilizados, faz-se importante definir alguns conceitos.

- *Elasticidade de Custo*: segundo Berechman (1993), elasticidade de custo refere-se a uma mudança proporcional no custo total (ou custo variável total) resultante de uma dada mudança proporcional na quantidade de produto. Isto é:

$$\mu(C) = \frac{\hat{Y}C(w, Y)}{\hat{Y}Y} \div \frac{C(w, Y)}{Y}$$

Assim:

$$\mu(C) = \frac{CMarg}{CM} \quad (5.23)$$

onde:

$\mu(C)$ – elasticidade de custo.

O custo total pode se modificar a partir de mudanças no produto total (ex.: aumento de ônibus-quilômetro) enquanto mantendo constante a capacidade total do sistema (ex.: a rede da rota), ou sofrendo mudanças no mix de produto (ex.: maior proporção de viagens de charter em relação a viagens de rota-fixa). Pode-se distinguir vários tipos de elasticidades de custo:

a) *Economias de Escala*: os retornos de escala resumem o aumento proporcional na quantidade de produto com relação a um aumento, em proporção menor, na quantidade de insumos. Ainda, se o produto “y” é um escalar, os retornos de escala podem ser definidos, simplesmente, como o inverso da elasticidade de custo do produto, ou seja:

$$RE = \frac{CM}{CMarg} = \frac{C}{y \cdot (\hat{Y}C/)} \quad (5.24)$$

onde:

RE - retornos de escala.

Se $CMarg < CM$, tal que $RE > 1$, tem-se retornos crescentes, também chamados economias de escala. Caso contrário ($RE < 1$), tem-se retornos decrescentes ou deseconomias de escala e $RE = 1$ define retornos constantes. Devido a funções de custo de curto prazo possuírem um custo fixo maior do que a função de custo à longo prazo correspondente, é mais provável se encontrar retornos crescentes no curto prazo que no longo prazo.

b) *Economias de Densidade de Tráfego*: indica o declínio no custo unitário resultante do carregamento de maior tráfego (ex.: passageiros) sobre um dado sistema de transporte (ex.: rede da rota de ônibus ou trem).

c) *Economias de Utilização de Estoque de Capital*: corresponde a redução no custo unitário, causada pela expansão na produção, quando a quantidade de capital (ex.: trilho) se mantém constante.

d) *Economias de Escopo*: corresponde à redução no custo total, por unidade de produto agregado, em decorrência de mudanças no mix de produtos.

e) *Economias de Rede*: os sistemas de transporte podem ser caracterizados como empresas que produzem serviços específicos em um sistema de rede agregada¹⁷. Como um resultado, poderão existir complementariedades de custo, entre diferentes serviços (rotas) de forma que um aumento no nível de serviço praticado sobre a rota i causará um declínio no custo marginal de outro serviço executado na rota j . Este caso ocorrerá quando, por exemplo, for possível para as empresas destacar insumos (intercâmbios de, por exemplo, trabalho) entre as rotas.

f) *Economias de Tempo do Usuário*: se o tempo de deslocamento do usuário é incluído na função de custo total, é possível identificar níveis (de custo) inferiores, por viagem, para a sociedade, sempre que a frequência de serviços é aumentada.

5.2.1 Propriedades das Funções de Custo

Segundo Coelli et al. (1997), as funções de custo possuem as seguintes propriedades:

1. $C^*(y, w) \geq 0$, para $w \geq 0$ e $y > 0$, isto é, nunca se deveria encontrar custo negativo para uma dada quantidade produzida, quando se poderia não produzir nada e encontrar um custo zero;
2. $C^*(y, w^a) \geq C^*(y, w^b)$, para $w^a \geq w^b$, isto é, quando o preço de um insumo aumenta, o custo não pode diminuir¹⁸;
3. $C^*(y, w)$ é homogênea de grau um em todos os preços, isto é, se todos os preços forem duplicados, o custo será exatamente o dobro;

¹⁷ Para propósitos operacionais e de custo, pode-se considerar cada rota como um serviço específico.

¹⁸ Se a produtividade aumenta, existe a possibilidade de o custo diminuir.

4. $\frac{\hat{Y}_C^*(y, w)}{\hat{Y}_W}$ é homogênea de grau zero em todos os preços, isto é, a primeira derivada de uma função de grau k , fornecerá uma função que é homogênea de grau $k - 1$. Ainda, um aumento proporcional em todos os preços não levará o produtor a alterar o mix de insumos nem irá encorajá-lo a ampliar a produção; o produtor somente responderá às mudanças de preços relativos (ou seja, a duplicação de todos os preços de insumos não tem efeito sobre a ineficiência de custo);
5. $C^*(y, w)$ é ligeiramente côncava em preços de insumo se a função de produção $y = f(x)$, é quase-côncava.

Conhecendo a função de produção $y = f(x_i, \beta)$, pode-se determinar o dual da única estrutura de custo, pois uma função contém todas as informações econômicas da outra (Shepard, 1958, *apud* Viton, 1980).

Como normalmente o nível de produto e os fatores de preços podem ser determinados exogenamente, e as demandas de insumo provavelmente serão determinadas endogenamente, isto é, as quantidades utilizadas para produzir determinado produto são definidas dentro da empresa, a estimação econométrica da função de produção pode estar sujeita às equações simultâneas tendenciosas, se as informações não estiverem corretas, e, por esta razão, a atenção é geralmente focalizada sobre a função de custo (Viton, 1980).

Coelli et al. (1997) ainda comenta que nem todas as formas funcionais em análise econométrica de lucro e custo permitem derivar uma expressão explícita para a função de produção básica. Isto não significa que a função de produção não exista, mas sim que a derivação matemática de sua forma é impraticável. Um exemplo é a forma funcional translog. Já a forma funcional Cobb-Douglas, contudo, é um exemplo de função de produção básica que pode ser derivada. Mesmo quando a derivação é intratável, isto não impede

que se possa estimar algumas medidas, tais como mudanças tecnológicas, elasticidades de substituição e elasticidades totais de produção.

5.2.2 Modelos de Fronteira de Custo de uma única Equação

Segundo Kumbhakar & Lovell (2000), para que se possa estimar um modelo de fronteira de custo de uma única equação, é necessário que se tenha dados sobre os preços dos insumos empregados, as quantidades de produtos produzidas, e a despesa total para cada produtor. A fronteira de Custo Determinística pode ser expressa como:

$$D_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C(y_j, w_j; \beta), \quad j = 1, \dots, n \quad (5.25)$$

onde:

$D_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_{ij}$ - despesa incorrida pelo produtor j ;

$y_j = (y_{1j}, \dots, y_{rj}) \geq 0$ - vetor de produtos produzido pelo produtor j ;

$w_j = (w_{1j}, \dots, w_{ij}) > 0$ - vetor de preços de insumos enfrentados pelo produtor j ;

β - vetor de parâmetros da tecnologia a ser estimado;

$C(y_j, w_j; \beta)$ - fronteira de custo comum para todos os produtores.

Segundo Kumbhakar & Lovell (2000) nem sempre o vetor x_j , é conhecido. Se este vetor não é conhecido, a ineficiência de custo não pode ser decomposta em termos de custo de ineficiência técnica orientada para insumo e o custo de ineficiência alocativa de insumo. Caso contrário, ou seja, quando o vetor é observado, esta decomposição pode ser realizada.

Segundo Kumbhakar & Lovell, a ineficiência de custo do produtor “ j ”, pode ser medida através da equação:

$$EC_j = \frac{C(y_j, w_j; \beta)}{D_j} \quad (5.26)$$

onde:

EC_j – ineficiência de custo do produtor “j”.

A equação (5.26) define a ineficiência de custo como a relação entre o mínimo custo possível e as despesas observadas. Quando $EC_j = 1$, o produtor é eficiente em relação aos seus custos; quando $EC_j < 1$, a despesa observada é maior do que o custo mínimo possível, e o produtor é ineficiente. A situação de $EC_j > 1$ não pode ocorrer, pois as despesas observadas não podem ser menores do que o custo mínimo.

A estimação da fronteira de custo determinística pode ser realizada utilizando Programação Matemática, Métodos dos Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos e Método dos Mínimos Quadrados Ordinários Modificados, da mesma forma como mencionado em Funções de Produção.

5.2.2.1 Modelos de Custo em Operação de Transporte de Ônibus

Segundo Berechman (1993) os dois tipos principais de modelos de custo simples (com um único produto), são especificações do tipo linear e log-linear.

A especificação do tipo linear tem a seguinte forma geral:

$$CT = a_0 + \sum_i a_i X_i \quad (5.27)$$

onde:

CT - custos totais;

X_i - variável explicativa do tipo i, incluindo produto;

a_i - parâmetro da variável explicativa do tipo i ;

a_0 - constante.

A maioria dos estudos define custos totais como custos de operação totais, excluindo juros, depreciações e outras despesas não operacionais.

Os modelos log linear têm a seguinte forma geral:

$$\ln CT = A_0 + \sum_i a_i \ln X_i \quad (5.28)$$

onde:

$$A_0 = \ln a_0.$$

Uma classe principal de modelos log-linear deriva da logaritmização de funções de custo com especificação Cobb-Douglas. Estas funções são também conhecidas como modelos de custo de forma restrita, com base nos princípios da teoria econômica neoclássica da empresa. As variáveis explicativas são os preços dos insumos e os níveis de produtos (Berechman, 1993).

Segundo Berechman (1993), vários estudos empíricos tem rejeitado a hipótese de uma tecnologia de produção de transporte Cobb-Douglas. Entre estes estão: Viton (1981), De Borger (1984) e Obeng (1984) (*apud* Berechman, 1993) com análises de curto prazo; Williams & Dalal (1981), Williams & Hall (1981), Berechman & Giuliano (1984), Button & O'Donnell (1985) e De Rus (1989) (*apud* Berechman, 1993). Resultados similares foram encontrados por Pettreto & Viviani (1984) e Gathon (1989) (*apud* Berechman, 1993) que estimaram uma função de produção de transporte, utilizando como produto assentos-quilômetro e como insumos, capital e trabalho. Pozdena & Merewitz (1978), usando modelo de custo Cobb-Douglas, informaram economias de escala para curto e longo prazo para o transporte ferroviário. Viton (1980), estimando um modelo de custo de forma flexível e aplicando-o para um subconjunto da base de dados de Pozdena & Merewitz, refutou sua principal descoberta, negando a existência de economias de escala em operação de

transporte ferroviário. Isto porque o modelo Cobb-Douglas tem uma propriedade de elasticidade de substituição de fatores unitária, que impede a verificação de retornos crescentes e decrescentes, distorcendo estudos onde esses se verificam. Assim, o custo de produção de serviços é afetado não somente pelo nível de produto e preços de insumos, mas também pela interação entre estes elementos. Conseqüentemente, as economias de escala não podem ser calculadas independentemente dos efeitos cruzados entre produtos e preços de insumos. Como a elasticidade de substituição de fatores, para os insumos, possui implicações importantes para a política de transporte, estes resultados precisam ser re-examinados, com base em modelos de função de custo de forma flexível (Berechman, 1993).

Além dos modelos mais restritivos, como o modelo Cobb-Douglas, alguns estudos têm utilizado modelos de custo que impõem poucas restrições sobre as propriedades econômicas básicas do processo de produção. Estes modelos são chamados “de forma flexível”. O principal modelo estatístico pertencente a esta classe é o modelo de função de custo translogarítma, cuja forma geral será especificada adiante.

Segundo Spady e Friedlaender (1976), três problemas são fundamentais na especificação e estimação de funções de custo, para a indústria do transporte.

O primeiro problema é que o produto de uma empresa de transporte, é sempre multidimensional. A empresa produz diferentes tipos de serviços, para diferentes usuários, em diferentes origens e destinos e com diferentes níveis de qualidade. Assim, o mix de produtos terá grande impacto sobre os custos de uma dada empresa, sendo inapropriado estimar funções de custo com base em medidas de produto agregado simples tais como toneladas-milhas ou passageiros-milhas. Como o mix de tráfego e os níveis de qualidade afetam os custos, as análises devem incorporar vetores de produtos e níveis de qualidade, que caracterizem a gama de atividades realizadas pelas empresas em um dado modo de transporte. Mesmo assim é pouco provável que se alcance completa desagregação para os produtos.

O segundo problema diz respeito aos custos, onde as atividades relativas a cada modo de transporte são caracterizadas por custos comuns e custos associados, implicando em tecnologia de produção conjunta. Como uma tecnologia separável implicará em produção associada, não se pode assumir que funções de custo baseadas em modelos Cobb-Douglas constituam boas representações da realidade.

O terceiro problema apontado por Spady e Friedlaender (1976), é em relação às formas de restrições, onde as restrições regulatórias ou de outros tipos, impedem as empresas de fazerem ajustes ótimos na capacidade de seus sistemas produtivos, onde, assim, como regra geral, elas não apresentam posição de equilíbrio em termos de sua função de custo, de longo prazo. Portanto, quando se suspeita que uma indústria pode estar em desequilíbrio em longo prazo, com um excesso de capacidade crônico, deve-se estimar funções de curto prazo. Uma vez que a função de custo, de longo-prazo, corresponde à envoltória das funções de custo de curto prazo, é possível derivar a função de custo de longo prazo (não observada) a partir das funções de custo de curto prazo (observadas). Assim, sabendo-se que a função de curto prazo foi corretamente especificada, e que seus coeficientes não são tendenciosos, pode-se inferir que os coeficientes da função de custo de longo prazo, derivada da primeira, também não o serão. Neste caso, os custos marginais de longo prazo, obtidos da derivada da curva de custo total de longo prazo, também não serão enviesados.

Assim, na estimação de funções de custo para transportes, dever-se-ia especificar uma função de custo de múltiplos-produtos utilizando-se de uma forma suficientemente flexível, de forma a permitir o teste de várias hipóteses com relação a separabilidade (decomposição do processo produtivo em subprocessos), homogeneidade, e associabilidade observados na função de produção básica.

5.2.2.2 Funções de Custo Translog

A função translog é uma forma funcional de aproximações de segunda-ordem que permite o uso de múltiplos produtos e níveis de qualidade. Sua forma é suficientemente flexível para testar hipóteses relacionadas com a estrutura básica de produção, e pode ser usada tanto para avaliações centradas em curto prazo como para longo prazo. Essas funções, portanto, trabalham com múltiplos produtos, elasticidades de substituição variável entre os insumos e elasticidades variáveis, de transformação, entre os produtos.

De Borger (1984) acrescenta que a função de custo translog contém todas as informações necessárias com relação a estrutura de produção, tais como economias de escala, elasticidades de preços de demandas de insumo, elasticidades de substituição, etc. Esta especificação não requer nenhuma restrição a priori em relação à natureza de retornos de escala, a elasticidade de substituição entre insumos, a separabilidade entre produtos e insumos, etc. Ainda, é possível, a partir da mesma, derivar índices de produtividade, tanto da função de custo variável como total.

Viton (1980) e Berechman (1993), complementam que a função de custo translog permite liberdade na atribuição de todos os efeitos econômicos da tecnologia de produção básica, tais como o grau de substituição de fator ou de homogeneidade, sem impor as suposições inerentes aos modelos Cobb-Douglas.

Seja Y e w o produto e o vetor de preços dos insumos, respectivamente. A estrutura geral da função translog é dada por (Berechman, 1993):

$$\ln C = \alpha_0 + \sum_g \alpha_g \ln Y_g + \sum_k \beta_k \ln w_k + \frac{1}{2} \sum_g \sum_h \delta_{gh} \ln Y_g \ln Y_h + \frac{1}{2} \sum_k \sum_l \gamma_{kl} \ln w_k \ln w_l + \sum_g \sum_k \rho_{gk} \ln Y_g \ln w_k \quad (5.29)$$

onde:

C – função de custo;

$\alpha_0, \alpha_{ig}, \beta_k, \delta_{gh}, \gamma_{kl}$ e ρ_{gk} – parâmetros a serem estimados;

Y_g e Y_h – quantidades dos produtos “g” e “h”, respectivamente;

w_k e w_l – preços dos insumos “k” e “l”, respectivamente.

Para que haja simetria, é necessário impor as seguintes restrições:

$$\delta_{gh} = \delta_{hg}, \quad (g, h = 1, \dots, r) \quad (5.30)$$

$$\gamma_{kl} = \gamma_{lk}. \quad (k, l = 1, \dots, m).$$

As condições de concavidade linear, regularidade e homogeneidade em preços de insumos são:

$$\sum_k \beta_k = 1 \quad \sum_l \gamma_{kl} = 0 \quad \sum_k \rho_{gk} = 0 \quad (5.31)$$

Se $\rho_{gk} = 0$ para todo “g” e “k”, a função de custo é homogênea e homotética¹⁹. Quando $g = h$ e $k = l$, os termos de segunda ordem na equação (5.29) tornam-se, respectivamente, $1/2 \sum_g \delta_{gg} (\ln Y_g)^2$ e $1/2 \sum_k \gamma_{kk} (\ln w_k)^2$.

A aplicação do Lemma de Shepard²⁰ gera a seguinte equação parcial de insumo:

$$S_k = \beta_k + \sum_l \gamma_{kl} \ln w_l + \sum_g \rho_{gk} \ln Y_g \quad (5.32)$$

¹⁹ Segundo Firmino (1982), a função de produção é homotética quando a participação dos fatores permanece inalterada com a mudança de escala.

Segundo Coelli et alii (1997), a tecnologia de produção é homotética de produto se os conjuntos $P(x)$ de produto dependem do conjunto de produto para o vetor de insumo unitário (quantidade de insumo iguais a um para todos os insumos) e da função estimada real, $G(x)$. Isto é, as curvas de possibilidade de produção para diferentes vetores de insumo “x” estão todas mudando de forma paralela em relação à curva de possibilidade de produção para o vetor de insumo unitário.

²⁰ O Lemma de Shepard será demonstrado mais adiante, neste capítulo.

onde:

S_k - parcela dos custos totais do insumo "k".

Após definir as restrições (equação 5.31) sobre a função de custo (equação 5.29), tem-se um número de parâmetros a serem estimados, e uma vez que as equações parciais não adicionam parâmetros desconhecidos, é aconselhável estimar as equações (5.29) e (5.32) em conjunto. Esta abordagem aumenta os graus de liberdade, sem aumentar o número de parâmetros a serem estimados (Berechman & Giuliano, 1984).

A estimação conjunta das equações parciais e de custo requer que uma das equações parciais seja apagada por causa do erro randômico que está associado com as funções parciais e de custo, levando a uma matriz de covariância singular (Berndt & Wood, 1975) (*apud* Berechman & Giuliano, 1984).

Além disso, é provável que os termos de erro da função de custo e equações parciais se correlacionem devido a um número grande de variáveis explicativas comuns. Para levar em conta esses problemas, pode-se utilizar uma modificação da técnica de Zellner²¹. Para evitar a singularidade da matriz de variância-covariância, uma das equações parciais dos fatores é apagada antes de seguir para o segundo estágio do procedimento de Zellner. Assim, as estimativas dos parâmetros resultantes têm as mesmas propriedades assintóticas que as estimativas de máxima verossimilhança (Berndt et al., 1974, *apud* De Borger, 1984). Além disso, se é mantida a suposição de inexistência de autocorrelação, os resultados do procedimento são insensíveis àquela equação de fatores parciais que foi apagada antes do segundo estágio.

Um aspecto importante do processo de produção, que é fundamento do modelo de função de custo, é a elasticidade de substituição entre os insumos. Este elemento, denotado por σ , mede a mudança percentual na relação de dois fatores (ex.: capital e trabalho) causada por uma mudança de um por cento nos

²¹ A técnica de Zellner é uma forma de função de produção que permite a variação dos retornos de escala através dos diversos níveis de produto.

preços relativos desses fatores (Berechman, 1983). As elasticidades de substituição parciais entre os fatores, são calculadas a partir da equação (5.29). Seguindo Uzawa (1962) (*apud* Berechman & Giuliano, 1984):

$$\sigma_{kl} = C \left(\frac{\hat{Y}_C}{\hat{Y}_W \hat{Y}_W} \right) \left(\frac{\hat{Y}_C}{\hat{Y}_W} \cdot \frac{\hat{Y}_C}{\hat{Y}_W} \right) \quad (5.33)$$

onde $\sigma_{kl} = \sigma_{lk}$.

Para o modelo translog:

$$\sigma_{kk} = \frac{\gamma_{kk} + S_k^2 - S_k}{S_k^2} \quad (5.34)$$

e

$$\sigma_{kl} = \frac{\gamma_{kl} + S_k S_l}{S_k S_l} \quad (5.35)$$

Se para um dado k e l ($k \neq l$), obtive-se valor de $\sigma_{kl} > 0$, os dois fatores serão substituíveis. Por outro lado, se $\sigma_{kl} < 0$ os insumos são complementares. Quando $\sigma_{kl} = 0$ não existe substitubilidade, a proporção de insumos no processo de produção é fixa.

As elasticidades de preço de demanda para fatores k e l ($EP_{r_{kl}}$), pelo método de Allen (1983) (*apud* Berechman e Giuliano, 1984) são:

$$EP_{r_{kl}} = \sigma_{kl} S_l \quad k, l = 1, \dots, m \quad (5.36)$$

Segundo Firmino (1982), no momento de se estimar uma função de custo translog (que é uma aproximação numérica de segunda ordem para uma função de custo arbitrária em um ponto) deve se observar a escolha correta do ponto de aproximação. Geralmente, a função translog é apresentada como se

a função original $C(Y, X)$ fosse desenvolvida em torno da unidade ou de zero (após transformação logarítmica). Isto pode levar a uma aproximação pobre, se os valores efetivos das variáveis que compõem a amostra estiverem muito distantes daquele ponto. Spady e Friedlaender (1976) sugerem, como ponto de aproximação, a média da amostra ou outro valor pertencente à amostra.

Tomando este ponto de aproximação como a média das variáveis incluídas na função de custo, cada parcela da função translog é definida como a diferença entre o logaritmo natural da variável e o logaritmo natural da média da variável (Viton, 1980). Muitos estudos têm seguido esta abordagem, usando a média da amostra como a aproximação no ponto, pois quando se movendo deste ponto, alguma aproximação implícita pode produzir erros. Neste caso, a abordagem alternativa é considerar a função como uma representação exata da função de custo mínimo de produção. Desta forma, não há necessidade de identificar um ponto de aproximação (Berechman, 1993).

As formulações acima ignoram o fato de que as despesas podem ser afetadas por choques randômicos que não estão sob controle dos produtores. Essas podem ser especificadas pelos modelos de fronteira de custo estocástica.

5.2.3 Modelos de Fronteira de Custo Estocástica

Uma fronteira de custo estocástica pode ser escrita como:

$$D_j = \bar{Y} C(y_j, w_j; \beta) \cdot \exp\{v_j\} \quad (5.37)$$

onde:

D_j – despesas do produtor “j”.

$[C(y_j, w_j; \beta) \exp\{v_j\}]$ - fronteira de custo estocástica;

$C(y_j, w_j; \beta)$ – parte determinística comum a todos os produtores;

$\exp\{v_j\}$ – parte randômica que captura os efeitos de choques randômicos sobre cada produtor.

Neste caso, a medida apropriada de ineficiência de custo torna-se:

$$EC_j = \frac{c(y_j, w_j, \beta) \cdot \exp\{v_j\}}{D_j} \quad (5.38)$$

A equação (5.38) define a relação do mínimo custo que pode ser alcançado pela despesa observada em um ambiente caracterizado por $\exp\{v_j\}$. Da mesma forma, como especificado pela equação (5.26), quando $EC_j = 1$, o produtor será eficiente em custo, caso contrário ($EC_j < 1$), será ineficiente.

A estimação de Ineficiência de Custo, para modelos estocásticos, pode ser realizada utilizando o Método da Máxima Verossimilhança e a Abordagem de Momentos.

5.2.4 Estudos realizados estimando Funções de Custo

Vários estudos foram realizados de estimação de funções de custo com o intuito de identificar o custo mínimo para realização de determinada prestação de serviço em transportes.

Mohring (1972) estimou funções lineares de custo, para rotas de transporte por ônibus urbano, para a cidade de Twin, utilizando uma amostra extraída de Minneapolis e seus subúrbios adjacentes. A primeira função estimou um modelo de custo total esperado, por passageiro, para um segmento de rota fixo, por milha, possibilitando, ainda, a definição do número de pontos de parada. O segundo modelo de custo estudou rotas de ônibus alimentadoras, onde, ao longo de cada M milhas de rota, um número médio de pessoas por hora estão à bordo de um ônibus, desembarcando, todas, no fim da rota, ou seja, no centro. Para esses modelos foram utilizadas as seguintes variáveis: valor médio atribuído pelos passageiros ao tempo gasto em

caminhadas até o ponto de ônibus, ou do ponto de ônibus até o destino, e o tempo de espera pela chegada do ônibus; velocidade de caminhada dos passageiros até o ponto de ônibus; número de pontos de ônibus uniformemente espaçados por milha; valor médio atribuído pelos passageiros por uma hora a bordo de um ônibus; headway²² entre ônibus, ou a duração média de espera de um passageiro pelo serviço após alcançar o ponto de ônibus; duração da viagem para o passageiro; velocidade média total de um ônibus; número de ônibus por hora de serviço; número médio de passageiros que embarcam e desembarcam por hora em um ônibus; tempo para realizar manobras de parada e partida no ponto de ônibus; tempo de embarque do passageiro no ônibus. Algumas conclusões deste trabalho foram que ambos os modelos revelaram consideráveis economias de escala; que o espaçamento entre paradas é um determinante muito mais importante de tarifas ótimas do que a taxa em que as viagens são realizadas. Ainda, o espaçamento entre os pontos de parada tem um efeito substancial sobre os headways de ônibus e, portanto, sobre as componentes de custo de operação do ônibus e tempo de viagem, nos custos totais. Com essas funções, foi possível obter informações sobre a frequência de serviço ótima para custos alternativos de ônibus, para a demanda e condições de espaçamento entre os pontos de parada.

Keeler (1973), estimou funções de custo de curto prazo para ferrovias, a partir de uma função de produção Cobb-Douglas, sem restrições de retornos de escala para serviços de transporte de carga e de passageiros. As variáveis incluídas nesta função foram: extensão de trilhos, investimentos com estoque de material (vagões, trilhos, locomotivas, etc); consumo de combustível e trabalho. A equação final foi estimada sobre um ponto no tempo utilizando dados de 51 ferrovias Americanas através do método dos mínimos quadrados não linear de Gauss. O autor encontrou retornos de escala constantes à longo prazo, e concluiu que se as mesmas minimizassem seus custos, gastariam, com despesas de via e estrutura fixas, aproximadamente 20% dos custos totais. Através da função de custo total de curto prazo, foi possível estimar uma função de longo prazo, que serviu para estimar a quantia em excesso ou

²² Headway: intervalo de tempo entre dois ônibus, contados a partir do pára-choque dianteiro.

escassez na capacidade de carregamento da rede, através da extensão de trilhos existente em cada empresa e, conseqüentemente, seus respectivos custos. Os resultados indicaram uma enorme quantia em excesso na capacidade de carregamento dos trilhos (acima de 200.000 milhas), onde, cortando-se essa extensão de trilhos (por exemplo, isolando trechos pouco utilizados) para níveis ótimos, poder-se-ia economizar, aproximadamente, 2,5 bilhões de dólares por ano.

Pozdena e Merewitz (1978) também estimaram funções de custo a partir da função de produção Cobb-Douglas para prever o custo de operação de um sistema de trânsito rápido sobre trilhos na Área da Baía de São Francisco onde utilizaram, como produto, o número de veículos-milha anual e como insumos, o número de horas trabalhadas, a energia consumida (quilowatts-hora), o estoque de material (número de veículos) e extensão de trilhos simples (milhas). Para curto prazo, a extensão de trilhos foi considerada fixa. Assim, a equação possuía duas componentes de custos anuais: o custo fixo de operação, proporcional à escala do sistema (medida em milhas de trilho) e os custos que variam com o produto. Os dados utilizados foram observações de 11 propriedades de transporte Norte-Americanas que possuíam informações entre os anos de 1960 a 1970. Assim, foi possível estimar uma série temporal. Para a estimação dos parâmetros da função foram utilizadas duas técnicas de estimação não-linear: o método de Newton-Gauss, que assume que o erro seja adicionado à função; e a forma log-linear modificada, onde o erro é multiplicado à função para, após a aplicação do logaritmo, obter-se um erro adicionado ao logaritmo da função. Ainda, devido a dissimilaridade das propriedades envolvidas na análise, foi necessário separá-las em grupos, especificando-as como pequenas, médias ou grandes, e representando estas características, na função, através de variáveis dummies. Como resultados, encontraram economias de densidade e economias de escala para longo prazo, na provisão de serviços de trânsito rápido por trem.

Segundo Firmino (1982), a tese de doutoramento de Binswanger (1973), estudo pioneiro para a estimação de funções de custo translog, mediu o viés nos ganhos de eficiência advindos do progresso técnico. No que se refere aos

transportes, a sua incorporação aconteceu com o estudo de Spady e Friedlaender (1976). Neste, a preocupação central desses autores foi com os efeitos econômicos advindos da rígida regulamentação para as rodovias e ferrovias americanas. Berndt e Wood (1975) (*apud* Firmino, 1982), utilizaram uma função de custo translog de longo prazo para estimar as elasticidades de preço da demanda para energia elétrica industrial. Friedlaender e Spady (1980) (*apud* Firmino, 1982) adotaram um procedimento semelhante para a demanda do transporte de carga americano, com base numa função de custo translog de curto prazo. Outro estudo foi a tese de doutoramento de Diaz (1981) (*apud* Firmino, 1982), que utilizou uma função translog para estimar função custo de transporte em ambiente de múltiplos produtos.

Viton (1980) estimou uma função de custo translog para o sistema de trânsito rápido da Baía de São Francisco (BART), utilizando observações dos sistemas de trânsito rápido de New York (1960-1970), Chicago (1960-1970), Philadelphia (1961-1968), Cleveland (1960-1970), Shaker Heights (1960-1970), Montreal (1968-1970) além dos sistemas operados pela Autoridade do Porto de New York (PATH) (1969-1970). A base de dados é um subconjunto dos dados utilizados por Pozdena e Merewitz (1978) que trabalharam com função Cobb-Douglas. As variáveis utilizadas foram: veículo-milhas, custo de energia, extensão de trilhos, salários e preço da energia. Como ponto de aproximação o autor utilizou a média das variáveis incluídas na função de custo. Viton encontrou resultados contrários àqueles mostrados por Pozdena e Merewitz. Enquanto Pozdena e Merewitz concluíram que existiam economias de densidade²³ para toda a indústria, Viton percebeu que a situação variou muito na amostra, onde as duas maiores operadoras (New York e Chicago) demonstraram deseconomias de densidade à curto prazo bem como o sistema de SEPTA na Philadelphia, o que era de se esperar, já que essas companhias servem as principais áreas metropolitanas, e seus sistemas são velhos e altamente congestionados. O sistema de trânsito rápido de Montreal também apresentou ligeira deseconomia de densidade; contudo, a hipótese de economia de densidade igual a zero, isto é, a hipótese de retornos de

²³ Lembrando que economia de densidade é a redução no custo unitário do sistema devido à maior carregamento da rede de transporte.

densidade constantes de curto prazo, não foi rejeitada. Os outros quatro sistemas (PATH, Cleveland, PATCO e Shaker Heights) mostraram economias de densidade. No caso de PATH, não foi possível rejeitar a hipótese de retornos constantes, e os demais sistemas mostraram economias de densidade. Com a forma funcional utilizada por Pozdena e Merewitz, todos os sistemas possuíam o mesmo parâmetro de densidade, estando todos sujeitos a economias de densidade.

Viton (1980) também percebeu que a variação dos custos marginais à curto prazo foi maior do que a encontrada por Pozdena e Merewitz. As elasticidades de substituição foram forçadas em direção à unidade, pela tecnologia Cobb-Douglas utilizada por Pozdena e Merewitz (1978). Na estimativa translog realizada por Viton (1980), a elasticidade de substituição de energia por trabalho em todos os casos foi diferente da unidade, fornecendo mais uma evidência contrária à especificação Cobb-Douglas. As elasticidades de preço dos fatores de demanda são similares através da amostra, indicando uma demanda inelástica para trabalho e elástica para energia. Este resultado pode ser influenciado por obrigações contratuais na indústria. Os contratos de trabalho são negociados para o período de alguns anos, enquanto os contratos de energia possuem duração muito menor. Ainda, algumas conclusões encontradas por Viton (1980) revelam custos de operação (observados) maiores do que os previstos. Isto pode estar ocorrendo porque o BART é inteiramente diferente dos demais, motivo pelo qual não deveria estar sobre a mesma função de produção. Este sistema possui controle de trens via computador, um padrão de trilhos diferente dos convencionais, mecanismo de coleta de tickets automatizado e outras pequenas melhorias, sendo um sistema bem mais custoso que os demais.

Viton (1981) falou, também, que o transporte urbano por ônibus possui custos totais mínimos menores quando comparados com as demais formas de transporte de massa. O autor estimou uma função de custo translog para 54 sistemas de ônibus citados na edição do Transit Operating Report do American Public Transit Association. As variáveis utilizadas foram veículos-milhas (produto), nº de ônibus, trabalho e combustível. Como ponto de aproximação,

foi utilizada a média da amostra de cada variável. Os resultados da estimação mostram que os sistemas estão sujeitos à economia de densidade à curto prazo; que os custos marginais não cobrem os custos de operação; que as demandas para os fatores variáveis se apresentaram inelásticas em preço e as elasticidades de substituição foram baixas.

Jara-Diaz (1982) estimou uma função de custo linear para o transporte de carga de determinado produto, em uma rota cíclica, onde os produtos foram: o fluxo médio de uma origem "i" para um destino "j" e o fluxo médio do destino "j" para a origem "i". Como insumos utilizou o tamanho da frota da empresa, a capacidade por veículo, o carregamento por veículo, a capacidade de carregamento na origem, a capacidade de descarga no destino, o tempo de viagem, a distância viajada, a velocidade, a proporção de veículos em serviço e a frequência de viagem. As variáveis distância e velocidade foram consideradas exógenas. Na análise verificou economias de escopo devido a complementariedade espacial entre os dois produtos.

Firmino (1982) aplicou uma função de custo translog ao transporte marítimo por cabotagem no Brasil, realizado por navios de carga geral, estimando modelos de curto e longo prazo, linearmente homogêneos de grau "1" nos preços, para os anos de 1976 a 1979. Ele constatou a existência de economias de escala derivadas da utilização de navios maiores.

De Borger (1984) estimou uma função de custo variável translog para o transporte de ônibus regional na Bélgica. Os serviços de transporte de ônibus eram fornecidos por uma única empresa, a "Nationale Maatschappij voor Buurtspoorwegen". A empresa era regulada pelo governo, responsável pela fixação de preços. O governo também era responsável pela determinação das rotas e suas respectivas frequências, isto é, pela definição do número de veículos-quilômetro que deveriam ser fornecidos pela empresa. Isto quer dizer que o produto não era uma escolha variável para a companhia e que sua única flexibilidade poderia ser encontrada no lado do insumo. O fator de demanda foi o número de passageiros-quilômetro produzido pela empresa. Foi assumido que a empresa fornecia seus serviços de transporte no menor custo variável possível. Como ponto de aproximação, necessário na forma translog, foram

utilizadas as médias amostrais. A função de custo variável translog foi estimada usando dados de séries temporais sobre o produto (assentos-quilômetro), preços de insumo para trabalho e energia, uma medida para o estoque de capital fixo e uma tendência no tempo. Após, os resultados estimados foram usados para calcular dois diferentes indicadores de crescimento de produtividade, no período de 1951 a 1979.

Algumas conclusões retiradas por De Borger (1984), foram: a hipótese de elasticidades de substituição unitária não era suportada pelos dados, excluindo, assim, o uso da função de custo Cobb-Douglas como uma descrição razoável do comportamento do custo da empresa. Com relação à estrutura de custo, foram encontradas evoluções inconstantes tanto em economias de densidade como em custos marginais. As elasticidades de preço para energia e, especialmente para trabalho, foram baixas, provavelmente devido às obrigações contratuais da companhia de ônibus. Os dois índices de produtividade calculados a partir da função de custo variável estimada, mostraram crescimento substancial no período de 1951 a 1960. Contudo, nenhum aumento de produtividade significativo foi observado após este período.

Kim (1985) estimou uma função de custo translog para o setor de transporte de ônibus intermunicipal de Israel, com os mesmos dados utilizados por Berechman (1983) (*apud* Kim, 1985), de forma a complementar o estudo realizado pelo último. Para isso calculou a ineficiência de custo e diferenciais de custo médio. Os dados empregados foram receita (produto), preço de trabalho, preço de capital, parcela do trabalho nos custos totais, parcela de capital nos custos totais e custos totais. Alguns resultados encontrados foram: todos os anos investigados tiveram níveis mais altos de eficiência do que o primeiro trimestre de 1972 (período base). O aumento médio em eficiência de 1972 a 1979 foi de 9,44%. O custo médio no período amostrado foi 4,2% menor que o custo médio do período base.

Outro trabalho desenvolvido no Brasil, foi o de Silva (1987), que estimou uma função de custo translog para empresas de transporte rodoviário de carga em rota fixa. Como produto utilizou toneladas-quilômetro e, como insumos,

foram incluídos: capital, energia, mão-de-obra, materiais e carreteiros. O autor verificou economias de escala em relação ao nível de produção, sugerindo que o crescimento da demanda deverá resultar principalmente numa otimização da frota própria e utilização de transportadores autônomos, ou deverão ser feitos investimentos de capital (isto é, aumento da capacidade própria dos veículos). Silva (1987) verificou, também, elasticidade de substituição entre fatores para a maioria dos insumos, notando, porém, que as elasticidades eram pequenas, mostrando estrutura de produção da indústria de carga em rota fixa bastante rígida.

Viton (1992) estimou uma função de custo translog estocástica multimodal. O conjunto de dados utilizado foi retirado da Seção 15 do Urban Mass Transportation Act (UMTA) para os anos de 1984 a 1986. Somente foram examinadas as operações das empresas de transporte maiores, ou seja, aquelas que possuíam mais do que 100 veículos. Foram considerados 6 modos: ônibus, trem rápido, bonde, trolleybus, demanda respondida e outros (vans, ferry-boat e transporte em plano inclinado). As variáveis independentes usadas na função de custo foram, além dos produtos modais medidos em veículo-milhas, um salário único para todo o sistema, uma única medida de pico representada pela relação da máxima frota operada no pico da tarde pela frota média operada no período base, e velocidades médias específicas por modo. Ainda foram utilizados os custos totais e o custo médio de trabalho. O ponto de aproximação utilizado na função translog foi a média das variáveis na amostra.

As conclusões retiradas por Viton (1992) foram que a viabilidade das associações entre empresas, integrando suas frotas, depende dos níveis de produto fornecidos pelas partes associadas. As associações envolvendo cada modo, exceto ônibus, podem levar a economias de custo muito significativas em relação a ofertas por modo, mas a adição do modo ônibus pode levar a aumentos nos custos regionais. Para empresas maiores, as economias são muito pequenas. Quanto às economias de escopo, onde a associação de empresas envolve o fornecimento de um novo modo, as mesmas deveriam verificar se os salários do sistema resultante são viáveis (sob o ponto de vista

de custo) em relação aos salários pagos pelas empresas individuais que fazem parte do sistema, bem como os níveis de serviço fornecidos. Através de um estudo piloto de propostas de consolidação na Área da Baía de São Francisco, foi possível verificar os resultados de consolidações envolvendo o ofertador de um único modo existente com a Ferrovia Municipal multi-modal de São Francisco, localizada na área central. Foi demonstrado que a maioria das consolidações levariam a aumento nos custos. O autor concluiu que, apesar de nem todas as propostas serem vantajosas, pode ser interessante para aqueles tomadores de decisões que têm intenção de reduzir custos no transporte urbano, analisarem formas de consolidações de modos.

Obeng et al. (1992) calcularam um fator de produtividade total utilizando os dados anuais da Seção 15 para 23 sistemas de transporte de ônibus simples diretamente operados, com mais de 25 veículos, para os anos de 1983 a 1988. O produto utilizado foi veículo-milhas, e os insumos foram os custos relacionados a combustível, trabalho e veículos. A análise de Obeng et al. (1992) mostrou que, exceto entre 1985 e 1986, o fator de produtividade total aumentou anualmente a uma taxa de 1,1% ao ano. As contribuições de trabalho e combustível moderaram a taxa de crescimento do fator de produtividade total. Obeng et al. (1992) também estimaram uma função de custo translog para determinar o efeito da mudança técnica sobre o fator de produtividade total. Os autores encontraram um aumento técnico de 1,14% ao ano. Esta mudança técnica não estava estatisticamente relacionada ao tamanho do sistema e aos preços de insumos. Contudo, os sinais dessas variáveis na equação de mudança técnica mostraram que esse crescimento técnico foi devido ao uso de capital, economia de combustível e economia de trabalho. Assim, preços mais altos de combustível e trabalho aumentavam a taxa de melhoria tecnológica, enquanto preços mais altos de capital diminuía a taxa de crescimento técnico. O uso de capital economizando combustível e trabalho pode acontecer no momento em que se troca ônibus menores por outros maiores e mais longos, reduzindo, assim, o consumo de combustível e o número de motoristas necessários. Os autores também observaram que os sistemas de transporte demonstraram retornos de escala quase constantes.

Por isso, a taxa de mudança técnica e a taxa de mudança do Fator de Produtividade Total são aproximadamente iguais. Como já mencionado, a taxa de crescimento técnico de 1,14% é aproximadamente igual à taxa média anual de mudança do Fator de Produtividade Total de 1,1%. Portanto, os cálculos do Fator de Produtividade Total também indicaram a taxa de mudança técnica nos sistemas de transporte.

Segundo Berechman (1993), a maioria dos estudos utilizam o modelo translog para estimar funções de custo, enquanto poucos estudos têm usado esta abordagem para estimar funções de produção de transporte. Gathon (1989) (*apud* Berechman, 1993), usando uma base de dados do sistema de transporte Europeu, estimou uma função de produção translogarítmica com trabalho (número de trabalhadores) e capital (número de veículos) como insumos. Introduzindo na função estimada os insumos reais usados pelos sistemas de transporte individuais, calculou os níveis de produto ótimo desses sistemas. Uma comparação direta dos níveis de produto real e ótimo, estabeleceu o grau de eficiência técnica de cada sistema. Uma extensão desta metodologia foi usada por Viton (1986) (*apud* Berechman, 1993) para calcular uma fronteira de possibilidade de produção estocástica e derivar mudanças na fronteira através do tempo, como uma função de mudanças em tecnologia, condições de oferta e número de ônibus.

Silva et al. (1996) estimaram funções de custo log-linear e translog para empresas de transporte de passageiros por ônibus e compararam seus resultados. A base de dados foi formada por empresas com itinerários fixos e que prestavam serviço inter-regional no Brasil. Os dados corresponderam à questionários que faziam parte das entrevistas econômicas realizadas sistematicamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE para os anos de 1986 a 1992. As variáveis utilizadas foram custo operacional total (variável dependente), passageiros-quilômetros, extensão média das linhas, extensão total das linhas, níveis de escala de produção (passageiros-quilômetros) e dummies regionais. Uma conclusão retirada por Silva et al. (1996) neste estudo, foi que a produção de serviços das empresas de transporte de passageiros é sensível à estratificação do seu tamanho e ao

relaxamento da hipótese de elasticidade de custo constante. O estudo mostrou a existência de economias de escala tanto para as empresas menores como para empresas de porte médio, mas as empresas maiores mostraram deseconomias de escala. Assim, ficou evidenciada a diminuição de economias de escala com o aumento do tamanho da produção das empresas. Ainda, foram verificadas reduções da elasticidade de custo com o aumento da extensão média das linhas.

5.3 A Dualidade e a Propriedade de Simetria entre as Funções de Produção e de Custo

5.3.1 A Dualidade

Segundo Coelli et al. (1997) o termo dualidade é utilizado para descrever dois métodos de abordagem da mesma questão.

Segundo Spady e Friedlaender (1976), o teorema básico da dualidade diz que uma tecnologia bem comportada²⁴ pode ser descrita tanto em termos da relação entre quantidades como de relações entre preços, à medida que as empresas são minimizadores de custo. Assim, pode-se trabalhar tanto com a função de produção como com a função de custo, que é definida como:

$$C(y, w) = \min w \cdot x \tag{5.39}$$

Sujeito a

$$f(y, x) = 0$$

onde:

C - função de custo;

²⁴ Tecnologia bem comportada - com resultados previsíveis, ou seja, onde, o conjunto de variáveis explica maior parte da produção.

y - vetor de produtos com $y = y_1, \dots, y_r$;

w - vetor de preços de insumos com $w = w_1, \dots, w_m$;

x - vetor de insumos com $x = x_1, \dots, x_m$;

$f(y, x)$ - função de produção.

Spady & Friedlaender (1976) assumem que a função de custo tem duas propriedades importantes. A primeira delas informa que o vetor de insumos sob condições de custos minimizados corresponde ao vetor de derivadas da função de custo com relação aos preços dos fatores. Isto é conhecido como o Lemma de Shepard e é representado por:

$$x_i = \frac{\hat{Y}C(\hat{\mathbf{w}})}{\hat{Y}\hat{\mathbf{w}}_i} \quad (5.40)$$

A segunda propriedade diz que a taxa de custos marginais de dois produtos é igual à taxa marginal de transformação entre eles. Isto é:

$$\frac{\hat{C}(y, w) / \hat{Y}_g}{\hat{C}(y, w) / \hat{Y}_h} = \frac{\hat{f}(y, x) / \hat{Y}_g}{\hat{f}(y, x) / \hat{Y}_h} \quad g = 1, \dots, r \quad e \quad h = 1, \dots, r \quad (5.41)$$

A primeira propriedade indica que se pode derivar a demanda a partir da função de custo estimada, enquanto a segunda propriedade indica que se pode derivar custos de oportunidade a partir das funções de custo estimadas. Essas duas características permitem que se obtenha todas as informações desejadas sobre a tecnologia, a partir da função de custo estimada.

Detalhando melhor, Coelli et al. (1997) mostrou que o Lemma de Shepard declara que a primeira derivada parcial da função de custo, com relação a cada um dos preços de insumos, define as funções de demanda de insumo condicional (isto é, condicional sob o nível de produto). Assim, sendo:

$$y = f(x_1, x_2) \quad (5.42)$$

onde:

y - função de produção;

x_1 e x_2 - quantidades de insumos 1 e 2, respectivamente.

e

$$C = w_1x_1 + w_2x_2 \quad (5.43)$$

onde:

C - função de custo;

w_1 e w_2 - preços dos insumos 1 e 2, respectivamente.

Derivando os níveis de insumo que minimizariam o custo sujeito a uma restrição da função de produção e aplicando o multiplicador de Lagrange, teríamos:

$$L = w_1x_1 + w_2x_2 + \Lambda(y - f(x_1, x_2)) \quad (5.44)$$

Resolvendo a primeira derivada parcial com relação a x_1 , x_2 e Λ , igualando estas a zero e resolvendo simultaneamente para x_1 e x_2 , encontra-se as funções de demanda de insumo condicionais:

$$x_1^C = x_1^C(y, w_1, w_2)$$

e

$$x_2^C = x_2^C(y, w_1, w_2)$$

(5.45)

onde:

x_i^C - nível de minimização de custo do i -ésimo insumo;

$x_i^C(.)$ - relação funcional entre x_i^C e os preços de insumos e quantidade de produto.

Substituindo as equações de demanda de insumo que minimizam o custo (equação 5.45) na definição de custo (equação 5.43), obtém-se:

$$C^* = w_1 [x_1^C(y, w_1, w_2)] + w_2 [x_2^C(y, w_1, w_2)] \quad (5.46)$$

$$C^* = C^*(y, w_1, w_2) \quad (5.47)$$

onde:

C^* - custo mínimo;

$C^*(.)$ - relação entre C^* (custo mínimo) e as variáveis exógenas (preços de insumos e quantidades de produtos).

Aplicando o Lemma de Shepard:

$$\frac{\hat{Y}^C}{\hat{Y}^W} = x_1^C(y, w_1, w_2) \quad e \quad (5.48)$$

$$\frac{\hat{Y}^C}{\hat{Y}^W} = x_2^C(y, w_1, w_2)$$

Como mencionado no início desta seção, o Lemma de Shepard só pode ser aplicado quando as unidades observadas trabalham minimizando seus custos ou maximizando seu lucro. Caso contrário, a função de produção não será o dual da função de custo e vice-versa.

5.3.2 Simetria

Segundo Coelli et al. (1997), a propriedade de simetria entre as derivadas parciais das funções de demanda de insumo segue o teorema de Young, que declara que a segunda derivada parcial deveria ser invariante à ordem de diferenciação. Isto é, para uma função duas vezes diferenciável:

$$\frac{\partial^2 C(y, w_1, w_2)}{\partial w_1 \partial w_2} = \frac{\partial^2 C^*(y, w_1, w_2)}{\partial w_2 \partial w_1} = \frac{\partial^2 C^*(y, w_1, w_2)}{\partial w_1 \partial w_2} = \frac{\partial^2 C(y, w_1, w_2)}{\partial w_2 \partial w_1} \quad (5.49)$$

5.4 Alguns Comentários sobre as Funções de Produção e Custo

O método tradicionalmente adotado pelos analistas para investigar a fronteira de produção de serviços de transporte segue, em termos gerais, dois passos. Uma vez que a informação relacionada a custo é mais fácil de obter²⁵ do que os fatores de produção, geralmente ajusta-se uma função de custo a uma amostra de dados. Então, pela aplicação do lema da "dualidade" de Shepard, a função de produção é inferida a partir da função de custo. A função de custo reproduzirá, sob certas condições, toda a informação econômica contida na função de produção a ela relacionada. A estimação econométrica de funções de custo, baseada em níveis de produto e preços unitários de insumos determinados exogenamente, geralmente implica em correlações mais baixas entre as variáveis do que quando utilizando quantidades de insumos para a estimação de uma função de produção. As demandas de insumos, normalmente, são endogenamente determinadas, levando a equações-simultâneas tendenciosas quando as funções de produção são diretamente

²⁵ Os custos se obtêm no mercado; as quantidades de insumos ocorrem dentro da empresa, de forma que os analistas ficam sujeitos às suas atitudes com relação a disponibilizar ou ocultar informações.

estimadas. Por esta razão, a atenção está geralmente focalizada na estimação da função de custo, e então, aplicando o princípio da "dualidade", obtém-se a função de produção correspondente (Viton, 1980, *apud* Novaes & Constantino, 1997).

Segundo Berechman (1993), nem sempre o objetivo principal da empresa de transporte é a minimização de custos. Neste caso, a empresa de transporte não está operando sobre a curva de custo eficiente e os parâmetros estimados refletirão o comportamento ineficiente, e não a tecnologia básica da empresa. Assim, os parâmetros da função de custo estimada serão enviesados, devido à má especificação do modelo.

Segundo De Borger (1984), pesquisas prévias tem indicado que as indústrias de transporte em geral e de transporte de passageiros em particular operam, tipicamente, com considerável excesso de capacidade. Portanto, a suposição de minimização de custos totais seria inadequada. Assim, permite-se que a empresa opere abaixo do nível ótimo para seu estoque de capital, e assume-se que o principal objetivo da empresa é minimizar custos variáveis. Esta abordagem tem uma vantagem prática. Dado o tratamento não-uniforme de custos de capital nas contas anuais da empresa através do tempo, é muito mais fácil obter custos variáveis precisos do que encontrar indicadores confiáveis de custos totais. Assim, a estimação de uma função de custo variável, e o uso das estimativas resultantes para a construção de índices de produtividade, levará a resultados mais confiáveis. De Borger (1984) ainda cita dois problemas que podem estar associados à estimação de funções de custo, e que podem levar a parâmetros tendenciosos. Uma primeira fonte de possíveis desvios resulta da "regressão clássica". Se os custos estão baseados em um nível de produto planejado e, na prática, ocorrem diferenças entre o produto planejado e o real, a empresa pode ser incapaz de se adaptar completamente a essas circunstâncias inesperadas. Assim, a regressão levará a custos marginais superestimados. A segunda dificuldade diz respeito a uma restrição ao uso do lema da dualidade de Shepard, na análise da estrutura de produção, que é a não evidência do comportamento de minimização de custos, por parte das empresas de transporte.

Berechman (1993) (*apud* Novaes & Constantino, 1997), discute várias possibilidades de comportamento para os gerentes de transporte. Uma delas sustenta que as empresas de transporte, usualmente controladas por agências públicas, esforçam-se em maximizar o excedente do orçamento (isto é, orçamento menos despesas). Uma vez que o orçamento anual costuma ser fixo, e dificilmente aumenta, esta abordagem levaria a um resultado de minimização de custo. A evidência empírica, apresentada por Berechman (1993), é de que, enquanto o orçamento total das empresas de transporte, bem como o custo unitário de seu produto tem aumentado substancialmente no tempo, não se percebe maior produção nem aumento na quantidade do insumo trabalho. Assim, Berechman (1993) conclui que as hipóteses que gerentes de transporte maximizam o orçamento excedente são, provavelmente incorretas. Será mais provável, de acordo com aquele autor, que os gerentes de transporte permitam que os custos aumentem, para encontrarem orçamentos mais altos. Isto também significa que a empresa não está operando sobre a curva de custo eficiente, portanto limita o potencial de uso da função de custo, para analisar a tecnologia básica. Nestas situações é mais apropriado basear a análise diretamente nos fatores de produção, ao invés de utilizar preços unitários.

A seguir, serão revisadas as técnicas não-paramétricas para medir ineficiência.

6 TÉCNICAS NÃO-PARAMÉTRICAS PARA MEDIR EFICIÊNCIA

Uma técnica não-paramétrica utilizada para definir a fronteira de produção e medir a eficiência relativa de uma unidade observada, em relação a esta fronteira, é conhecida como "Análise Envoltória de Dados". Neste capítulo serão citados os principais estudos que desenvolveram esta técnica, conceitos e aplicações da mesma, bem como os modelos básicos utilizados para medir eficiência.

6.1 Um Breve Histórico sobre a Análise Envoltória de Dados

Seiford (1995) descreve a evolução do estado da arte em análises de eficiência, aplicando a técnica envoltória de dados. O autor começa, explicando que antes da técnica de análise envoltória de dados prosperar, foi necessário definir os fundamentos que suportariam sua origem e desenvolvimento que, segundo o autor, se basearam nos trabalhos de Afriat (1972), Aigner e Chu (1968), Shepard (1970), Debreu (1951), além das definições conceituais de Koopmans (1951) e Pareto (1927) e da transformação fracional linear de Charnes e Cooper (1962).

Seiford (1995) comenta que as bases teóricas para medir eficiência, usando uma abordagem não-paramétrica, são derivadas do trabalho seminal de Farrell (1957). Após, Charnes, Cooper e Rhodes (1978, 1979) (*apud* Seiford, 1995) popularizaram esta abordagem, usando um modelo de programação matemática denominado "Análise Envoltória de Dados (AED)", que define sua função como um envelope desenvolvido a partir de dados observados, onde este envelope forma uma fronteira de eficiência relativa às empresas (Unidades de Tomada de Decisão - UTDs) que estão sendo avaliadas. Através deste procedimento não é necessário que as funções de produção sejam especificadas de antemão, na forma paramétrica.

Charnes, Cooper e Rhodes (1978), segundo Seiford (1995), desenvolveram um modelo com retornos de escala constantes, que media a

eficiência técnica. Este modelo foi aplicado a setores públicos, sem fins lucrativos e na área de educação.

Em 1985, o modelo de retornos de escala constantes foi associado ao modelo com retornos de escala variáveis, desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984) (*apud* Seiford, 1995) para medir a eficiência de escala, bem como aos modelos multiplicativos, para fronteiras log-linear por partes (Charnes et al., 1982 e 1983) (*apud* Seiford, 1995), e ao modelo aditivo não orientado (Charnes et al., 1985) (*apud* Seiford, 1985). As áreas de aplicação se expandiram para hospitais, correios, energia elétrica, bancos, transporte de massa, tribunais, agricultura, manutenção, mineração, farmácias e aviões de combate.

Em 1990 (Seiford, 1995), a técnica de análise envoltória de dados foi totalmente desenvolvida, tendo avanços significativos em todas as frentes: modelos, extensões, cálculos e práticas. Surgiram estudos comparando os vários modelos AED (Ahn et al., 1988; Charnes et al., 1990; Epstein et al., 1989; Fare et al., 1988; Seiford et al., 1990), que forneceram uma estrutura para o entendimento das suposições e exigências implícitas. Também, neste período, foi desenvolvido o índice de Malmquist (Fare et al., 1989), para examinar as componentes de crescimento de produtividade; foram, ainda, feitas comparações entre as eficiências técnicas, de escala e alocativa (Banker & Maindiratta, 1988; Morey et al., 1990; Retzlaff-Roberts, 1990). Ainda, foram introduzidos modelos não-convexos (Petersen, 1990), que ampliaram a perspectiva sobre as suposições básicas da AED. Foram desenvolvidas várias extensões dos modelos. Entre elas estão: capacidade de manusear variáveis não-controláveis e/ou categóricas (Banker e Morey, 1986), habilidade de incorporar julgamentos (restringindo multiplicadores) (Dyson & Thanassoulis, 1988; Wong & Beasley, 1990), o modelo Cone Ratio (Charnes et al., 1989 e 1990), Regiões de Segurança (Thompson et al., 1986 e 1990), e o modelo de relações ordinais (Golany, 1988). Ainda, foram desenvolvidos estudos de sensibilidade e estabilidade (Charnes et al., 1989 e 1990) e invariância de translação (Ali & Seiford, 1990), completando as contribuições teóricas. As publicações desse período aplicaram AED em instituições de ensino superior

(Ahn, 1987; Ahn et al., 1987, 1988 e 1989), departamentos de universidades (Beasley, 1990; Tornkins, 1988), uso de energia (Baxter et al., 1986), eficiência espacial (Desai & Storbeck, 1990), fazendas (Byrnes et al., 1987), esportes (Camm, 1988), cooperativas elétricas (Charnes et al., 1989), cidades Chinesas (Charnes et al., 1989), médicos (Chillingerian, 1989 e 1990), manutenção de rodovias (Cook et al., 1988 e 1990), ambientes regulados (Färe et al., 1986 e 1989), organizações (Golden, 1989), linhas aéreas (Johnston, 1990), sistemas logísticos (Kleinsorge et al., 1989), parques (Rhodes, 1986), pubs (Sant, 1989), construções (Shash, 1988), telecomunicações (Majumdar, 1990) e no Exército dos Estados Unidos (Thomas, 1990).

Entre 1990 e 1995 (Seiford, 1995), a técnica AED foi reconhecida como uma ferramenta versátil e eficaz para análise dos dados e é freqüentemente usada como uma técnica exploratória para visualização dos dados. Alguns estudos desenvolvidos neste período foram: projeção de falhas em bancos (Barr et al., 1993 e 1994; Siems, 1991) e poluição (Haynes et al., 1994).

O curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Catarina, vem desenvolvendo dissertações e teses, aplicando a técnica de Análise Envoltória de Dados em diversas áreas, que são: agropecuária (De Mori, 1998; Sturion, 1996; Toresan, 1998), ensino (Abel, 2000; Amaral, 1999; Belloni, 2000; Bortoluzzi, 1997; Dalmas, 2000; Lopes, 1998; Moita, 1995; Niederauer, 1998; Paiva, 2000 e Paredes, 1999), reforma agrária (Melgarejo, 2000) e supermercados (Badin, 1997 e Domingues, 1998). Ainda, um trabalho de doutorado propôs medidas de eficiência técnica em ambientes difusos (Wilhelm, 2000).

6.2 Definição de Análise Envoltória de Dados

Segundo Norman e Stoker (1991), na abordagem paramétrica a forma funcional mais freqüente é a de Cobb-Douglas. Neste contexto, as funções são estimadas com base em métodos de regressão. Cada unidade é, então, comparada com uma média condicionada, para o conjunto, o que traz vários

inconvenientes, visto que se está investigando a eficiência com que organizações utilizam os recursos disponíveis, e o ambiente em que elas se encontram, na produção de seus produtos. As informações médias subestimam os melhores resultados. As vantagens desta abordagem resultam de hipóteses que podem ser testadas com rigor estatístico e relações entre insumos e produtos que seguem formas funcionais conhecidas. Contudo, em muitos casos não existe uma forma funcional conhecida para a função de produção. Na abordagem não-paramétrica, não são feitas suposições sobre a forma da função de produção. Constrói-se empiricamente uma função da melhor prática através de insumos e produtos observados. Esta função é linear por partes e, como tal, seria uma aproximação da função correta, se a mesma existisse.

Os estudos aplicando Análise Envoltória de Dados (AED) vêm fornecendo novos discernimentos e informações, não disponíveis em métodos econométricos convencionais. Em geral, uma abordagem de regressão fornece somente resíduos, e passa através de valores médios de Y e X; não produz de imediato uma informação sobre eficiência; sua habilidade em identificar fontes de ineficiência é fraca; é influenciada por outliers; ajusta uma função baseada no comportamento médio e requer uma forma funcional a ser pré-especificada. Ao contrário da abordagem paramétrica, a abordagem de programação matemática parece ser um procedimento mais robusto para estimação da fronteira eficiente. Enquanto os procedimentos estatísticos baseiam-se em tendências centrais, a AED é um processo de fronteira. Em vez de tentar ajustar um plano de regressão passando pelo centro dos dados, a AED define uma superfície linear por partes que se apóia sobre as observações que ficam no topo. A AED analisa cada Unidade de Tomada de Decisão (UTD) separadamente, e mede a eficiência em relação a todo conjunto de UTDs que está sendo avaliado. Ao contrário dos métodos paramétricos, a AED é uma forma não-paramétrica de estimação, não sendo necessária nenhuma suposição a priori sobre a forma analítica da função de produção, impondo, como única exigência, que todas as UTDs fiquem sobre ou abaixo da fronteira de eficiência (Seiford & Thrall, 1990).

Várias propriedades já referidas tais como isotonicidade, não concavidade, economias de escala, linearidade por partes, formas Cobb-Douglas, insumos controláveis e não controláveis, variáveis categóricas e relações ordinais podem, também, ser tratadas através da AED (Seiford e Thrall, 1990).

Segundo Epstein & Henderson (1989), faz parte do conjunto de referência toda UTD que alcança a máxima relação produto/insumo; a eficiência é então calculada comparando a relação observada em cada UTD com aquele máximo. A AED pode também ser vista como uma generalização do fator de produtividade total. É como se a cada unidade fosse permitido selecionar o conjunto de pesos (ou preços) sobre seus insumos e produtos, que apresentam aquela unidade em sua melhor posição possível, sujeita à condição de que dado conjunto de pesos (ou preços) selecionados, não apresente, para nenhuma outra UTD, relação maior do que a unidade. Uma UTD que é superior a todas as outras será avaliada como eficiente.

A AED tem sido comparada a técnicas alternativas para a estimação das funções de produção. Comparando AED com métodos translog, para a investigação de relações de produção, Banker et al. (1986) (*apud* Epstein & Henderson, 1989), encontraram que AED foi capaz de detectar variações em retornos de escala, sobre o espaço de produção, que não foram identificadas pelos métodos translog.

Segundo Seiford & Thrall (1990) e Oum et al. (1992), a técnica AED permite utilizar múltiplos produtos e múltiplos insumos e não requer suposições fortes, a priori, em relação à tecnologia de produção ou à estrutura de erro. Ela produz um conjunto de medidas de eficiência relativa através da solução de um problema de otimização restrito. A maior vantagem desta abordagem é que ela não carece do conhecimento de preços de mercado, para insumos e produtos. Ela constrói a tecnologia da fronteira puramente de forma não-paramétrica, e avalia a eficiência para cada ponto dado, medindo a distância entre a fronteira e aquela observação. A desvantagem deste método é que não é possível testar se o índice de eficiência, para uma observação específica, é estatisticamente significativo. Isto porque sua identificação não resulta da estimação de um

modelo estatístico mas sim da resolução de um problema de programação linear. Pesquisadores empíricos também notam que a avaliação de eficiência AED é muito sensível a outliers no conjunto de dados.

Segundo Andersen & Petersen (1993), a AED atribui um escore de eficiência menor do que um para unidades ineficientes. Um escore menor do que um significa que uma combinação linear de outras unidades da amostra poderia produzir o mesmo vetor de produtos, usando um vetor que represente menor consumo de insumos. O escore reflete a distância radial da fronteira de produção estimada até a UTD que está sendo avaliada, correspondendo ao mínimo decréscimo proporcional em insumos que torna a UTD eficiente. A AED, assim, fornece uma avaliação de performance comparativa para unidades ineficientes.

Segundo Epstein & Henderson (1989) e Seiford & Thrall (1990), o modelo de produção básico, em AED, envolve um conjunto de insumos e, simultaneamente, um conjunto de produtos. Outra vantagem dessa técnica, como notado por Charnes et al. (1996), é que permite incluir no modelo, variáveis que não representem nem recursos nem produtos, mas sim atributos do ambiente ou do processo de produção.

6.2.1 Usos da Técnica AED

Segundo Golany & Roll (1989) e Husain et al. (2000), a técnica AED pode ser utilizada para:

1. identificação das fontes e quantias de ineficiência relativa para cada uma das unidades comparadas, sobre alguma de suas dimensões (insumos ou produtos);
2. ranking das unidades por seus resultados de eficiência;
3. comparação das unidades ineficientes, entre si e com aquelas eficientes;

4. avaliação de formas de administração ou programas de controle que gerenciem as unidades comparadas;
5. criação de uma base quantitativa para re-alocação de recursos, entre as unidades avaliadas: o propósito geral é transferir recursos (limitados) para unidades onde os mesmos serão utilizados de forma mais eficaz na geração de produtos desejados;
6. identificação de unidades eficientes (ou relações insumo-produto eficientes) para propósitos não diretamente relacionados à comparação entre unidades: por exemplo, utilizar AED para elaborar testes de mercados que permitam demonstração de novos produtos;
7. análise e investigação de padrões predominantes de relações insumo-produto frente à performance real;
8. comparação com resultados de estudos prévios;
9. mudanças de graus de eficiências, através do tempo.

Como a técnica AED mede a eficiência de UTDs, na próxima seção será detalhada a eficiência técnica decomposta em suas componentes, já que, neste trabalho, a mesma será utilizada para medir performance de diversos municípios, quanto à sua gestão no transporte urbano por ônibus.

6.3 Decomposição da Eficiência Técnica Total sob a Ótica da Análise Envoltória de Dados (AED)

A eficiência técnica total pode ser decomposta em três componentes: eficiência de escala, que mede o produto perdido devido a desvios de escala

ótima (retornos de escala constantes); eficiência de congestionamento, que mede o produto perdido devido ao congestionamento; e eficiência técnica pura, que mede o produto perdido resultante da forma de produção utilizada que coloca a unidade em patamar inferior àquele observado na fronteira. Pearson (1993) define esses conceitos, representando-os graficamente e calculando as respectivas eficiências, conforme é detalhado a seguir.

6.3.1 Eficiência Técnica Pura

Para determinar a eficiência técnica total da empresa, a fronteira de produção, assume retornos de escala constantes, e descarte forte de insumos. Neste caso a função de produção corresponde a uma reta que passa pela origem. A reta é definida de forma que cada observação fique sobre a mesma ou à sua direita²⁶.

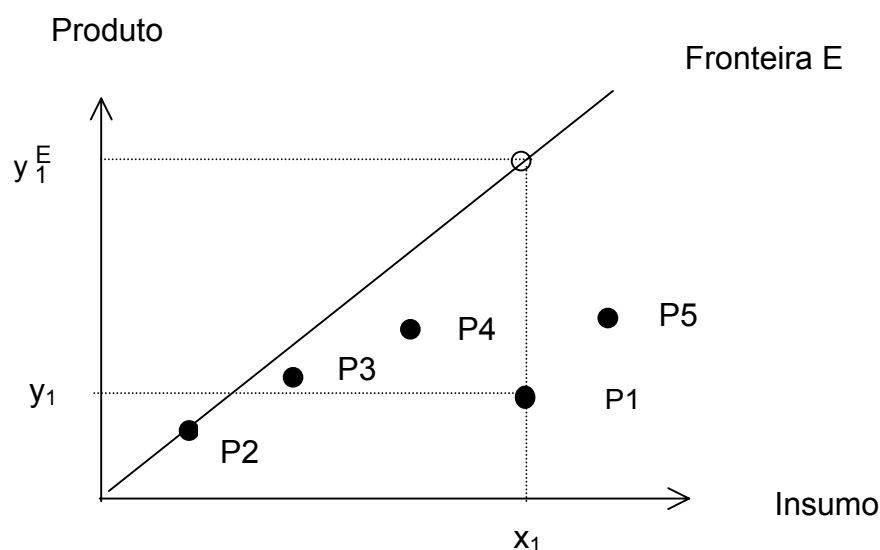


Figura 13: Eficiência Técnica Total
FONTE: Pearson (1993)

²⁶ Uma das suposições da técnica AED é que, pelo menos, uma das unidades realiza a melhor prática e, assim, precisa estar sobre a fronteira.

Na Figura 13, a unidade 2 é a única unidade eficiente. A fronteira E representa a fronteira da melhor prática. A medida de eficiência para cada unidade corresponde a taxa de seu produto real pelo seu produto potencial, que corresponde àquele que seria obtido se a mesma estivesse sobre a fronteira da melhor prática. Por exemplo, o produto real da empresa 1 é y_1 . Projetando o insumo da empresa 1 sobre a fronteira da melhor prática, o produto que poderia ser encontrado seria y_1^E . Assim, a eficiência técnica total da empresa 1:

$$EFT_1 = y_1/y_1^E \quad (6.1)$$

6.3.2 Eficiência de Escala

Como mencionado anteriormente, a eficiência técnica total é determinada assumindo retornos de escala constantes, não levando em conta se os dados aparecem de forma a suportar tal suposição. Quando tal suposição não é apropriada, pode-se determinar uma fronteira com retornos de escala não constantes e, assim, medir a eficiência de escala. Esta fronteira com retornos de escala não constantes é classificada como fronteira W na Figura 14.

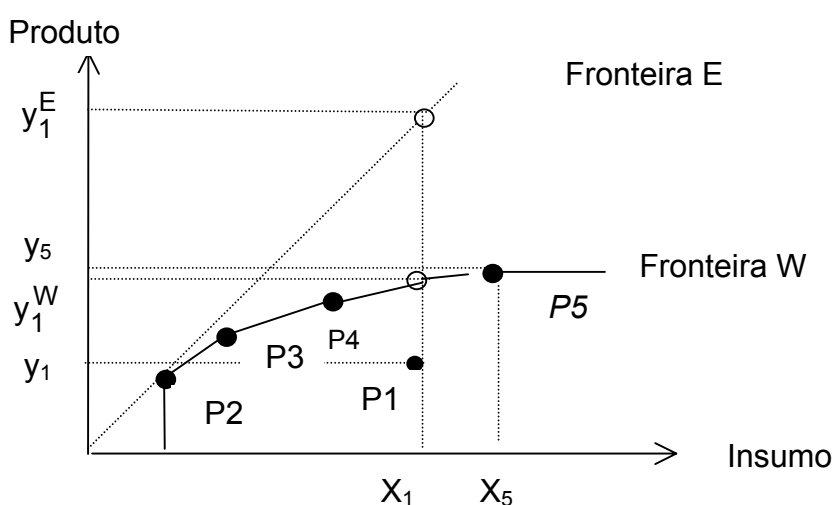


Figura 14: Eficiência de Escala

FONTE: Pearson (1993)

A fronteira W, na Figura 14, envolve as unidades consideradas, unindo os pontos mais externos. Além da unidade 5, não há unidades produzindo maior quantidade de produto. A fronteira W continua horizontalmente a partir deste ponto. Isto ilustra o conceito de descarte livre, isto é, uma unidade usando maior quantidade de insumos do que a unidade 5 precisa ser capaz de, pelo menos, produzir a quantidade de produto y_5 , usando maior quantidade de insumos do que X_5 .

Com base na fronteira W na Figura 14, tem-se que a empresa 1 pode alcançar resultado correspondente ao nível de produto y_1^W (uma combinação convexa dos produtos das unidades 4 e 5). Assim, a eficiência relativa para a fronteira W, no caso de P_1 , é:

$$W_1 = y_1/y_1^W \quad (6.2)$$

Cuja eficiência de escala é definida como:

$$EFS_1 = y_1^W/y_1^E \quad (6.3)$$

A eficiência de escala mede a perda de produto devido a desvios da escala ótima (desvios da situação onde existem retornos de escala constantes). A eficiência de escala pode ser medida pela distância entre as duas fronteiras, E e W, para um dado nível de insumo observado na unidade considerada (Pearson, 1993).

Uma unidade eficiente à escala é aquela para a qual o produto potencial é o mesmo, independente da suposição de tipo de retornos à escala. Para uma unidade com ineficiência à escala, o produto potencial máximo sob condições de Retornos de Escala Não Constantes (RENC) será menor do que o produto potencial máximo em Retornos de Escala Constantes (REC). Uma unidade pode apresentar ineficiência de escala devido a estar operando em uma condição de retornos à escala superior ou inferior ao seu ótimo. No primeiro caso ela é afetada por retornos de escala decrescentes (RED), no segundo

caso, estará operando em uma escala inferior ao seu ótimo, e será afetada por retornos de escala crescentes (RECR). Para determinar se existem retornos de escala crescentes, decrescentes ou constantes, examinam-se os pesos, como mostrado na Figura 15.

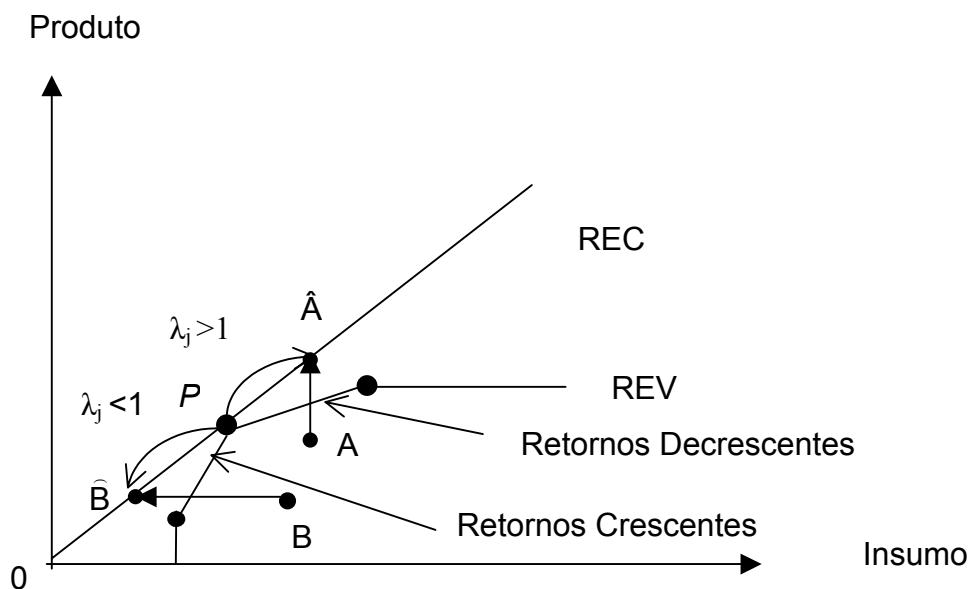


Figura 15: Retornos de Escala através dos pesos dos insumos e produtos
 FONTE: Melgarejo (2000)

O cálculo do $\sum \lambda_j$ é obtido, para o ponto A projetado em \hat{A} , fazendo:

$$\sum \lambda_j = \frac{O\hat{A}}{OP} \quad (6.4)$$

onde:

$\sum \lambda_j$ - somatório dos percentuais das quantidades de insumos e produtos das unidades "j" utilizadas como referência para as unidades ineficientes.

Se $\sum \lambda_j < 1$ os retornos são crescentes porque o ponto P, que define a fronteira de Retornos de Escala Constantes, é projetado para baixo, identificando o escore do novo ponto projetado.

Se $\sum \lambda_j > 1$ os retornos são decrescentes e a projeção da referência é projetada para cima.

No caso do ponto A, $\sum \lambda_j > 1$. Assim os retornos são decrescentes.

Outra forma de verificar retornos de escala é através do intercepto do hiperplano suportante, como mostrado na Figura 16 (Banker et al., 1984):

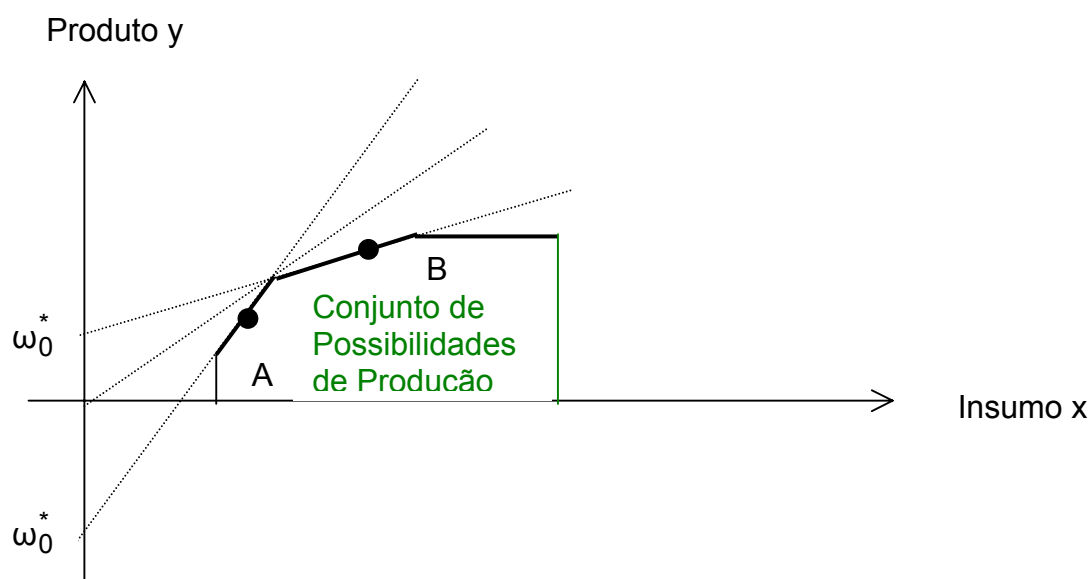


Figura 16: Retornos de Escala através do intercepto do hiperplano suportante

FONTE: Banker et al. (1984)

Se o intercepto: $\omega_0^* < 0$ - retornos de escala crescentes;

$\omega_0^* = 0$ - retornos de escala constantes;

$\omega_0^* > 0$ - retornos de escala decrescentes.

6.3.3 Eficiência de Congestionamento

O congestionamento ocorre sempre que o aumento de algum(ns) insumo(s) diminui algum(ns) produto(s) (ou equivalentemente, a diminuição de algum(ns) insumo(s) aumenta algum(ns) produto(s)). Em definição formal apresentada por Pearson (1993), “se um subconjunto de insumos é mantido fixo, o aumento em outros insumos pode obstruir o produto”. Ou, ainda, “reduzindo o uso de um subconjunto de insumos e mantendo constante o uso de todos insumos restantes, isto gera um aumento no produto.”

Quando, nas Figuras 13 e 14, se determinaram as fronteiras de Retorno de Escala Constante e Retorno de Escala Não Constante para estimar a eficiência técnica total e eficiência de escala, respectivamente, assumiu-se que os insumos estavam fortemente disponíveis. Isto significa que uma unidade usando mais insumos do que a unidade 5, na Figura 14, poderia reduzir aquele consumo para o nível da unidade 5, e potencialmente produzir o produto da unidade 5. No caso de disponibilidade fraca²⁷, a redução de insumo só é possível quando todos os insumos são reduzidos na mesma proporção.

O produto potencial máximo permitido, no caso da eficiência de congestionamento, é sempre menor ou igual ao produto potencial máximo com Retornos de Escala Não Constantes. A fronteira F (na Figura 17), representa o congestionamento, e a fronteira de produto potencial máximo com Retornos de Escala Não Constantes é ilustrada pela fronteira W. Quando o congestionamento não ocorre, as fronteiras coincidem. Este é o caso dos

²⁷ Segundo Coelli et alii (1997), o uso em excesso de insumos pode ser devido a restrições que não estão sob controle da empresa como, por exemplo, associações de trabalhadores evitando a redução do quadro de funcionários na empresa ou controles governamentais indicando níveis de vários insumos.

Os modelos AED standard implicitamente assumem disponibilidade forte em insumos e produtos. Isto é, assume-se que uma unidade pode sempre dispor de insumos e produtos desejados. Um modelo AED que considere congestionamento de insumos relaxa a suposição de disponibilidade forte em insumos.

insumos da unidade 5. Após P5, a fronteira F declina. Após o nível de insumo da unidade 5, os insumos adicionais congestionam os outros insumos tal que o nível de produto prévio começa a declinar.

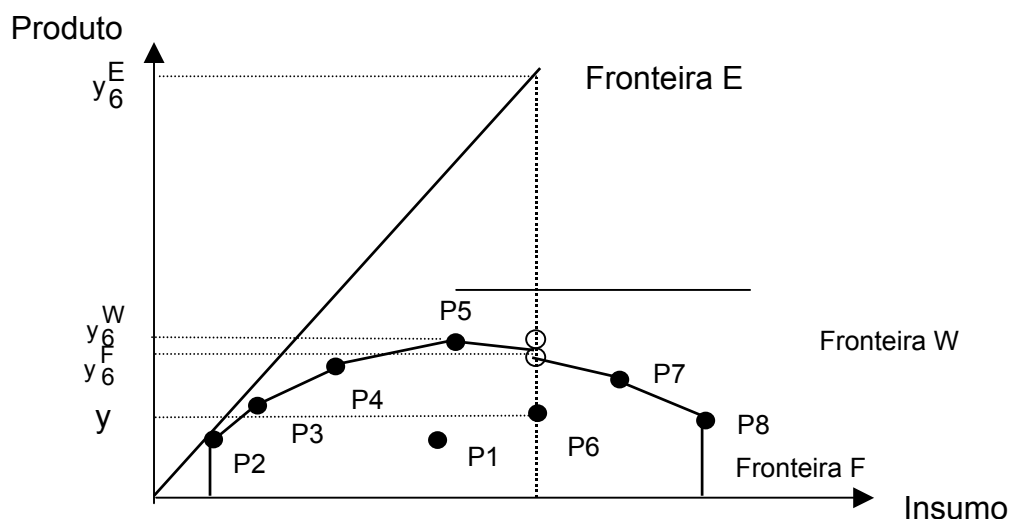


Figura 17: Representação de Congestionamento

FONTE: Pearson (1993)

Na Figura 17, examinando a unidade 6:

$$EFT_6 = y_6/y_6^E \quad (6.5)$$

$$EFS_6 = y_6^W/y_6^E \quad (6.6)$$

A fronteira F é a fronteira de produção, assumindo Retornos de Escala Não Constantes e a possibilidade de congestionamento. A eficiência relativa da unidade 6 para esta fronteira de “congestionamento” é:

$$EF_6 = y_6/y_6^F \quad (6.7)$$

A eficiência de congestionamento para a empresa 6 é definida como:

$$EFC_6 = y_6^F/y_6^W \quad (6.8)$$

Assim se $EFC_6 = 1$, não existe congestionamento.

Como uma consequência dessas definições, a medida de eficiência técnica total, para uma unidade i , pode ser decomposta como:

$$EFT_i = EFS_i \cdot EFC_i \cdot EF_i \quad (6.9)$$

A eficiência técnica total é o produto da eficiência de escala, a eficiência de congestionamento e a eficiência técnica pura.

6.4 Modelos AED Básicos

Segundo Boussofiane et al. (1991), a análise envoltória de dados é uma abordagem que permite comparar a eficiência de unidades tais como órgãos públicos locais, escolas, hospitais, lojas, filiais bancárias e outros, quando essas unidades são relativamente homogêneas.

No caso mais simples, onde um processo ou unidade possui um único insumo e um único produto, a eficiência equivale à produtividade, e é definida como:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Produto}}{\text{Insumo}}$$

Os processos e unidades típicos têm múltiplos insumos e múltiplos produtos, que não são utilizados e produzidos na mesma proporção. Esta complexidade, que não é captada em métodos paramétricos, pode ser incorporada em uma medida de eficiência da seguinte forma (Boussofiane et al., 1991):

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{soma ponderada dos produtos}}{\text{soma ponderada dos insumos}}$$

Esta definição requer um conjunto de pesos, cuja definição pode se tornar complexa, principalmente quando se busca um conjunto comum, a ser aplicado em todas as unidades.

A característica chave dos modelos AED é que os pesos são tratados como desconhecidos. Eles serão escolhidos de forma a maximizar a eficiência da unidade observada. A eficiência desta unidade será igual a 1 caso a mesma seja eficiente em relação às outras unidades, ou será menor que 1 caso seja ineficiente. Para uma unidade ineficiente, a solução identifica as unidades eficientes que servirão de referência para a mesma. Os valores dos pesos geralmente diferem de unidade para unidade, e esta flexibilidade na escolha de pesos pode ser considerada tanto frágil como forte. Ela será frágil se existir maior interesse em fazer a escolha de pesos do que em verificar alguma eficiência. Esta flexibilidade será forte, contudo, quando uma unidade se mostra ineficiente ainda que os pesos que lhe são mais favoráveis tenham sido utilizados na sua avaliação (Boussofiane et al., 1991).

Segundo Ali & Seiford (1993) e Charnes et al. (1996), os vários modelos AED tentam estabelecer, essencialmente, os conjuntos de “n” UTDs que determinam as partes de uma superfície envoltória. A geometria desta superfície envoltória depende do modelo AED empregado. Para ser eficiente, a UTD analisada, precisa estar sobre a superfície. As unidades que não estão sobre a superfície são consideradas ineficientes, e a análise AED identifica as fontes e a dimensão desta ineficiência, além de fornecer uma medida de eficiência relativa. A superfície envoltória, conhecida também como fronteira de eficiência, serve para caracterizar a eficiência e identificar as ineficiências.

Assumindo-se que existam “n” unidades de tomada de decisão (UTDs) a serem avaliadas, onde cada UTD consome quantias variáveis de “m” diferentes insumos para produzir “s” diferentes produtos. A matriz $s \times n$ de medidas de produtos é denotada por Y e a matriz $m \times n$ de medidas de insumos é denotada por X . Assim, a UTD_j consome quantias $X_j = \{x_{ij}\}$ de insumos ($i = 1, \dots, m$) e produz quantias $Y_j = \{y_{rj}\}$ de produtos ($r = 1, \dots, s$). Assume-se, ainda, que $x_{ij} > 0$ e $y_{rj} > 0$. A partir dessas denotações, pode-se apresentar os diversos modelos AED.

A seguir serão apresentados os modelos AED básicos para avaliação de eficiência.

6.4.1 Modelo Aditivo

Segundo Ali & Seiford (1993), o modelo aditivo é representado por um par de problemas de programação linear, apresentados na Tabela 1.

A superfície envoltória consiste de porções de hiperplanos suportantes que formam facetas da casca convexa que envolve a totalidade das observações. Cada hiperplano é suportante (e forma uma faceta da superfície envoltória) se, e somente se, todos os pontos observados situam-se sobre ou sob o hiperplano e, além disso, se o hiperplano tangencia, pelo menos, um dos pontos. A função objetiva mede a distância da UTD_j a este hiperplano. A maximização da função objetiva seleciona um hiperplano que minimiza esta distância. Quando o valor da função objetiva é igual a zero, a UTD_j fica sobre este hiperplano. As $UTDs$ ineficientes ficam abaixo do hiperplano, correspondendo a valores diferentes de zero na função objetiva, otimizada para cada uma delas (Ali & Seiford, 1993).

No Primal do Problema de Programação Linear, apresentado na Tabela 1, o ponto $(y_{ri}$ e $x_{ij})$ representa os valores de insumos e produtos observados para aquela unidade. Para que a unidade atinja a fronteira, suas folgas de produto (s_r) e excessos em insumos (e_i) são minimizadas. O ponto projetado sobre essa superfície será definido como uma combinação convexa (retornos variáveis) ou linear (retornos constantes) das unidades que se encontram sobre essa superfície (representados, respectivamente por $\sum_{j=1}^n y_{rj}$ e $\sum_{j=1}^n x_{ij}$). Quando minimizando folgas de produtos ou excessos em insumos, projeta-se o hiperplano, gerado para cada unidade, sobre a superfície envoltória, maximizando essa função, através do dual.

Tabela 1: Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo Aditivo com Retornos de Escala Variáveis e Constantes

Retornos de Escala Variáveis	
Primal	Dual
$\min_{\lambda_j, s_r, e_i} - \left(\sum_{r=1}^s y_{r\ell} s_r + \sum_{i=1}^m x_{i\ell} e_i \right)$ $\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r = y_{r\ell} \quad r = 1, \dots, s$ $- \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - e_i = -x_{i\ell} \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $s_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$ $e_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$	$\max_{\mu_r, v_i, \omega} \sum_{r=1}^s y_{r\ell} \mu_r - \sum_{i=1}^m x_{i\ell} v_i + \omega$ $\sum_{r=1}^s y_{rj} \mu_r - \sum_{i=1}^m x_{ij} v_i + \omega \leq y_{j\ell} \quad \text{para } j = 1, \dots, n$ $\mu_r \geq 0 \quad \text{para } r = 1, \dots, s$ $v_i \geq 0 \quad \text{para } i = 1, \dots, m$
Retornos de Escala Constantes	
Primal	Dual
$\min_{\lambda_j, s_r, e_i} - \left(\sum_{r=1}^s y_{r\ell} s_r + \sum_{i=1}^m x_{i\ell} e_i \right)$ $\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r = y_{r\ell} \quad r = 1, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - e_i = -x_{i\ell} \quad i = 1, \dots, m$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $s_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$ $e_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$	$\max_{\mu_r, v_i} \sum_{r=1}^s y_{r\ell} \mu_r - \sum_{i=1}^m x_{i\ell} v_i$ $\sum_{r=1}^s y_{rj} \mu_r - \sum_{i=1}^m x_{ij} v_i \leq y_{j\ell} \quad \text{para } j = 1, \dots, n$ $\mu_r \geq 0 \quad \text{para } r = 1, \dots, s$ $v_i \geq 0 \quad \text{para } i = 1, \dots, m$

FONTE: Ali & Seiford (1993)

A realização de uma análise AED requer a solução de "n" problemas de programação linear da forma acima, um para cada unidade de tomada de decisão " ℓ ". A solução ótima para cada programa é dada pelos multiplicadores virtuais (μ^ℓ , v^ℓ e ω^ℓ) (dual). Assim, uma unidade de tomada de decisão " ℓ " é

eficiente se a mesma ficar sobre uma faceta que define o hiperplano $\mu^\ell y - v^\ell x + \omega^\ell = 0$ da superfície envoltória.

Cada um dos "n" conjuntos de valores $(\mu^\ell, v^\ell \text{ e } \omega^\ell)$ $\ell = 1, \dots, n$ obtidos, são os coeficientes dos hiperplanos suportantes que definem as facetas da superfície envoltória. Os hiperplanos suportantes para as UTDs eficientes englobam os hiperplanos das UTDs ineficientes.

Outra forma de representar os hiperplanos das UTDs eficientes, é através do primal da programação linear dos multiplicadores.

A solução ótima da programação linear primal consiste dos vetores s^ℓ (folga de produtos), e^ℓ (excesso de insumos) e λ^ℓ .

O vetor λ^ℓ define um ponto:

$$(\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell) = \sum_{j=1}^n \lambda_j^\ell Y_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j^\ell X_j \quad (6.10)$$

que é uma combinação convexa $\sum_{j=1}^n \lambda_j^\ell = 1$ de unidades que ficam sobre uma

faceta da superfície envoltória. Se $\lambda_\ell^\ell = 1, \lambda_j^\ell = 0$ para $j \neq \ell$, então a UTD_ℓ fica sobre a superfície envoltória e é eficiente. Assim, $(\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell) = (Y_\ell, X_\ell)$ para uma UTD_ℓ eficiente. Para uma UTD_ℓ que é ineficiente, isto é, não fica sobre a superfície envoltória, o ponto $(\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell)$ refere-se a um ponto projetado. O ponto projetado também pode ser expresso como:

$$(\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell) = \sum_{j=1}^n \lambda_j^\ell Y_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j^\ell X_j = (Y_\ell + s^\ell, X_\ell - e^\ell) \quad (6.11)$$

Os vetores s^ℓ e e^ℓ medem a distância entre uma UTD ineficiente (Y_ℓ, X_ℓ) e seu ponto projetado $(\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell)$ sobre a superfície envoltória.

Uma superfície envoltória, com Retornos de Escala Constantes, é composta de hiperplanos que formam as facetas da superfície dos pontos (Y_j, X_j) , $j = 1, \dots, n$, e que possui forma cônica. Ao contrário da superfície anterior, todos os hiperplanos suportantes para uma envoltória com retornos de escala constantes passam pela origem. Assim, $\omega = 0$. Neste caso, a solução ótima para o problema do multiplicador (problema dual), para a UTD_ℓ , é dada pelos vetores μ^ℓ e v^ℓ ; a UTD_ℓ é eficiente se ela ficar sobre um hiperplano que define a faceta, $\mu^\ell y - v^\ell x = 0$ da superfície envoltória.

Os valores ótimos das variáveis, para o problema da envoltória com retornos de escala constantes, para a UTD_ℓ , também são denotados pelos vetores de folga de produtos (s^ℓ), excesso de insumos (e^ℓ) e o vetor λ^ℓ . Neste caso, o vetor λ^ℓ também define um ponto projetado da mesma forma como foi definido na equação (6.10), contudo, no caso de envoltória com retornos de escala constantes, o ponto $(\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell)$ é uma combinação *linear* de unidades eficientes que ficam sobre uma faceta da superfície envoltória. O ponto projetado também pode ser representado em termos do vetor de folga de produtos (s^ℓ) e do vetor de excesso de insumos (e^ℓ) como definido na equação (6.11).

As principais diferenças entre os retornos de escala variáveis e constantes, no modelo aditivo, são (Ali & Seiford, 1993):

- A restrição de convexidade $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, presente no modelo com retornos de escala variáveis, restringe à combinações convexas de UTDs (ao contrário da combinação linear, permitida em retornos de escala constantes).
- No modelo com retornos de escala constante, a equação do hiperplano não possui o intercepto ω ; assim, o hiperplano suportante precisa passar pela origem.

- Uma vez que os modelos com retornos de escala constantes não possuem a restrição de convexidade, induz a que se encontrem escores de eficiência mais baixos; assim, se espera obter um número menor de UTDs eficientes para uma envoltória com retornos de escala constantes, em relação à condição de retornos variáveis à escala.

As Figuras 18 e 19 representam a superfície envoltória para o modelo aditivo e projetam unidades ineficientes sobre essa superfície para ambos problemas de programação: hiperplanos suportantes (dual) e vetores de folga (primal).

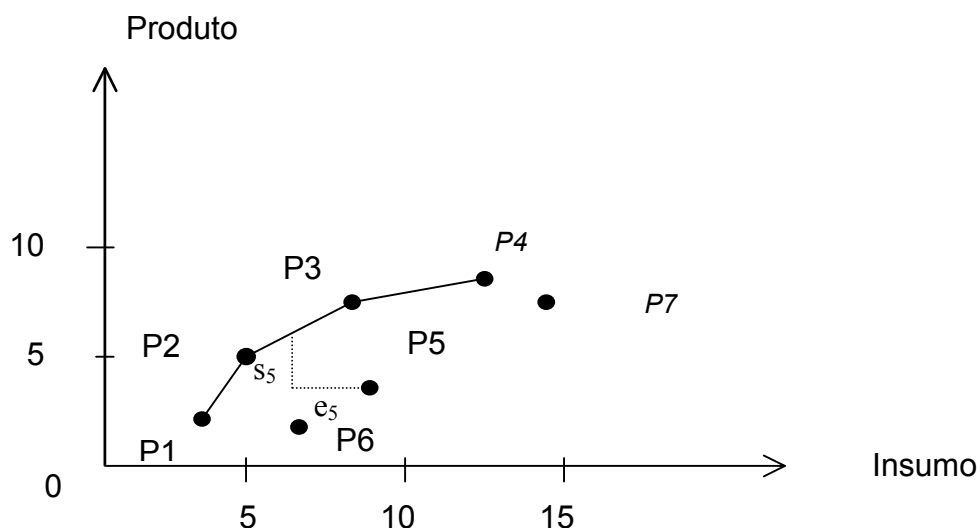


Figura 18: Superfície Envoltória para o Modelo Aditivo para as Unidades
 FONTE: Charnes et al. (1996)

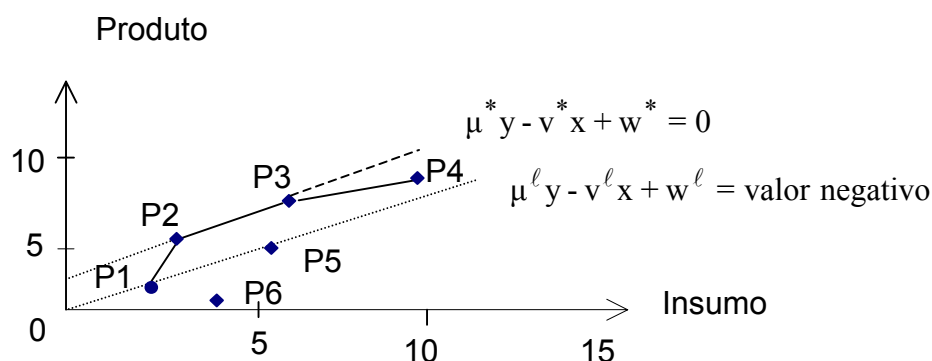


Figura 19: Faceta definindo o Hiperplano para o Modelo Aditivo
 FONTE: Charnes et al. (1996)

6.4.2 Modelo Multiplicativo

Ao invés de combinações aditivas de insumos e produtos, pode-se utilizar combinações multiplicativas. Ao contrário da envoltória linear conhecido como "por partes", os modelos AED multiplicativos permitem uma envoltória log-linear por partes (ou Cobb-Douglas por partes), com medidas multiplicativas de eficiência relativa. A Tabela 2 apresenta o primal e o dual para os modelos multiplicativos com retornos de escala variáveis e constantes.

Tabela 2: Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo Multiplicativo com Retornos de Escala Variáveis e Constantes

Retornos de Escala Variáveis	
Primal	Dual
$\min_{\lambda_j, s_r, e_i} - \left(\sum_{r=1}^s g_r + \sum_{i=1}^m g_i \right)$ $\sum_{j=1}^n \log(y_{rj}) \lambda_j - s_r = \log(y_{r\ell}) \quad r = 1, \dots, s$ $- \sum_{j=1}^n \log(x_{ij}) \lambda_j - e_i = -\log(x_{i\ell}) \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $s_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$ $e_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$	$\max_{\mu_r, v_i, \omega} \sum_{r=1}^s \log(y_{r\ell}) \mu_r - \sum_{i=1}^m \log(x_{i\ell}) v_i + \omega$ $\sum_{r=1}^s \log(y_{rj}) \mu_r - \sum_{i=1}^m \log(x_{ij}) v_i + \omega \leq 0 \quad \text{para } j = 1, \dots, n$ $\mu_r \geq 0 \quad \text{para } r = 1, \dots, s$ $v_i \geq 0 \quad \text{para } i = 1, \dots, m$

Continuação da Tabela 2.

Retornos de Escala Constantes	
Primal	Dual
$\min_{\lambda_j, s_r, e_i} - \left(\sum_{r=1}^s s_r + \sum_{i=1}^m e_i \right)$ $\sum_{j=1}^n \log(y_{rj}) \lambda_j - s_r = \log(y_{r\ell}) \quad r = 1, \dots, s$ $- \sum_{j=1}^n \log(x_{ij}) \lambda_j - e_i = -\log(x_{i\ell}) \quad i = 1, \dots, m$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $s_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$ $e_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$	$\max_{\mu_r, v_i} \sum_{r=1}^s \log(y_{r\ell}) \mu_r - \sum_{i=1}^m \log(x_{i\ell}) v_i$ $\sum_{r=1}^s \log(y_{rj}) \mu_r - \sum_{i=1}^m \log(x_{ij}) v_i \leq 0 \quad \text{para } j = 1, \dots, n$ $\mu_r \geq 0 \quad \text{para } r = 1, \dots, s$ $v_i \geq 0 \quad \text{para } i = 1, \dots, m$

FONTE: Ali & Seiford (1993)

Como pode ser verificado na formulação acima, o modelo Multiplicativo de Unidades Invariantes²⁸ de Charnes, Cooper, Seiford, e Stutz (1983) (*apud* Charnes et al., 1996), resulta da aplicação de logaritmos aos valores originais do Modelo Aditivo. Assim todas as interpretações e comentários da seção prévia novamente se aplicam, mas agora no espaço transformado (Log (X), Log (Y)). A superfície envoltória determinada por este modelo é conhecida como Cobb-Douglas por partes.

A Figura 20 representa esta superfície envoltória Cobb-Douglas ou uma superfície linear por partes.

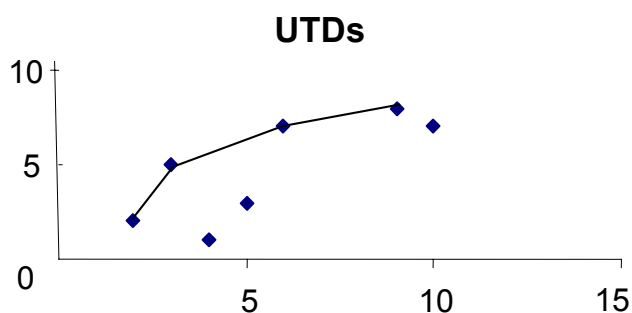


Figura 20: Superfície Envoltória Cobb-Douglas

FONTE: Charnes et al. (1996)

²⁸ Segundo Coelli et al. (1997), unidades invariantes são aquelas onde as mudanças nas unidades de medidas (por exemplo, a medida de quantidade de trabalho em pessoas horas por pessoas anos) não muda o valor da medida de eficiência.

A formulação com Retornos de Escala Constantes é idêntica àquela com Retornos Variáveis do modelo Multiplicativo Invariante, exceto pela ausência da restrição de convexidade $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ no primal e, conseqüentemente, pela ausência da variável ω , a ela associada no dual. O efeito desta modificação é mais facilmente interpretado na formulação do dual. A ausência de ω força os hiperplanos suportantes a passarem pela origem; como um resultado, tanto o número de UTDs eficientes como o número de facetas da superfície envoltória, são reduzidos. Uma vez que os hiperplanos suportantes precisam passar pela origem, o modelo é restrito a retornos de escala constantes, por partes, no espaço dos dados transformados.

Segundo Ali & Seiford (1993), a medida de eficiência para uma UTD " ℓ " que está sendo analisada, refere-se a discrepância entre o ponto (Y_ℓ, X_ℓ) e o ponto projetado $(\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell)$ sobre a superfície envoltória. Uma vez que $(\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell)$ fica sobre a superfície que define o hiperplano $\mu^\ell y - v^\ell x + \omega^\ell = 0$, tem-se:

$$\Delta^\ell = [\mu^\ell Y_\ell - v^\ell X_\ell + \omega^\ell] - [\mu^\ell \hat{Y}_\ell - v^\ell \hat{X}_\ell + \omega^\ell] = -\mu^\ell (\hat{Y}_\ell - Y_\ell) - v^\ell (X_\ell - \hat{X}_\ell)$$

Assim, os pontos $(\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell)$ e Y_ℓ, X_ℓ ficam sobre planos paralelos (como pode ser verificado na Figura 19) que diferem pela constante:

$$\Delta^\ell = -\mu^\ell (\hat{Y}_\ell - Y_\ell) - v^\ell (X_\ell - \hat{X}_\ell) = \mu^\ell s^\ell - v^\ell e^\ell \quad (6.12)$$

onde:

Δ^ℓ - medida da discrepância entre o ponto observado e o ponto projetado.

A medida de distância Δ^ℓ reflete a magnitude da discrepância entre o ponto observado (Y_ℓ, X_ℓ) e o ponto projetado $(\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell)$ com relação à avaliação representada por $\mu^\ell, v^\ell, \omega^\ell$, e é o valor ótimo (mínimo) para a função objetivo.

6.4.3 Modelos Orientados

Existem outras formas para mover uma UTD ineficiente até a superfície envoltória. Segundo Ali & Seiford (1993), métodos alternativos foram propostos por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) (Modelo CCR) (*apud* Ali & Seiford, 1993) e correspondem à orientação para produto ou para insumo. Na orientação para insumo o enfoque está na redução de insumos, enquanto que a orientação para produto concentra-se sobre o aumento de produto. O aumento nos produtos e a redução nos insumos, definidos por (s^ℓ, e^ℓ) , podem ser divididos em duas componentes: a primeira consiste de uma redução de insumos ou aumento de produtos proporcionais e, a segunda componente refere-se a uma redução de insumos ou aumento de produtos residuais, conforme descrito a seguir:

$$s^\ell = \varphi Y_\ell + \delta_s^\ell \qquad e^\ell = \tau X_\ell + \delta_e^\ell \qquad (6.13)$$

onde:

s^ℓ - folga de produtos;

φ - aumento proporcional de produtos;

Y_ℓ - vetor de produtos observado;

δ_s^ℓ - aumento residual adicional individual de produtos;

e^ℓ - excesso de insumos;

τ - redução proporcional de insumos;

X_ℓ - vetor de insumos observado;

δ_e^ℓ - redução residual adicional individual de insumos.

Assim, enquanto o vetor produto pode ser ampliado proporcionalmente por um fator de “ φ ” seus aumentos residuais adicionais individuais são dados por δ_s^ℓ (pelo menos um dos produtos deve ter folga igual a zero). Da mesma

forma, o vetor insumo para a unidade " ℓ " pode ser reduzido proporcionalmente (em cada componente) por um fator de " τ ". Os decréscimos residuais em cada uma das variáveis de insumo são dados por δ_e^ℓ (pelo menos um dos insumos deste vetor deve ter folga igual a zero). A quantia de aumento proporcional de produtos (φ) e decréscimo proporcional de insumos (τ) possível para o ponto projetado é dada por:

$$\varphi = \min_{r=1,\dots,s} \frac{\hat{y}_{r\ell} - y_{r\ell}}{y_{r\ell}} ; \hat{Y}0 \quad (6.14)$$

$$\tau = \min_{i=1,\dots,m} \frac{x_{i\ell} - \hat{x}_{i\ell}}{x_{i\ell}} ; \hat{X}0$$

Os aumentos e decréscimos proporcionais intrínsecos servem para explicar parcialmente a discrepância total entre o ponto observado (Y_ℓ, X_ℓ) e um ponto projetado ($\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell$). Então, é preciso acrescentar na medida de discrepância as componentes residuais. Assim:

$$\Delta^\ell = -\varphi(\mu^\ell Y_\ell) - \chi(v^\ell X_\ell) - \mu^\ell \delta_s^\ell - v^\ell \delta_e^\ell \quad (6.15)$$

Desta forma, a discrepância total consiste de uma componente devido ao aumento proporcional em produtos, uma componente devido à redução proporcional em insumos, e componentes devido a aumentos residuais (não proporcionais) em produtos e reduções residuais (não proporcionais) em insumos. O ponto projetado é obtido primeiro identificando um ponto intermediário $[(1+\varphi)Y_\ell, (1-\tau)X_\ell]$ (obtido pelo aumento/redução proporcional) e, depois, obtendo o ponto projetado ($\hat{Y}_\ell, \hat{X}_\ell$), através do aumento/redução residual ($\delta_s^\ell, \delta_e^\ell$).

As formulações, neste caso, são representadas por um modelo de um único passo, conhecido como “modelo não-arquimediano”, obtido com recurso de apoio em valor infinitesimal, ficando implícita a abordagem de dois estágios.

6.4.3.1 Orientação para Insumo

Os modelos orientados para insumo empenham-se em maximizar os decréscimos proporcional e residual em variáveis de insumo, respeitando o espaço da envoltória (conjunto de possibilidades de produção). Um decréscimo proporcional é possível até que, pelo menos uma das variáveis de insumo em excesso se torne nula. Este máximo decréscimo proporcional é obtido no primeiro estágio do problema. O ponto resultante é empregado no segundo estágio do programa para obter o ponto projetado.

Os modelos não-arquimedianos de orientação para insumo empregam uma constante não-arquimediana ϵ para expressar a solução sequencial (dois estágios) de um par de modelos. Esses modelos são:

Tabela 3: Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com orientação para Insumo com Retornos de Escala Variáveis e Constantes

Retornos de Escala Constantes (Modelo CCR)	
Primal	Dual
$\min_{\theta, \lambda, s, e} \theta - \epsilon(1s + 1e)$ $Y\lambda - s = Y_\ell$ $\theta X_\ell - X\lambda - e = 0$ $\lambda \geq 0 \quad e \geq 0 \quad s \geq 0$	$\max_{\mu, v} \mu Y_\ell$ $vX_\ell = 1$ $\mu Y - vX \leq 0$ $\mu \geq 0 \quad v \geq 0$

Continuação da Tabela 3.

Retornos de Escala Variáveis (Modelo BCC)	
Primal	Dual
$\min_{\theta, \lambda, s, e} \theta - \varepsilon(1s + 1e)$ $Y\lambda - s = Y_\ell$ $\theta X_\ell - X\lambda - e = 0$ $1\lambda = 1$ $\lambda_i \geq 0 \quad e_i \geq 0 \quad s_i \geq 0$	$\max_{\mu, v, \omega} \mu Y_\ell + \omega$ $vX_\ell = 1$ $\mu Y - vX + 1\omega \leq 0$ $\mu_i \leq 1 \quad v_i \leq 1$

FONTE: Ali & Seiford (1993)

onde:

$$\theta = 1 - \tau \tag{6.16}$$

Assim, θ representa a proporção do vetor de insumo resultante após o decréscimo proporcional.

No problema primal da programação linear, representada na Tabela 3, minimizam-se os excessos proporcionais em insumos e residuais tanto em insumos como em produtos. O dual maximiza o hiperplano de cada unidade como forma das mesmas atingirem a fronteira.

A Figura 21 representa o modelo BCC com orientação para insumos.

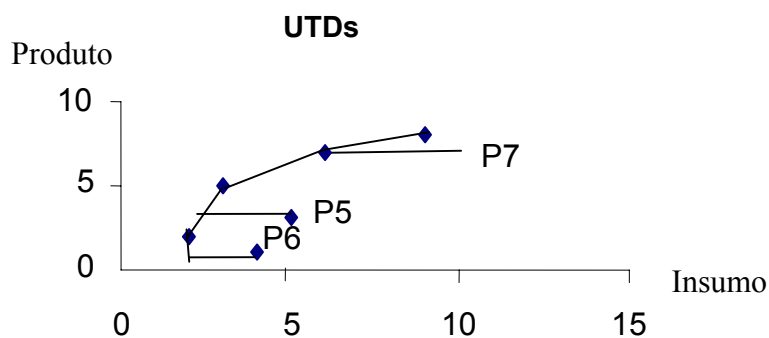


Figura 21: Superfície Envoltória para o Modelo BCC orientado para Insumo

FONTE: Charnes et al. (1996)

Embora as superfícies envoltórias para o modelo BCC e o modelo Aditivo resultem idênticas, os valores das funções objetivos (escores de eficiência) e as projeções de eficiência diferem. Como mostrado em Ahn et al. (1988) (*apud* Charnes et al., 1996), uma UTD será ineficiente em um desses modelos se, e somente se, ela é caracterizada como ineficiente também no outro modelo. As diferenças nos escores e projeções de eficiência reais simplesmente refletem as métricas usadas nos dois modelos.

Segundo Ali & Seiford (1993), os modelos aditivo e multiplicativo indicam o efeito das formulações, em um único estágio, usando zero para os limites inferiores sobre os multiplicadores, e usando θ como a única medida de eficiência. Esses modelos ignoram folgas de produto e excessos de insumos residuais não-proporcionais, podendo classificar uma unidade como eficiente quando a mesma é ineficiente. Ao contrário, as formulações dos modelos não-arquimediano classificam, de forma adequada, as unidades ineficientes.

A comparação entre os modelos de retornos de escala constantes e variáveis, apresentada para o modelo aditivo, também se aplica aos modelos CCR e BCC. O mesmo se dá com respeito à restrição de convexidade

($\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$) e à variável ω , em torno de seus efeitos sobre a superfície

envoltória.

6.4.3.2 Orientação para Produto

Segundo Ali & Seiford (1993), os modelos orientados para produto maximizam o aumento proporcional no vetor produto enquanto permanecendo dentro do espaço da envoltória. Um aumento proporcional é possível até que, pelo menos uma das variáveis de folga de produto alcance valor nulo.

Os modelos não-arquimediano de orientação para produto são dados na Tabela 4.

Tabela 4: Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com Orientação para Produto com Retornos de Escala Variáveis e Constantes

Retornos de Escala Constantes (Modelo CCR)	
Primal	Dual
$\max_{\phi, \lambda, s, e} \phi + \varepsilon(1s + 1e)$ $\phi Y_\ell - Y\lambda + s = 0$ $X\lambda + e = X_\ell$ $\lambda \geq 0 \quad e \geq 0 \quad s \geq 0$	$\min_{\mu, v} vX_\ell$ $\mu Y_\ell = 1$ $-\mu Y + vX \leq 0$ $\mu \geq 0 \quad v \geq 0$
Retornos de Escala Variáveis (Modelo BCC)	
Primal	Dual
$\max_{\phi, \lambda, s, e} \phi + \varepsilon(1s + 1e)$ $\phi Y_\ell - Y\lambda + s = 0$ $X\lambda + e = X_\ell$ $1\lambda = 1$ $\lambda \geq 0 \quad e \geq 0 \quad s \geq 0$	$\min_{\mu, v, \omega} vX_\ell + \omega$ $\mu Y_\ell = 1$ $-\mu Y + vX + 1\omega \leq 0$ $\mu \geq 0 \quad v \geq 0$

FONTE: Ali & Seiford (1993)

onde:

$$\phi = 1 + \varphi \tag{6.17}$$

Assim, ϕ representa a proporção do vetor de produto resultante após o aumento proporcional.

A ausência da restrição de convexidade estende a região provável da casca convexa, considerada no modelo BCC, para uma casca cônica no modelo CCR. Com isso, se tem uma redução no número de UTDs eficientes.

A Figura 22 representa a superfície envoltória para o Modelo BCC orientado para produto.

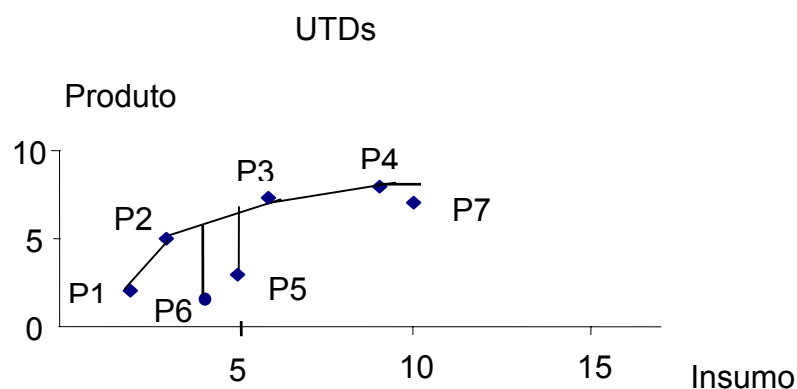


Figura 22: Superfície Envoltória para o Modelo BCC orientado para Produto

FONTE: Charnes et al. (1996)

Enquanto as superfícies envoltórias são idênticas para ambas orientações (insumo e produto), uma UTD ineficiente é projetada para pontos diferentes sobre a superfície envoltória. Isto simplesmente reflete o enfoque da orientação, isto é, define que a ênfase é sobre a redução de insumo ou para acréscimo no produto. As características de eficiência são, por outro lado, as mesmas: um valor ótimo da função objetiva é aquele onde todas as folgas são iguais a zero.

Segundo Ali & Seiford (1993), os modelos aditivos, orientados para insumo ou produto, produzem superfícies envoltórias e conjuntos de UTDs ineficientes e eficientes idênticos, variando, somente, os escores de eficiência e os pontos projetados.

As Figuras 23 e 24 representam, para o Modelo CCR, a superfície envoltória orientada para insumo e o hiperplano suportante orientado para produto, respectivamente.

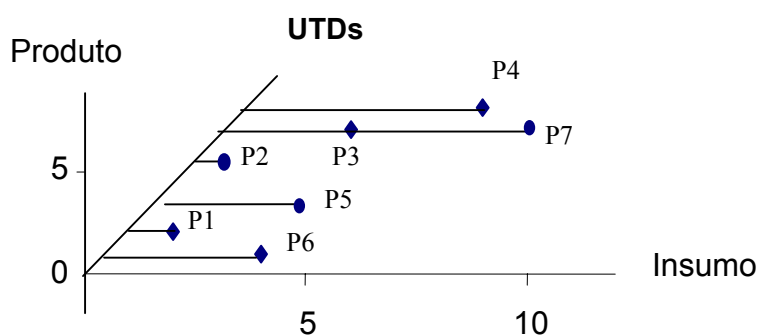


Figura 23: Superfície Envoltória para o Modelo CCR orientado para Insumo

FONTE: Charnes et al. (1996)

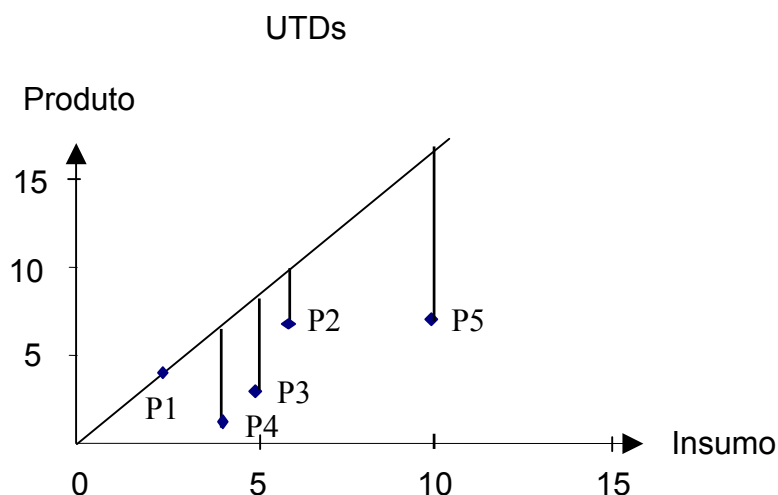


Figura 24: Hiperplano Suportante para o Modelo CCR orientado para Produto
 FONTE: Charnes et al. (1996)

Seiford & Thrall (1990) ainda classificam o conjunto de UTDs sobre a fronteira, em três grupos. Aquelas localizadas nos segmentos da fronteira paralelos aos eixos cartesianos (fronteiras estendidas) são consideradas fracamente eficientes; as localizadas nos vértices, são fortemente eficientes e as UTDs que não estão nos vértices, mas que podem ser representadas como combinações convexas das UTDs que estão nos vértices, através de seus coeficientes de λ_i , são eficientes.

Em resumo, o analista precisa escolher entre uma superfície com retornos-de-escala constantes por partes (modelo CCR ou Aditivo) ou uma superfície com retornos-de-escala variáveis (modelos BCC ou Aditivo). Para uma dada envoltória, a segunda escolha é a via de projeção para um ponto sobre a fronteira de eficiência: para os modelos CCR e BCC, a seleção recai entre a orientação para insumo ou para produto. Ainda pode-se optar pela métrica do modelo Aditivo. Como já mencionado, as superfícies envoltórias são idênticas para as três escolhas; o ponto de comparação (projeção de eficiência) para uma UTD ineficiente, contudo, é diferente para os três modelos (Charnes et al., 1996).

Um efeito importante da seleção do modelo é o tipo de propriedades de retornos à escala associados a cada opção. Para a superfície envoltória linear por partes correspondente aos retornos constantes, não há restrições sobre o

$\sum \lambda_i = 1$, uma vez que todos os hiperplanos suportantes precisam passar pela origem. Essa restrição (restrição de convexidade) admite retornos variáveis à escala.

6.5 Unidades de Medida

Segundo Ali & Seiford (1993), a mudança nas unidades de medidas estendem ou reduzem a superfície envoltória, embora as relações espaciais relativas e, portanto, as classificações de eficiência/ineficiência resultem inalteradas. Contudo, os escores de eficiência e as projeções dependem das unidades de medidas, que estão relacionadas com folgas não nulas e seus respectivos multiplicadores. Assim, a mudança em projeções e escores de eficiência, quando diferentes unidades de medidas são usadas para os dados, estão diretamente restritas aos limites inferiores dos multiplicadores (ou pesos), que definem os coeficientes da função objetiva, no programa linear dual.

Nos modelos de envoltória standard (modelos aditivos e multiplicativos), os limites inferiores unitários para os multiplicadores (em retornos de escala constantes e variáveis) implicitamente assumem que a importância marginal de cada uma das folgas de produto e excessos de insumos diferentes de zero é a mesma, para todas as UTDs.

Os limites inferiores para os modelos com unidades invariantes são definidos por:

$$\mu_r \quad i \quad \hat{Y} \frac{1}{y_{r\ell}} \quad r = 1, \dots, s \quad (6.18)$$

$$v_i \quad i \quad \hat{X} \frac{1}{x_{i\ell}} \quad i = 1, \dots, m$$

Os modelos não-arquimedianos (orientados para produto ou insumo) produzem escores de eficiência que são invariantes às unidades de medida,

uma vez que os valores de excesso de insumo e folga de produto, diferentes de zero, são dominados pelo infinitesimal ε , isto é, $\varepsilon(1s^{\ell} + 1e^{\ell}) \equiv \varepsilon$.

6.6 Identificação de práticas de operação eficientes

Segundo Boussofiane et al. (1991), a identificação e disseminação de boas práticas de operação podem conduzir, à melhoria da eficiência para unidades relativamente ineficientes e também para aquelas relativamente eficientes. As unidades relativamente eficientes, são fontes óbvias de boas práticas operacionais. Contudo, mesmo dentre elas, algumas serão melhores, como exemplos a serem seguidos do que outras. Alguns métodos podem ser usados para discriminar entre as unidades eficientes. Estes métodos são os seguintes:

1) *Matriz de Eficiência Cruzada*: uma Matriz de Eficiência Cruzada (Sexton et al., 1986 *apud* Boussofiane et al., 1991) é uma tabela que informa como a eficiência relativa de uma unidade está sendo avaliada por outras unidades. A entrada em uma célula "ij" mostra a eficiência relativa da unidade j com os pesos ótimos adotados na AED pela unidade alvo i. Pode-se calcular as médias das eficiências em cada coluna e assim verificar como a unidade observada é avaliada pelo conjunto. Quando ao calcular a eficiência média de uma unidade relativamente eficiente, encontra-se um escore baixo, tem-se que, provavelmente, essa unidade serve de referência para poucas unidades ineficientes. A freqüência com que uma unidade eficiente aparece no grupo de referência de unidades ineficientes é um indicador alternativo de boa prática. Esta freqüência permite julgar se uma unidade relativamente eficiente é um mero auto-avaliador ou um avaliador importante para outras unidades (ex.: Tabela 5).

Tabela 5: Matriz de Eficiência Cruzada - "n" unidades

Unidade Alvo	Unidade 1	Unidade 2	...	Unidade n
1	1	0,85		0,9
2	0,8	1		0,75
3	0,92	1		1
.	.	.		.
.	.	.		.
n	1	1		1

FONTE: Boussofiane et al. (1991)

2) *Distribuição de Insumos e Produtos Virtuais*: os produtos virtuais de uma unidade observada correspondem aos níveis de seus diversos produtos, multiplicados pelos seus respectivos pesos ótimos. Os insumos virtuais são definidos de forma análoga. Os valores dos insumos e produtos virtuais conduzem à informações sobre a importância que uma unidade atribui a insumos e produtos particulares, com vistas a alcançar condição de eficiência. Ainda, a soma de seus produtos virtuais é igual a sua taxa de eficiência percentual e, desta forma, os produtos virtuais individuais mostram a contribuição para aquela taxa, de cada produto.

3) *Restrições de Pesos*: um caminho alternativo para discriminar entre unidades relativamente eficientes e eliminar aquelas que contam com uma estrutura de ponderação inapropriada, corresponde à impor limites que restrinjam a estrutura de ponderação que pode ser usada pelas unidades. A avaliação deveria, então, revelar as unidades que são relativamente eficientes dentro dos limites de pesos impostos. A intenção é destacar tais unidades que genuinamente oferecem performance eficiente.

Novaes (2001) comenta que a técnica AED para medir eficiência permite que os pesos de insumos e produtos variem livremente, sem nenhuma restrição, a priori. Em algumas situações, para que uma UTD possa se tornar eficiente, os pesos atribuídos às variáveis se mostram irrealistas. Ademais, nos vetores de pesos ótimos dos modelos AED para UTDs ineficientes, pode-se

encontrar valores nulos, indicando que a UTD apresenta fragilidade naqueles itens, comparativamente à outras UTDs eficientes. Outro fato que deve ser levado em conta para restringir pesos, corresponde à grande diferença percebida nos pesos de uma determinada variável, entre as várias UTDs.

Segundo Roll & Golany (1993), uma diferença básica entre a AED e a função de produção convencional está na flexibilidade dos pesos dos fatores. Enquanto na função de produção os pesos são constantes e uniformes, na AED, eles podem tomar diferentes valores para diferentes UTDs. Essa flexibilidade se dá de duas formas:

1ª) Nenhum valor a priori é atribuído aos vários pesos. Assim, no modelo CCR básico, a única restrição sobre os pesos dos fatores é que os mesmos sejam positivos.

2ª) Ao mesmo fator podem ser atribuídos diferentes pesos, quando se calcula a eficiência relativa de diferentes UTDs.

Com a imposição de limites sobre pesos de fatores, ambas formas de flexibilidade são controladas. Primeiro, a importância relativa dos vários fatores deve estar contida dentro de limites específicos. Segundo, o intervalo de variação de cada um dos pesos fica restrito às relações prescritas.

Roll & Golany (1993) alertam que os pesos dos fatores são determinados, entre outras considerações, pela escala sobre a qual os fatores específicos são medidos. Fazendo uso da propriedade de escala invariante do modelo AED básico, os efeitos de escala podem ser quase que totalmente eliminados. Isto pode ser obtido através da normalização dos valores observados em cada fator utilizando alguma estatística (ex.: a média) que será igual para todos os fatores, no conjunto de UTDs analisado. Tais mudanças de escala tornam possível se fazer uma comparação mais clara da importância dos fatores, sem afetar os resultados. Os fatores que, na visão do analista, deveriam possuir um papel mais importante na determinação das eficiências relativas, terão pesos mais altos do que aqueles menos importantes. Da

mesma forma, quando existe razão para acreditar que o efeito de certos fatores pode ser diferente em diversas situações, ou quando as fontes são menos confiáveis, a amplitude permitida aos pesos pode ser maior do que em outros casos.

Segundo Roll & Golany (1993), através da estrutura dos programas lineares construídos pela AED, onde o número de UTDs é, pelo menos, duas vezes o número de fatores, pode-se definir um grande número de soluções alternativas (diferentes vetores de peso). Em muitas aplicações de AED, o primeiro vetor de pesos ótimo, gerado pelo software, é usado sem que se verifiquem possíveis soluções alternativas. Pela adição de restrições, reduz-se o número de soluções alternativas, mas não se pode garantir unicidade.

Roll & Golany (1993) ainda comentam que o processo de determinação de limites sobre pesos de fatores é altamente dependente do caso, e que não existe regra geral. A escolha de uma técnica específica depende, principalmente, da quantidade e tipo de informações adicionais que se deseja incluir na análise. Os modelos de limitação de pesos são apresentados abaixo:

a) *O modelo CCR*: na apresentação do modelo AED original, Roll & Golany (1993) perceberam que a permissão de flexibilidade máxima na escolha dos pesos dos fatores, quando avaliando cada UTD, poderia distorcer a análise. Portanto, introduziram o parâmetro ε , como forma de restringir os pesos à positividade. Aplicando o modelo CCR sem nenhum limite adicional, permite-se que cada UTD alcance o escore de eficiência que lhe é mais favorável. Contudo, estes são acompanhados de valores de pesos que, por vezes, se mostram incompatíveis com casos reais. Quando alguns pesos assumem o valor de ε , isto implica que os respectivos fatores não estão influenciando a posição de eficiência daquela UTD. Ainda, podem se tornar inaceitáveis os casos em que o mesmo fator recebe valores de pesos drasticamente diferentes, através das UTDs.

b) *Restrição geral de variação de peso*: mesmo quando não se possui nenhuma informação sobre a importância relativa dos diferentes fatores, pode-

se, ainda, controlar o intervalo de variação permitido aos pesos, para cada fator. Uma técnica possível é:

- Executar um modelo CCR sem restrições nos pesos, compilar a “matriz de pesos” e calcular seus valores médios, para cada fator ($\bar{\mu}_r$ ou \bar{v}_i), através de todas as UTDs.
- Determinar a quantia de variação admissível dentro de um peso para o mesmo fator (ex.: a relação do valor mais alto pelo valor mais baixo).
- Estender o modelo CCR básico adicionando um conjunto de restrições de limites do tipo:

$$\frac{2 \cdot \bar{\mu}_r}{1+d} \leq \mu_{rj} \leq \frac{2 \cdot d \cdot \bar{\mu}_r}{1+d} \quad (6.19)$$

onde:

$\bar{\mu}_r$ – peso médio do produto “r”;

d – relação entre o maior e o menor peso encontrado para o produto “r”;

μ_{rj} – peso do produto “r” para a UTD “j”.

Para os pesos dos insumos, aplicam-se as mesmas restrições.

- Executar novamente o modelo, agora limitado.

Uma possível variação dessa técnica consiste em, primeiro, truncar cada vetor de pesos, cortando uma certa percentagem de valores extremos de ambos os lados, e descobrindo a média dos valores restantes.

c) Restrição de variação de peso baseada no julgamento de um expert: os limites são determinados baseado numa matriz de pesos do modelo sem

limites. Contudo, nem todos os pesos são tratados igualmente. O analista, com sua experiência, define o intervalo de variação dos pesos.

d) Conjunto Melhorado de Restrições: neste caso, os limites impostos pelas restrições de pesos anteriores, são gradualmente relaxados (tanto coletivamente como na técnica “b”, ou aplicando julgamento como na técnica “c”) até serem obtidos resultados aceitáveis.

e) Relações entre pesos: outra abordagem para controlar os pesos dos fatores é indicar as relações com que os pesos podem variar. Um conjunto típico de restrições deste tipo é (Roll & Golany, 1993):

$$\begin{aligned} \bar{\pi}_r \cdot \mu_{1j} & \leq \bar{\psi}_{rj} \leq \bar{\omega}_r \cdot \mu_{1j} \\ \bar{\eta}_i \cdot v_{1j} & \leq \bar{\theta}_{ij} \leq \bar{\sigma}_i \cdot v_{1j} \end{aligned} \quad (6.20)$$

onde:

$\bar{\pi}_r, \bar{\omega}_r, \bar{\eta}_i, \bar{\sigma}_i$ - importância atribuída pelo decisor aos diferentes fatores, em relação àquele fator tomado como referência para a determinação dos limites;

μ_{1j} - peso do produto 1 para a unidade “j”;

μ_{rj} - peso do produto “r” para a unidade “j”;

v_{1j} - peso do insumo 1 para a unidade “j”;

v_{ij} - peso do insumo “i” para a unidade “j”.

f) Valores centrais entre os limites: na ausência de outras informações, uma abordagem direta consiste em procurar os valores centrais de todos os pesos de forma a gerar um conjunto de pesos comum. Começando com um modelo limitado, definem-se os desvios a partir da média para ambos os lados, como uma fração do intervalo entre os limites, inferior e superior. Assumindo o mesmo desvio através de todas as UTDs, obtém-se (Roll & Golany, 1993):

Max φ
 sujeito à

$$\begin{aligned} & \mu^T Y - v^T X \quad ; \quad \bar{\mu} \\ & LI_r + o(LS_r - LI_r) \quad ; \quad \bar{\mu}_r \quad ; \quad \bar{LS}_r - o(LS_r - LI_r) \quad \mathbf{\bar{R}} \\ & LI_i + o(LS_i - LI_i) \quad ; \quad \bar{v}_i \quad ; \quad \bar{LS}_i - o(LS_i - LI_i) \quad \mathbf{\bar{I}} \end{aligned} \quad (6.21)$$

onde:

μ – vetor de pesos dos produtos;

Y – vetor das quantidades dos produtos;

v – vetor de pesos dos insumos;

X – vetor das quantidades de insumos;

LI_r – limite inferior para o peso do produto “r”;

LS_r – limite superior para o peso do produto “r”;

o – valor médio do peso do insumo “i” ou produto “r”;

μ_r – peso do produto “r”;

LI_i – limite inferior do insumo “i”;

LS_i – limite superior do insumo “i”;

v_i – peso do insumo “i”.

Em casos onde $o = 0,5$ (isto é, todos os valores de pesos são atribuídos no meio de seus respectivos intervalos), e nenhuma das UTDs é completamente eficiente, todos os pesos dos produtos podem ser aumentados (e/ou pesos dos insumos diminuídos) por uma pequena proporção, até que uma UTD se mostre eficiente.

g) Ordem preferida de fatores: esta abordagem começa re-arranjando os vários fatores em uma ordem descendente de importância, associando maior importância a maior peso e/ou menor importância a menor peso. Começando com um modelo restrito e seguindo a ordem preferida, cada fator é empurrado para seus limites (superior para os fatores mais importantes, inferior para os menos desejados). Isto é encontrado resolvendo um modelo do seguinte tipo:

$$\begin{aligned}
& \text{Max } \mu_r \\
& \text{sujeito à} \\
& \mu^T Y - v^T X \leq \theta \\
& LI_r \leq \mu_r \leq US_r \quad \hat{I}_r \\
& LI_i \leq \mu_i \leq US_i \quad \hat{I}_i
\end{aligned} \tag{6.22}$$

Chega-se a um resultado quando um limite particular for atingido. Assim, o correspondente peso é fixado no limite e o mesmo procedimento é aplicado no próximo fator. Este processo continua até que, em algum estágio, o limite não seja alcançado, ou seja, que não exista mais folga no sistema, e o conjunto resultante é tomado como um conjunto comum de pesos²⁹. Tal conjunto comum de pesos mostrará, pelo menos, uma UTD eficiente, com as ineficiências das demais sendo medidas em relação àquelas eficientes.

h) Maximizando a eficiência média de todas as UTDs: um dos objetivos da AED é tentar conceder a cada UTD o melhor escore de eficiência relativa possível. Esse modelo é formulado como um problema de programação não-linear que busca o conjunto comum de pesos de forma a maximizar a eficiência média, respeitando as restrições de envoltória básicas.

i) Maximizando o número de UTDs eficientes: essa abordagem é similar a anterior, mas aqui o enfoque é somente sobre as UTDs eficientes. Nessa abordagem descobre-se um conjunto comum de pesos que maximize o número de UTDs eficientes, mesmo que a eficiência média, decresça através das UTDs. O modelo correspondente requer um conjunto de variáveis binárias para indicar se uma unidade é eficiente ou não.

j) Cone Ratio: para medir a eficiência em metrô localizados em diversos países, Novaes (2001) utilizou outra técnica de restrição de pesos, conhecida

²⁹ Esse procedimento é acumulativo. Os pesos vão se agregando: primeiro, utiliza-se o peso da primeira variável, após, da primeira e da segunda, e assim sucessivamente, sendo que os pesos selecionados são fixados após cada rodada.

como “Cone Ratio”. Segundo o autor este método impõe restrições sobre a relação entre pesos de insumos ou entre pesos de produtos. Como definido em Cooper et al. (2000) (*apud* Novaes, 2001), essa relação é da seguinte forma:

$$L_{1,2} \leq \frac{v_j}{v_i} \leq U_{1,2} \quad (6.23)$$

onde:

$L_{1,2}$ e $U_{1,2}$ – limites inferiores e superiores, respectivamente.

v_i, v_j – pesos dos insumos i e j , respectivamente.

Outro comentário feito por Novaes (2001) é que, quando são impostas restrições aos pesos das variáveis, se percebe uma redução nos escores de eficiência. Assim, UTDs que se mostraram eficientes sem imposições nos pesos, podem não continuar eficientes, após imposição destas restrições.

6.7 Algumas Limitações e Possíveis Problemas na Aplicação do Método AED

Coelli et al. (1997) e Paiva Júnior & Lima Júnior (1999), apontam algumas limitações e possíveis problemas que podem ser encontrados na aplicação do método AED, a exemplo de:

- O método AED requer apenas uma observação sobre cada caso, para descrevê-lo, por isto é mais sensível a erros nas medidas. Os erros de medidas e outros distúrbios podem influenciar a forma e a posição da fronteira.
- Os outliers podem influenciar os resultados.
- A exclusão de um insumo ou produto importante, pode determinar resultados viesados.

- Os escores de eficiência são relativos, somente, às melhores unidades na amostra. A inclusão de unidades extras pode reduzir o escore de eficiência.
- Deve-se ter cuidado quando comparando os escores de eficiência média de dois estudos. Eles somente refletem a dispersão de eficiências dentro de cada amostra; eles não dizem nada sobre a eficiência de uma amostra relativa à outra amostra.
- A adição de uma unidade extra em uma análise AED não pode resultar em um aumento nos escores de eficiência técnica das unidades existentes. Mas pode resultar em aumento de ineficiência de todas as demais unidades.
- Como a AED é baseada em pontos extremos, é muito sensível à especificação das variáveis. A adição de um insumo ou produto extra em um modelo AED não pode resultar em uma redução nos escores médios de eficiência técnica.
- Com o aumento do número de variáveis, a habilidade de discriminação decresce devido ao aumento das relações dimensionais existentes entre produtos, insumos e UTDs para a formação da fronteira de produção. Quando se têm poucas observações e muitos insumos e/ou produtos, muitas das unidades aparecerão sobre a fronteira AED.
- O tratamento de insumos e/ou produtos como variáveis homogêneas quando são heterogêneas poderá levar a resultados tendenciosos.
- Quando nenhuma consideração é feita para as diferenças entre ambientes, pode-se ter indicações enganosas sobre a competência gerencial relativa.

- A AED padrão não considera o risco existente nas decisões tomadas por experts.

6.8 Alguns estudos realizados utilizando Modelos AED

Oum & Yu (1991) (apud Berechman, 1993), em seu estudo de sistemas ferroviários internacionais de passageiros, utilizaram AED para medir a eficiência relativa dos sistemas. Para explorar os efeitos de um conjunto de variáveis políticas (controláveis) e variáveis econômicas e demográficas gerais (não controláveis), os autores regrediram os índices AED contra essas variáveis, usando o modelo Tobit. Usando os resíduos dessa regressão e removendo os efeitos das variáveis não controláveis, os autores puderam mostrar a eficiência de um sistema quando considerando, somente, variáveis políticas.

Kerstens (1996) utilizou uma amostra de 114 companhias francesas de transporte urbano por ônibus que operavam fora da região de Paris no ano de 1990, para avaliar a eficiência técnica das mesmas, utilizando técnicas determinísticas não-paramétricas. Os produtos foram: o número de veículos-quilômetros³⁰ e número de assentos-quilômetros. Os insumos foram: o número de veículos em uso naquele ano, o número de empregos anuais e o consumo total de combustível para aquele ano. O autor testou alguns modelos AED para essa amostra, encontrando diferentes resultados, recomendando que a escolha do modelo seja feita com cautela. No mesmo estudo, Kerstens utilizou um modelo Tobit para explicar os escores de eficiência técnica. As variáveis explicativas revisadas foram: tipo de propriedade (privada, pública ou semi-pública); se a companhia pertencia à alguma associação de gerentes de companhias; tipos de contratos (que diferem, principalmente, no grau de distribuição de risco concordado); comprimento médio de uma linha e distância média entre paradas (como proxys para características espaciais de serviços); velocidade média comercial (como proxy para características qualitativas de

³⁰ Veículos – quilômetros = quantos quilômetros são percorridos por todos os veículos da frota.

serviços); densidade populacional (como proxy para as características espaciais e qualitativas); idade média dos ônibus; tempo de duração dos contratos e parcela de subsídios em custos de operação totais. Algumas conclusões indicam que a propriedade privada apresenta efeito positivo sobre a performance de transporte urbano; a estrutura da rede (representada pelo comprimento médio de uma linha e a distância média entre paradas) afeta a eficiência de operação. As variáveis dummies “tipo de contrato” e “tempo de duração de contrato” são positivamente relacionadas à eficiência técnica. É importante, nesses casos, avaliar-se variáveis relacionadas às formas de contrato pois, conforme se verifica no Brasil, a Lei de Concessões (Lei 8987/95), obriga o Poder Público a manter o equilíbrio econômico-financeiro das empresas, seja subsidiando o serviço, seja permitindo reajustes tarifários. Assim, a forma como esses contratos são firmados, pode comprometer a eficiência global do sistema.

Husain et al. (2000) utilizaram a técnica AED para medir a eficiência sobre um conjunto de dados coletados no Road Transport Department em Selangor – Malásia. Foram analisadas 46 unidades de serviço para o ano de 1998. Como insumos foram utilizados o número de trabalhadores e o custo do trabalho; como produtos foram utilizados: a produção total (quantidade) dos serviços e a receita total. Com isso, os autores identificaram aqueles serviços rodoviários mais eficientes e menos eficientes, embora, por falta de informação não tenham conseguido verificar as causas de ineficiência. Os autores comentam, ainda, que essas informações poderiam ser obtidas investigando a satisfação dos empregados com seu trabalho, o ambiente de trabalho e o impacto da administração de recursos na organização.

Novaes (2001) utilizou a técnica AED para medir as eficiências técnica e de escala de 22 metrô distribuídos pelo mundo. O produto foi representado pelo número total de passageiros transportados por ano e os insumos foram: uma variável de geração de viagens (que relaciona o número total de carros (sobre trilhos) de passageiros, número total de estações, extensão total de linhas), a frequência na hora de pico, a extensão média da linha, o número total de empregos e a população servida. O autor aplicou os modelos BCC e CCR

orientados para insumo. Os insumos extensão média da linha e a população servida foram mantidos fixos, sendo admitidas, apenas, melhorias que poderiam ser realizadas à curto prazo. Com relação ao metrô de São Paulo, os modelos mostraram elevadas ineficiências técnica e de escala. O autor concluiu que isso se deve ao fato desse metrô cobrir somente uma pequena parte da área urbana, com somente três linhas, sendo responsável por, apenas, 8,3% das viagens motorizadas. Outra constatação foi que o insumo número de empregos está em excesso, mas isto ocorre porque a empresa responsável é encarregada de várias atividades fora das tarefas convencionais realizadas pelos outros sistemas analisados.

6.9 Alguns estudos realizados comparando Modelos AED com Análise de Regressão

Thanassoulis (1993) fala de alguns autores que têm comparado Análise de Regressão com AED sobre aspectos específicos de medida de performance.

Banker et al. (1986) (*apud* Thanassoulis, 1993) compararam AED e função paramétrica Translog, cujos parâmetros foram estimados por Análise de Regressão Corrigida³¹. Os dados de 114 hospitais foram usados para estimar as eficiências técnica e de escala, para testar a presença de retornos de escala e estimar taxas marginais de transformação de produtos. Os autores perceberam ampla concordância entre os dois métodos em relação às taxas marginais de transformação de produtos, mas os métodos discordaram quanto às estimativas de eficiência e retornos de escala.

Bowlin et al. (1985) (*apud* Thanassoulis, 1993) compararam AED com Análise de Regressão na avaliação da performance de 15 hospitais (hipotéticos). A comparação revelou que ambos os métodos conseguiram discriminar entre unidades eficientes e ineficientes. Contudo, AED ofereceu a vantagem adicional de ser capaz de identificar as fontes de ineficiências,

³¹ Conforme explicado na página 79.

enfatizando quais recursos estavam sendo usados em excesso, em cada hospital ineficiente. A técnica AED também realizou melhor a estimação do nível de custo eficiente, para cada hospital ineficiente.

Thanassoulis (1993) comenta que a abordagem AED oferece estimativas mais precisas de eficiência relativa e valores de insumo e produto marginais. Porém, as Análises de Regressão também oferecem estimativas satisfatórias, e a precisão dessas estimativas é normalmente mais estável.

Thanassoulis (1993) conclui que ambos os métodos fornecem estimativas razoáveis de eficiência relativa e, também, em menor extensão, dos níveis alvos e de valores marginais. Assim, sempre que possível, ambos os métodos deveriam ser usados e algumas discordâncias sobre estimativas deveriam ser analisadas de forma a tornar mais clara a performance das UTDs.

6.10 Principais Características dos Métodos utilizados para medir Eficiência

O Quadro 1 apresenta uma síntese das principais características dos métodos utilizados para medir eficiência.

No próximo capítulo, serão aplicados os conceitos de produtividade e eficiência, revisados no capítulo 4, para o setor de transporte urbano.

Quadro 1: Comparação entre os diversos Métodos utilizados para medir Eficiência.

Abordagens Não-paramétricas		Abordagens Paramétricas	
Números-Índices	Análise Envoltória de Dados (AED)	Função de Produção	Função de Custo
Definições			
- Comparam-se as relações (de quantidades e/ou custos) entre insumos ou produtos entre duas unidades ou dois períodos de tempo.	- É um processo de fronteira, onde se constrói, empiricamente, uma função linear, por partes, que se apóia sobre as observações que ficam no topo, através de insumos e produtos observados.	- Define-se uma relação técnica existente entre insumos e produto em um processo de produção, durante um período de tempo.	- Tenta-se definir uma relação funcional entre produtos e insumos através de seus respectivos preços.
Principais Características			
- Pode-se trabalhar somente com quantidades, não necessitando preços de mercados.	- Não requer preços de mercado de insumos e produtos.	- As funções de produção baseiam-se nas quantidades de insumos e produto, determinadas dentro da empresa.	- As funções de custo, baseiam-se em níveis de produto e preços unitários de insumos determinados pelo mercado.
Abordagens Não-paramétricas		Abordagens Paramétricas	
Números-Índices	Análise Envoltória de Dados (AED)	Função de Produção	Função de Custo
- Não é possível testar se o índice de produtividade para uma observação específica é estatisticamente significativo.	- Não é possível testar se o índice de eficiência para uma observação específica é estatisticamente significativo.	- Possibilidade de exame estatístico do grau de significância das variáveis incluídas no modelo.	

Continuação do Quadro 1.

Abordagens Não-paramétricas		Abordagens Paramétricas	
Números-Índices	Análise Envoltória de Dados (AED)	Função de Produção	Função de Custo
Principais Características			
- Se prestam a visualização gráfica, podendo, rapidamente, exibir o perfil evolutivo da produtividade.	- Permite que cada unidade seleccione o conjunto de pesos (ou preços) sobre seus insumos e produtos, de forma a maximizar a eficiência da unidade observada. - Pode incluir, no modelo, variáveis que não são nem recurso nem produto, mas são atributos do ambiente ou do processo de produção.	- Nem sempre padrões semelhantes de variação entre duas variáveis são indicativos da existência de uma relação de causa e efeito entre as mesmas, podendo essa variação ocorrer devido ao acaso ou à influência oculta de uma terceira variável não determinada.	
- Não são sensíveis a outliers, pois trabalham comparando apenas duas observações.	- Sensível a outliers no conjunto de dados.	- Não são tão sensíveis a outliers como a técnica AED, pois trabalham com a relação média.	

Continuação do Quadro 1.

Abordagens Não-paramétricas		Abordagens Paramétricas	
Números-Índices	Análise Envoltória de Dados (AED)	Função de Produção	Função de Custo
Principais Características			
- os vários números-índices existentes só levam a resultados idênticos quando analisando um único insumo e um único produto na empresa.	- Permite utilizar múltiplos produtos e múltiplos insumos.	- A abordagem de fronteira estocástica é somente bem desenvolvida para tecnologias com um único produto, a menos que se assuma o objetivo de minimização de custo.	- Os parâmetros da função de custo estimada poderão ser enviesados, quando a empresa não está operando sobre a curva de custo eficiente (custo mínimo), pois, dessa forma, não refletirão a tecnologia básica da empresa. Neste caso, o melhor é estimar uma função com custos variáveis.
		- O Lemma de Shepard só pode ser aplicado quando as unidades observadas minimizam seus custos. Caso contrário, a função de produção não será o dual da função de custo e vice-versa.	
- Assume que todas as empresas são eficientes.	- Não assume que todas as empresas são eficientes.	- Não assume que todas as empresas são eficientes.	
- São simples, fáceis de interpretar e populares entre os operadores de transporte e legisladores.	- Não são feitas suposições sobre a forma da função de produção.	- A tecnologia de produção precisa ser especificada por uma forma funcional, para a qual recomendam-se as formas funcionais flexíveis.	

Continuação do Quadro 1

Abordagens Não-paramétricas		Abordagens Paramétricas	
Números-Índices	Análise Envoltória de Dados (AED)	Função de Produção	Função de Custo
Principais Características			
- Utilizam dados de, somente, dois pontos (dois períodos ou duas empresas).	- Quando se têm poucas observações e muitos insumos e/ou produtos, muitas das unidades aparecerão sobre a fronteira AED.	- Necessita um grande número de empresas observadas em cada período para que possa estimar a tecnologia de fronteira para cada ano.	
- Não se pode distinguir se ganhos de eficiência resultaram da exploração de economias de escala ou devido a mudanças no conhecimento ou habilidade técnica para produção.	- A AED pode identificar as fontes de ineficiências, enfatizando quais recursos estão sendo usados em excesso nas unidades ineficientes. Contudo, assume que todos os desvios da fronteira são devido à ineficiência. Isso pode influenciar a localização da fronteira.	- O impacto de choques randômicos sobre o produto, pode, a princípio, ser separado da contribuição da variação em eficiência técnica (abordagem estocástica).	
	- Como não se especifica uma forma funcional, é menos propensa a erros.	- Permite confundir efeitos de má especificação da forma funcional com ineficiência.	
	- Como requer apenas uma observação, é mais sensível a erros nas medidas, que podem influenciar a forma e a posição da fronteira.	- Podem ser sensíveis às suposições de distribuições para as ineficiências.	

Continuação do Quadro 1.

Abordagens Não-paramétricas		Abordagens Paramétricas	
Números-Índices	Análise Envoltória de Dados (AED)	Função de Produção	Função de Custo
Principais Características			
- As comparações de indicadores entre duas empresas ou dois períodos de tempo podem, somente, mostrar mudanças relativas a um benchmark definido. Contudo, este benchmark pode se alterar se a produção de serviços de transporte é considerada sob economias de escala, escopo ou de rede não constantes.	- A eficiência é calculada comparando a relação produto/insumo de cada UTD com a máxima encontrada. Para cada unidade ineficiente, a solução identifica as unidades eficientes que servirão de referência.	- A Eficiência Técnica mede a relação do produto observado pelo máximo produto possível.	- A eficiência de Custo é a relação do mínimo custo possível pelas despesas observadas.
	- Oferecem estimativas mais precisas de eficiência relativa, valores de insumo e produto marginais e níveis alvos.	- Oferecem estimativas satisfatórias, e a precisão de suas estimativas, normalmente, é mais estável.	

7 PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA NO TRANSPORTE URBANO

Neste capítulo, são apresentados alguns fatores que influenciam a produtividade e eficiência do transporte urbano. Após, examinam-se as diferentes visões sobre qualidade no transporte urbano, na perspectiva do órgão gestor, dos operadores e dos usuários. Por último, são discutidos alguns indicadores para medir eficiência.

7.1 Principais Fatores Responsáveis pelo Declínio da Produtividade e Eficiência no Setor Transporte

Kerstens (1996) distingue cinco categorias como determinantes de eficiência técnica. A primeira diz respeito às condições competitivas, que encorajam a eficiência técnica. A segunda relaciona uma série de fatores organizacionais, que podem afetar a eficiência produtiva das atividades. Esses fatores incluem o tamanho e a diversificação de organizações, sua organização de trabalho, a forma de propriedade, entre outros. A terceira categoria engloba a heterogeneidade das organizações que estão sendo avaliadas, que pode determinar diferenças estruturais nos padrões de eficiência técnica. Isto inclui diferenciação nos processos de produção, nas estruturas de mercado, etc. Na quarta categoria estão os fatores dinâmicos, como efeitos de aquisição de capital, crescimento de mercado e inovações. A quinta categoria diz respeito à regulamentação imposta pelo governo, que pode direcionar as escolhas dos produtores, resultando em impacto adverso sobre a eficiência técnica observada.

Alguns fatores responsáveis pelo declínio da eficiência no setor transporte serão descritos a seguir.

7.1.1 Subsídios

Segundo Anderson (1983), os subsídios ao transporte podem ser categorizados pelo tipo (operacional e de capital) ou pelas fontes de financiamento (local, estadual ou nacional). Assim, diferentes tipos de subsídio provenientes de distintas fontes, podem ter efeitos diversos sobre a produtividade de sistemas de transporte. Além disso, a relação subsídio-produtividade é dependente de outros fatores, como a natureza do regime regulatório e a forma de propriedade, o que amplia o leque de combinações.

Segundo Small (1992) e Berechman (1993), vários estudos³² indicam que todo o tipo de subsídio aumenta os custos unitários, diminui a receita-passageiro e o produto por emprego, elevando, também, os salários.

Small (1992) ainda comenta que Pickrell (1983) (*apud* Small, 1992) aponta como a principal causa para o aumento dos custos, aqueles referentes ao trabalho, pois salários mais altos e produtividade mais baixa tendem a absorver grandes parcelas dos subsídios. Frankena (1981) (*apud* Small, 1992) mostra que as conseqüências dos vários programas de subsídios dependem dos objetivos do operador de transporte. Embora em muitos casos, os subsídios induzam o operador a tarifas mais baixas e a melhoria nos serviços, existem situações onde os resultados são contra-intuitivos e a tarifa é aumentada.

A maioria dos programas de subsídios possui normas que distorcem as decisões dos operadores de transporte, sob o ponto de vista econômico. Como exemplo, pode se citar os programas que subsidiam o capital, mas não os custos de operação. Os operadores sujeitos a tais programas tendem a usar uma relação mais alta de capital em detrimento de outros insumos, que minimizariam os custos. Por exemplo, Armour (1980) (*apud* Small, 1992) calcula que 80% dos subsídios de capital federal reduzem a idade de retirada do ônibus (de acima de 20 anos para menos de 10 anos) de circulação³³, o que

³² Alguns dos estudos citados por Berechman (1993) são: Anderson (1983); Pucher & Anders (1983); Pucher (1984).

³³ Os ônibus são retirados de circulação antes de atingirem a sua vida útil.

minimizaria os custos locais em Seattle, caso os mesmos fossem utilizado durante toda a sua vida útil.

Como já mencionado no Capítulo 2, a estratégia adotada para a renovação de veículos, utiliza-se da forma como é realizado o cálculo tarifário. Essa planilha de cálculo tarifário faz com que veículos novos elevem as tarifas, aumentando a rentabilidade do setor, que, por sua vez, se capitaliza e vê facilitada mais ainda a renovação da frota. Com isso, os veículos são substituídos antes de completarem sua vida útil. Como o Poder Público, através da Lei 8987/95, possui o compromisso de manter o equilíbrio econômico-financeiro do setor, tendo, inclusive, que subsidiá-lo, quando necessário, é importante que o mesmo possua mecanismos para medir a eficiência com que as empresas vêm operando os serviços concedidos, como forma de conter aumentos em tarifas e subsídios.

Small (1992) destaca que outra forma de viés aplicada aos recursos de capital, ocorre na escolha entre os tipos de transporte. É amplamente aceito (pelo menos nos Estados Unidos), que os subsídios de capital têm encorajado as autoridades locais a construir sistemas ferroviários intensivos em capital, em locais onde o volume de passageiros, no corredor, não justifica tal investimento. O interesse nesses sistemas ainda persiste, mesmo para pequenas áreas metropolitanas, onde, apesar da evidência de custos extremamente elevados, comparativamente aos ônibus, o governo superestima a demanda e subestima os custos.

Segundo Berechman (1993), dois estudos examinados não revelam relações significativas entre subsídio e produtividade (Cervero, 1984 e Benjamin & Obeng, 1990). Estes, aparentemente constituem exceções em relação ao consenso geral sobre os efeitos (prejudiciais) dos subsídios sobre a produtividade no transporte. O autor conclui que subsídio em transporte estimula o aumento de seu custo, tanto operacional como de capital.

Apesar desta constatação, o transporte público coletivo urbano de passageiros é subsidiado em praticamente todo o mundo. Na maioria dos países, há subsídio direto aos sistemas de transporte, mediante transferência de recursos governamentais. Estes são utilizados para cobrir o déficit

operacional e financiar a realização de investimentos, como no caso dos Estados Unidos e da Inglaterra. Já na França, o setor empresarial contribui para o custeio dos sistemas. As empresas, supostamente beneficiárias das facilidades de transporte colocadas à disposição da classe operária, estão interessadas na redução dos índices de absenteísmo no trabalho (seus funcionários teriam dificuldades para pagar a tarifa) e, conseqüentemente, na amenização da rotatividade da mão-de-obra. Mesmo neste caso em que não estão envolvidos recursos públicos, o governo centraliza a arrecadação e controla a aplicação do subsídio. No Brasil, o problema do absenteísmo é amenizado pela utilização do vale transporte. As vantagens do vale transporte, quando comparado a outras experiências de subsídio conhecidas, são (Hauschild & Alcântara, 1998):

- O vale transporte envolve não usuários dos sistemas (isto é, empresas interessadas na redução de absenteísmo de seus funcionários), no financiamento de transporte.
- Tratando-se de subsídio direto ao usuário, o vale transporte garante a efetiva e imediata apropriação do benefício pela empresa operadora, pois opera com uma estrutura descentralizada, que dispensa a participação do poder público no controle dos recursos envolvidos.

O vale transporte constitui exemplo de política social bem sucedida, pois (Hauschild & Alcântara, 1998):

- a) A elevação nos custos operacionais das empresas públicas e privadas de transporte urbano leva a reajustes tarifários, que se tornam incompatíveis com a renda de seus usuários. A tentativa de conter esses reajustes, pelos poderes concedentes, provoca a deteriorização dos serviços prestados à população.

- b) O vale transporte é utilizado por mais da metade dos passageiros, nas principais áreas urbanas do país.
- c) A evasão de passageiros provoca quedas de receita operacional nos sistemas de transporte. O vale transporte garante uma demanda para o sistema, minorando esse problema.

Nesse contexto, o vale transporte trouxe de volta aos sistemas a parcela da demanda excluída pelas altas tarifas. Devolveu aos poderes concedentes a liberdade administrativa e a tranqüilidade necessária para autorizar reajustes tarifários sempre que reconhecidos como indispensáveis à preservação do nível de serviço e do equilíbrio econômico-financeiro dos sistemas. Ele também reduz a ameaça de manifestações coletivas, por parte dos usuários, as quais, não raro, terminavam em prejuízos para o sistema de transporte e para toda a sociedade (Hauschild & Alcântara, 1998). Carvalho (1998), também concorda que a política do vale transporte garante maior tranqüilidade à operação rotineira dos serviços de transportes públicos, diminuindo pressões políticas e sociais sobre as tarifas e reduzindo os principais focos de tensões, entre usuários e operadores.

Com o vale, os sistemas de transporte passaram a dispor de uma garantia de receita operacional. Esta receita chega a representar 50% do total da arrecadação tarifária das empresas operadoras, que, além disso, a recebem antecipadamente à prestação do serviço. Essa defasagem - tempo transcorrido entre o instante da venda dos vales e o da efetiva prestação do serviço ao portador - configura disponibilidade financeira estratégica para a manutenção do equilíbrio financeiro dos sistemas (Hauschild e Alcântara, 1998).

O vale transporte, além de ser importante mecanismo para a participação dos beneficiários indiretos do transporte público, no financiamento dos custos operacionais do setor, garante um patamar mínimo de demanda para a indústria de ônibus (Siqueira, 1998).

Pode-se, ainda, destacar que o vale-transporte traz ganhos para os empresários que, ao fornecerem esse benefício aos seus empregados, os remuneraram com salários baixos, não compatíveis com suas necessidades.

7.1.2 Forma de Propriedade

Perry et al. (1988) (*apud* Small, 1992), revisou inúmeros estudos comparando eficiência entre operadoras públicas e privadas. Concluíram que os operadores privados são mais eficientes, embora existam contra-exemplos. A conclusão de Perry et al. (*apud* Small, 1992) é que a eficiência de custo está mais restritamente relacionada aos sistemas de incentivos à gerência do que à forma de propriedade. Outros estudos comparativos que apontam vantagens substanciais de custo, para operadores privados, foram: Morlok & Viton (1985) (*apud* Small, 1992) nos Estados Unidos e Hensher (1988) (*apud* Small, 1992) na Austrália. Walters (1987) (*apud* Small, 1992) identificou vantagem em termos de lucratividade, para operadores privados relativamente aos públicos, em países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Segundo Small (1992), uma empresa de propriedade pública geralmente obtém vantagens ao estabelecimento de taxas e, em boa parte dos casos, também pode cobrir parte de suas despesas através de outros orçamentos, produzindo, assim, uma aparência falsa de custos mais baixos.

As comparações de lucratividade realizadas por Walter (1987) (*apud* Small, 1992) consideram o risco dos operadores privados encontrarem formas de servir apenas aqueles mercados mais rentáveis. Por outro lado, as autoridades públicas podem proibir os operadores privados de atuarem sobre as rotas mais rentáveis. De forma mais geral, a lucratividade baixa, por parte dos operadores públicos, pode surgir seja do custo alto ou da oferta de um tipo de serviço menos utilizado; o último pode ou não ser de interesse público. Considerando essas advertências, o autor sugere que as evidências

comparativas entre os operadores públicos e privados, colocando os operadores privados como mais eficientes, não são conclusivas³⁴.

7.1.3 Regulamentação

Segundo Santos & Orrico Filho (1996), foram os teóricos da Economia do Bem-Estar que delinearam a teoria da Regulamentação. Assim, o Estado teria o papel de promover o desenvolvimento econômico e regular os desequilíbrios do mercado. Os objetivos de sua presença na economia seriam o fomento e a estabilização do crescimento, a redistribuição de renda e a garantia da maximização da utilidade coletiva. Os autores ainda acrescentam que o uso público de prescrições e controles regulatórios sobre um mercado específico é normalmente justificado em função da presença de falhas potenciais no mercado. Entre elas, destacam (Santos & Orrico Filho, 1996):

- tendência à formação de monopólios e oligopólios;
- retornos crescentes de escala, conduzindo monopólio natural³⁵;
- concorrência predatória;
- existência de externalidades;
- falta de coordenação e complementaridade;
- risco e incerteza;
- insuficiência de informação;
- instabilidade dinâmica do mercado;
- escassez de bens essenciais ou de condições de produção.

³⁴ Dado a necessidade de, em alguns casos, as empresas públicas virem a assumir serviços em linhas deficitárias que são de interesse público, Walter sugere que a afirmação de que as empresas públicas não são eficientes, não pode ser conclusiva.

³⁵ Segundo Orrico Filho et al. (1996), a existência de retornos crescentes à escala levará a monopólio natural porque uma única operadora produzirá sempre a menor custo que duas ou mais operadoras envolvidas no mesmo serviço.

Santos & Orrico Filho (1996) concluem que as motivações para a intervenção pública na economia foram reunidas na teoria do interesse público. Sua suposição básica é que os mercados são falhos e, portanto, inaptos à promoção da eficiência econômica e da equidade social. A atuação governamental, em defesa dos interesses da sociedade, seria necessária à promoção do bem-estar comum.

É atribuição do poder público garantir que o serviço de transporte cumpra com os requisitos de permanência, regularidade, generalidade, eficiência, cortesia e modicidade das tarifas. Para tal, os regulamentos de transporte no Brasil, administram os seguintes aspectos: permissão para a empresa operar a linha licitada por tempo definido, com determinado nível de serviço; exigência de que a empresa possua uma frota inicial com determinada idade média; definição das características do veículo, itinerário, frequência de viagem e horários e terminais utilizáveis; definição dos pontos de parada a serem atendidos; exigências mínimas em termos de guarda e manutenção de veículos, equipamentos e capital; verificação da estrutura organizacional das empresas e definição do valor da tarifa. Assim, as empresas operadoras têm os seus fatores de produção definidos e controlados pelo órgão gestor, o que limita seu espaço de gerência empresarial à utilização eficiente dos insumos (Cançado, 1998). Com isso, as mesmas possuem pouca flexibilidade para se adaptarem às alterações que ocorrem no mercado como, por exemplo, novos pólos geradores de viagens, queda na demanda, oferecendo um serviço que pode estar sendo subutilizado pela população e, conseqüentemente, aumentando seus custos.

Outro resultado da regulamentação é a incapacidade das empresas de transporte reduzirem os quilômetros de rota percorridos, frente a declínios de demanda. Isto impede que as empresas de transporte ajustem, de maneira apropriada, seu produto e tamanho de frota, contribuindo significativamente para declínios na densidade média de serviço e nos níveis de produtividade. Esta conclusão, contudo, é baseada na suposição de que o fornecimento dos serviços de transporte não está sujeito a economias de escala, pois quando

estas existem, a expansão do produto causa declínio nos custos médios (Berechman, 1993).

Assim, a forma como a regulamentação é colocada aos órgãos gestores pode gerar ineficiência, desestimulando novos investimentos e prejudicando os direitos de escolha dos cidadãos (Bell et al., 1983, *apud* Siqueira, 1998).

Segundo Santos & Orrico Filho (1996), com base na suposição de monopólio natural, a regulamentação pública dos mercados de transportes urbanos é inevitável. Toda tentativa de competição que se dá no mercado³⁶ e não para entrada no mesmo, seria predatória, não redundando nem em melhor alocação de recursos nem em menores custos. Assim, a regulamentação exerce papel fundamental na estruturação do transporte urbano, pois garante as condições básicas de funcionamento do sistema.

No Brasil, as concessões e permissões permanecem como forma dominante de relacionamento entre o poder público e as empresas operadoras do mercado. As empresas privadas funcionam nesse mercado, fechado a novas empresas, com concorrência limitada. O poder de tutela, que até pouco tempo estava fortemente centralizado na esfera federal, está sendo transferido para a área municipal, com mais intensidade após a Constituição de 1988 (Siqueira, 1998).

Como um dos intuitos da regulamentação é oferecer um serviço que atenda às necessidades da população, de maneira que as operadoras também tenham seu retorno financeiro, é de extrema importância que se analise a forma dessa regulamentação.

7.1.4 Formas de Remuneração

Segundo Orrico Filho et al. (1996) as cidades brasileiras adotam duas formas básicas de remuneração:

³⁶ Através da competição para entrada no mercado pode-se reduzir custos, já que somente aquelas que realizarem o serviço no menor custo, terão o direito de explorá-lo.

- a) *Modelo Tarifa*: A empresa se ressarce de custos por meio do somatório das receitas tarifárias arrecadas pelos seus veículos. É o modelo mais antigo e ainda em uso, sobretudo nas pequenas e médias cidades.
- b) *Modelo Receita Pública*: o valor do ressarcimento da empresa não guarda relação direta com a receita arrecadada na operação dos serviços. O valor do pagamento é o resultado de um contrato entre o Poder Público e as empresas operadoras, que se obrigam a realizar um serviço, qualitativa e quantitativamente especificado, em troca de uma remuneração definida em termos de uma unidade de produção (que pode ser o custo do quilômetro rodado) previamente estabelecida. É o modelo utilizado na maioria das grandes cidades e aglomerações brasileiras, a exemplo de São Paulo e Curitiba, entre outras. Neste modelo, a receita arrecadada constitui receita pública e a remuneração dos operadores é estabelecida com base nos custos de produção, determinados por uma equação específica da planilha tarifária.

Os dois modelos de remuneração apresentam algumas variações que são:

- *Câmaras de Compensação Tarifária*: a criação e implementação deste tipo de instrumento tem como objetivo a eliminação dos desequilíbrios econômicos observados na operação de distintas empresas, em razão de tarifa única aplicada aos serviços de transportes de toda a cidade. Nestes casos a Câmara de Compensação Tarifária permite que se delegue a uma empresa a execução de serviços deficitários, pois os déficits podem ser compensados pelos superávites de outras linhas, mesmo que operadas por outras empresas.
- *Fator B*: foi introduzido com o objetivo de estimular as operadoras a ampliar ações para captação de demanda. É um modelo misto, onde o ressarcimento da empresa não está vinculado apenas aos custos.

Desses, uma parte é diretamente ressarcida e o restante deve ser coberto pela receita tarifária que a empresa arrecada.

O modelo de cálculo dos custos, adotado pela planilha tarifária, é baseado no custo médio unitário da produção dos serviços. Esse modelo consiste na cobertura dos custos totais de operação, acrescidos de uma taxa de retorno sobre o capital investido. Esta taxa é considerada como custo de oportunidade, sendo regulamentada pelo Poder Público em 12% ao ano. Esta metodologia utiliza os custos operacionais médios do sistema porque, devido a problemas de assimetria de informações entre as operadoras e o Poder Público, não existem mecanismos que permitam a quantificação dos custos reais de cada operador (visto que tais custos acontecem no ambiente da empresa). Esse modelo apresenta problemas, com conseqüências sobre a eficiência e a qualidade da operação dos serviços. Entre eles estão (Gomide, 2000):

- A dificuldade da avaliação dos verdadeiros custos das empresas, devido ao problema de assimetria de informações entre as operadoras e o órgão gestor.
- Este modelo não incentiva a racionalização de custos nem a eficiência gerencial, pois as empresas não se beneficiam do aumento da produtividade geral do sistema, que significaria reduções de tarifa (visto que a operação passaria a custar menos). Também encoraja as empresas a incorrerem em custos desnecessários pois, pelo modelo, todos os custos devem ser cobertos.
- A remuneração não está vinculada a padrões de qualidade, pois apenas o preço nominal é administrado. Assim, se o Poder Público se recusar a conceder um aumento na tarifa, por conseqüência da melhoria da qualidade do serviço, as empresas poderão reduzir a qualidade do mesmo (reduzindo o número de veículos em circulação, diminuindo o

padrão de manutenção e conservação da frota, etc), como forma de aumentar a sua margem de lucro.

- Esse modelo estimula a empresa regulada a superinvestir em capital, comparativamente aos demais insumos. Este estímulo ocorre pelo fato da taxa de retorno (12% ao ano sobre o capital investido em veículos) responder diretamente ao estoque de capital. As empresas irão aumentar investimentos de capital, como forma de obter uma maior margem de lucro, colocando mais e novos veículos em operação, provocando o aumento dos "custos planilhados" e, conseqüentemente, das tarifas.

Segundo Gomide (1993) (*apud* Gomide, 2000), partindo-se do princípio que a metodologia de cálculo tarifário é baseada no custo médio, estimado para um grupo de empresas operadoras, aquela empresa que administrar melhor os seus custos, poderá enfrentar gastos reais menores que os considerados na planilha, obtendo, assim, receitas adicionais. Pela dificuldade de avaliação do custo real das empresas, a metodologia baseada no custo médio acaba por representar o "custo máximo" de todo o sistema, ou seja, corresponderá ao custo praticado pela empresa menos eficiente. Assim, as empresas menos eficientes elevam a rentabilidade das eficientes, ou seja, este modelo sustenta o custo operacional médio do sistema, permitindo que as eficientes acumulem "lucros extraordinários", em função dos diferenciais de produtividade.

Essas características, aliadas à atual estrutura dos regulamentos, acabam por não induzir os operadores à busca da eficiência, limitando a redução de custos operacionais, a qualidade dos serviços e ganhos de produtividade, que possam ser repassados aos usuários dos serviços (Gomide, 2000).

7.2 As Diferentes Visões de Qualidade no Transporte Público

Segundo Bertozzi & Lima Jr. (1998), a produção do serviço de transportes públicos é realizada, basicamente, por três agentes: o usuário, o operador e o órgão gestor. Cada agente visualiza a qualidade segundo suas necessidades e objetivos, da seguinte maneira:

O *usuário*: interage com o serviço de transporte através de elementos tangíveis: instalações (terminais e bilheterias), equipamentos (veículos, bloqueios), pessoal de operação (motorista, cobrador, fiscal) e demais usuários do sistema. Estes elementos podem ser avaliados pelos diversos usuários, empresas operadoras, órgão gestor e sociedade em geral, sob um mesmo ou vários pontos de vista. Ainda, o usuário interage através de elementos intangíveis, baseados em suas experiências de integração com os serviços, que são julgados através das expectativas intrínsecas de cada usuário (Faria, 1991 *apud* Bertozzi & Lima Jr., 1998).

Segundo Parasuraman et al. (1988) e Lima Jr. (1995) (*apud* Bertozzi & Lima Jr., 1998), os principais critérios de avaliação da qualidade, para o transporte público, na visão do usuário, são: confiabilidade (intervalo entre veículos, tempo de viagem, cumprimento do itinerário), responsabilidade (substituição do veículo em caso de quebra, atendimento ao usuário), empatia (disposição do motorista e cobrador em dar informações, atenção com pessoas idosas e deficientes físicos), segurança (condução do motorista, assaltos), tangibilidade (lotação, limpeza, conservação), ambiente (trânsito, condições climáticas), conforto (bancos, iluminação, ventilação), acessibilidade (localização dos pontos de parada), preço (tarifa), comunicação (informação sobre o sistema, relação entre os usuários), imagem (identificação da linha/serviço), momentos de interação (contato com o motorista/cobrador).

As Empresas Operadoras: diante da perspectiva de desregulamentação do mercado, privatização e concessão dos serviços de transporte, a qualidade passou a ser um dos mecanismos de controle e remuneração do serviço prestado pelas empresas operadoras. Assim, as empresas têm buscado a sua

capacitação, expandindo a eficiência de seus processos internos, agregando variáveis de qualidade internas e externas e, principalmente, interagindo com o usuário do sistema de transporte público. A noção de qualidade das empresas operadoras está baseada nos recursos que estas podem dispor, para a redução de seus custos operacionais.

Segundo Waisman (1985) e Lima (1996), a qualidade para o transporte público, sob o ponto de vista do operador, pode ser avaliada através da velocidade; frequência; regularidade; número de linhas; horas de operação; existência de linha direta (0800); idade da frota; lotação dos veículos; treinamento com motoristas; programas internos de qualidade; redução de custos operacionais, administrativos e de manutenção.

Órgão Gestor: a regulamentação do serviço de transporte público é realizada pelo poder público, representado pelos órgãos de gerência locais. Estes órgãos avaliam o desempenho das empresas, examinando, como as mesmas vêm respondendo às expectativas do órgão gestor, na oferta de um transporte que atenda às necessidades dos usuários, através de medidas como eficiência, eficácia, produtividade e qualidade (Bertozzi & Lima Jr., 1998).

No Brasil, a avaliação da qualidade, sob o ponto de vista dos órgãos gestores, se dá através de variáveis tangíveis e em modelos de níveis de serviço, que consideram (Faria, 1991 *apud* Bertozzi & Lima Jr., 1998): tempo de acesso ao serviço, tempo de viagem, ausência de transferência, frequência do serviço, densidade de passageiros, velocidade, confiabilidade, conforto, conveniência, segurança, eficiência, poluição, demanda, produtividade, acessibilidade física, disponibilidade de assentos, lotação, limpeza, manutenção dos veículos, condições viárias, condução do motorista, acidentes e assaltos.

Segundo Bertozzi & Lima Jr (1998), a integração entre as visões de qualidade dos usuários, operadores e gestores, permite ao sistema de transporte público nova condição de operação, ampliando a sua qualidade e eficiência.

Deve-se destacar que o principal objetivo de uma empresa operadora de transporte por ônibus é transportar o maior número possível de passageiros, com o menor dispêndio possível em recursos, como forma de aumentar a sua receita. Contudo, as empresas precisam atender as imposições dos órgãos gestores, bem como dos usuários do sistema. Isso se dá a partir do momento que as empresas são reguladas pelos seus órgãos gestores, se obrigando a atender padrões mínimos de oferta do serviço, no que diz respeito a linhas, horários, frequência, manutenção dos veículos, confiabilidade, segurança, poluição, acidentes, etc. Para transportar um maior número de passageiros, as empresas precisam oferecer um serviço que atenda às necessidades dos usuários, em termos de confiabilidade, segurança, acessibilidade, tarifa, etc. Assim, medidas da eficiência com que as empresas operadoras vêm conduzindo a oferta de seu serviço, através de número de linhas ofertadas, tamanho da frota, número de passageiros transportados, elucidam, ainda que indiretamente, como essas empresas vêm atendendo as necessidades dos usuários e os interesses dos órgãos gestores.

7.3 Avaliação da Performance em Empresas de Transporte Público

A avaliação de performance requer o estabelecimento de objetivos claros por parte das empresas de transporte e a especificação de indicadores apropriados para tais objetivos (Fielding et al., 1978).

Um objetivo de eficiência interna de uma empresa de transporte é a minimização de custos no fornecimento de serviços. Os níveis de recursos empregados por uma empresa de transporte provavelmente serão afetados pelos níveis de suas opções de operação como: frequência (headway), confiabilidade (chegada na parada no horário), acessibilidade (conveniência espacial do serviço - número de rotas e paradas), velocidade do serviço; características da qualidade de serviço (ex.: tempos em trânsito e de espera,

como percebido pelos passageiros) e número de passageiros a serem transportados³⁷ (Talley, 1988).

A eficiência de custo para uma empresa refere-se à minimização de custo no fornecimento de um dado nível de serviço. Na função de custo da empresa de transporte público, pode-se representar o produto (variável dependente) por veículo-milhas, passageiro-milhas, por ambos indicadores (veículo-milhas e passageiro-milhas), ou, ainda, pelo tempo de headway e número de rotas de ônibus igualmente espaçadas (Talley, 1988).

Mohring (1972) e Jansson (1984), consideraram a eficiência de custo da perspectiva da empresa de transporte e da sociedade. Os autores assumiram que a empresa de transporte, ao fornecer um serviço, busca minimizar a soma dos custos deste serviço e os custos relacionados aos tempos incorridos pelos passageiros. Mohring (1972), expressou os custos sociais totais por hora de fornecimento de serviços de ônibus, sobre um dado segmento de milha, de uma rota de ônibus, como a soma de custos de operação de ônibus e os custos relacionados ao tempo (tempos de caminhada, espera e em trânsito) gasto pelos passageiros de ônibus. Também foram considerados os impactos de opções de operação da empresa de transporte como headway de ônibus, velocidade e número de paradas de ônibus por milha sobre os custos de tempo do passageiro.

Para indicadores de performance, Tomazinis (1975) (*apud* Berechman, 1993), propôs examinar eficiência de transporte sob o ponto de vista de dois grupos principais: os ofertadores, incluindo os operadores e o governo, e a sociedade como um todo, incluindo os usuários e não-usuários do transporte coletivo. Para cada um desses dois grupos, propôs tipos alternativos de medidas de eficiência. Para refletir a visão dos ofertadores, Tomazinis (1975) (*apud* Berechman, 1993) sugeriu medidas de eficiência como custos unitários (ex.: despesas de operação totais por veículo-milhas operado), insumos (ex.: trabalho total por veículo-milhas operado), distribuição relativa de custos (ex. custos diretos de demanda de transporte por dólar de despesas de operação

³⁷ Esta última variável não está sob o controle da empresa de transporte, embora possa ser influenciada por políticas gerenciais que afetam a qualidade dos serviços.

totais), e medidas de eficácia como o serviço direto (ex. passageiros transportados por veículo) e a coleta de receita (ex. receita de operação por veículo-milha).

As medidas de eficiência e eficácia que refletem o ponto de vista da sociedade como um todo, podem ser divididas em vários tipos. Incluem custo de viagem (ex. custo total de viagem por unidade de distância viajada), qualidade do serviço (ex. frequência de viagem), confiabilidade do serviço (ex.: número de chegadas na hora por número total de movimentos), e segurança do serviço (ex. número de acidentes fatais por veículo-milha), entre outros.

Segundo Berechman & Giuliano (1984), a maioria dos estudos prévios examinados tem utilizado medidas relacionadas a serviço e capacidade tais como ônibus-milhas ou ônibus-horas (ex.: Viton, 1981; Williams & Dalal, 1981 *apud* Berechman & Guiliano, 1984). Em geral, tais medidas são altamente correlacionadas com os principais fatores de custo de insumos, tais como trabalho e combustível. Poucos estudos prévios têm utilizado medidas relacionadas à demanda tais como passageiro-viagens ou passageiro-receita (Williams & Hall, 1981; Berechman, 1983 e Bly & Oldfield, 1986; *apud* Berechman & Giuliano, 1984). Essas medidas, além de refletirem diferenças em condições de produção local, também estão diretamente relacionadas a transações de mercado. Dessa forma, os resultados da análise de custo correspondem, também, a interpretações econômicas. As medidas relacionadas à demanda não variam sistematicamente com os itens de insumo como trabalho e combustível.

De acordo com Dajani & Gilbert (1978) (*apud* Talley, 1988), os objetivos governamentais para empresas de transporte público podem ser agrupados em três categorias:

- Objetivos de bem estar social: ex.: redistribuição de renda e eficiência econômica.
- Objetivos de desenvolvimento econômico: ex.: oportunidades de emprego e bases tarifárias.

- Objetivos de qualidade ambiental: ex.: conservação de energia e alívio de congestionamento.

Talley (1988), argumenta que a empresa de transporte público, na tentativa de maximizar o número de passageiros ou passageiro-milhas (sujeita a uma restrição de déficit total), provavelmente também promoverá os objetivos governamentais de qualidade ambiental e desenvolvimento econômico; mas nem sempre promoverá o bem estar social. O principal problema com a abordagem de objetivos sociais é que não se pode garantir que estes sejam claramente definidos e acordados entre todas as partes envolvidas. Enquanto os órgãos gestores irão se preocupar com o uso eficiente de seus subsídios, os operadores de transporte estão mais preocupados em avaliar o quão eficaz é sua oferta de serviços de transporte em termos de demanda ou disponibilidade espacial de serviços.

Alguns indicadores de performance são significativamente influenciados por fatores políticos e geográficos que estão fora do controle dos gerentes de transporte. Assim, uma comparação direta entre dois sistemas específicos está sujeita a idiosincrasias associadas a ambos sistemas, o que geralmente a torna inapropriada. A exceção se verifica quando os sistemas permitem cuidadosa equiparação que mantenha alguns de seus fatores exógenos constantes. Portanto, para a comparação da performance entre empresas de transporte, deve-se levar em consideração os efeitos da geografia e demografia, o efeito da estrutura organizacional e o efeito de condições econômicas e de trabalho (Fielding et al., 1978).

Um problema encontrado em estudos de custos é a escolha do produto de transporte. Uma medida de produto amplamente usada em estudos de custo é veículo-milhas. Um estudo que utilizou esta medida foi o de Pozdena & Merewitz (1978). Este mesmo produto também foi usado para analisar os custos de operações de ônibus na Inglaterra e Austrália por Button & O'Donnell (1985a) e Hensher (1987) (*apud* Benjamin & Obeng, 1990). Além de veículo-milhas, também foram utilizados os produtos viagens-passageiro por Berechman & Guiliano (1982) e Obeng (1983) (*apud* Benjamin & Obeng, 1990),

e receita-passageiro por Berechman (1983) e Button & O'Donnell (1985b) (*apud* Benjamin & Obeng, 1990). Mas, a medida mais usada para o produto "passageiro" tem sido passageiro-milhas (ex.: Talley, 1983 *apud* Benjamin & Obeng, 1990).

Berechman (1983) utilizou, para a estimação de uma função de custo do transporte de ônibus urbano em Israel, os insumos trabalho e capital. O insumo trabalho foi medido por homens-dias trabalhados, e o insumo capital, pelo número de ônibus em operação. As razões para selecionar o insumo capital foram que a aquisição de ônibus constitui o principal desembolso de capital para as companhias de ônibus e que mudanças na oferta de serviços são, à longo prazo, afetadas por mudanças no tamanho da frota de ônibus.

Para funções de custo à curto prazo com um único produto, Viton (1981) e De Borger (1984) estimaram uma função de custo mantendo o insumo capital fixo e utilizando, como produto, veículo-milhas; Obeng (1984) (*apud* Benjamin & Obeng, 1990) utilizou, como produto, passageiro-milhas.

Para funções de custo de longo prazo, Hensher (1987) (*apud* Benjamin & Obeng, 1990) utilizou como medida de produto passageiros-ano, Berechman & Giuliano (1984) utilizaram como produto passageiro-viagens; Button & O'Donnell (1985b) (*apud* Benjamin & Obeng, 1990) usaram passageiro-receita como medida de produto; De Rus (1989) (*apud* Benjamin & Obeng, 1990) utilizou como medida de produto veículo-quilômetros e passageiro-viagens.

7.3.1 Alguns Indicadores de Eficiência em Transporte

Segundo Fielding et al. (1978), os indicadores de eficiência avaliam o processo pelo qual os serviços de transporte são produzidos, particularmente através da relação de insumos e produtos. Alguns indicadores de performance que podem ser utilizados em transporte para medir eficiência (Fielding et al., 1978 e Fensterseifer, 1986) são:

Medidas de Produtividade de Trabalho:

- Receita-Veículo-Milhas por Emprego
- Veículos-Milhas Totais por Emprego
- Receita-Veículo-Horas por Emprego

Medidas de Utilização do Veículo:

- Receita-Veículo-Milhas por Veículo
- Veículo-Milhas Totais por Veículo
- Receita-Veículo-Horas por Veículo

Medidas de Despesa por Unidade de Produto produzido:

- Despesas de Operação por Assento-Milhas
- Despesas de Operação por Receita-Veículo-Milhas
- Despesas de Operação por Veículo-Milhas-Totais
- Despesas de Operação por Receita-Veículo-Horas

Medidas de Eficiência de Energia:

- Consumo de Energia por Receita-Veículo-Milhas
- Consumo de Energia por Veículo-Milhas Totais
- Consumo de Energia por Receita-Veículo-Horas

Os autores incluem a variável *Número de Passageiros* em medidas de eficácia. Nesse estudo, que considera múltiplos produtos e insumos, a variável *Número de Passageiros* será vista como um indicador de produto, em avaliação de eficiência.

Conhecendo os diversos indicadores propostos pelos autores e o método que melhor se aplica a esse estudo, será possível se medir a eficiência do transporte público por ônibus. Essa medida de eficiência proporcionará que se verifique como as empresas vêm desenvolvendo o seu papel como provedoras de um transporte que está ao alcance do usuário potencial, atendendo às necessidades mínimas definidas pelos órgãos gestores.

No Capítulo 8, será descrita a metodologia utilizada para a avaliação da eficiência em diversos municípios, como forma de destacar aqueles que melhor vêm gerindo o seu transporte público por ônibus. Posteriormente, aqueles municípios são utilizados como benchmarking, e suas práticas são recomendadas como referências a serem consideradas pelos demais.

8 METODOLOGIA

Este capítulo descreve a metodologia que será aplicada para analisar o quão eficiente os municípios brasileiros têm se mostrado na gestão de seu transporte público por ônibus.

Antes, porém, apresenta um breve resumo sobre as principais características dos métodos mais utilizados para medir eficiência, descritos nos capítulos anteriores, justificando a opção adotada neste estudo, pela Análise Envoltória de Dados.

8.1 Análise sobre os Métodos descritos para medir Eficiência

Este estudo objetiva contribuir para a gestão do transporte público por ônibus. Para tanto analisa aspectos de eficiência técnica na forma como os diversos municípios vêm conduzindo o seu sistema de transporte urbano por ônibus. Neste processo, trata de identificar padrões de eficiência que sirvam de referência para o conjunto de municípios analisados.

Para desenvolver esta análise, foram estudados os principais métodos utilizados para medir eficiência técnica, considerando suas vantagens e desvantagens, para aplicação a este tema.

A seguir é apresentada breve síntese dos principais argumentos considerados na avaliação daquelas técnicas, justificando a opção pela Análise Envoltória de Dados, aplicada neste estudo.

Os *Números-Índices* são amplamente utilizados entre as empresas de transporte, pois possuem a vantagem de serem simples de calcular e fáceis de interpretar. Contudo, as comparações só podem ser feitas entre dois períodos de tempo para uma mesma unidade (ou empresa) ou entre duas unidades para um único período de tempo. Essas comparações bilaterais (entre unidades ou entre períodos) só mostram as mudanças em relação a um ano base ou unidade média. Essa base pode ser variável em relação a economias de escala, escopo ou de rede, levando a resultados distorcidos. Assim, esse

método não é indicado para este estudo, onde se deseja analisar um número grande de unidades, no mesmo período de tempo, sem definir, previamente, algum parâmetro que sustente comparações. Ao contrário, pretende-se obter, do estudo, indicação de referências que permitam comparação entre unidades no mesmo momento no tempo e, futuramente, entre diferentes períodos de tempo.

Os métodos de *Análise de Regressão* tradicionais ajustam uma reta ou curva que passa pelo meio de uma nuvem de pontos. As regressões, contudo, não representam as fronteiras eficientes, isto é, não reproduzem a fronteira com o máximo produto possível para uma dada relação de insumos. Portanto, não gera modelos reais a serem examinados no plano concreto, sendo, por isto, inadequado neste estudo.

Alguns autores desenvolveram *Funções de Fronteira Estocástica*, que estimam a fronteira de eficiência, comparando o produto (ou custo) observado, produzido pela unidade, com o máximo produto (ou mínimo custo) possível, levando em consideração a relação do mesmo com os insumos. Na fronteira estocástica, pode-se desagregar o erro randômico (erros de medidas, imprevistos, reações da natureza, etc) do erro devido à ineficiência, mas, para isso, são necessárias suposições sobre a forma da distribuição da componente de ineficiência. O erro devido à ineficiência, neste caso, corresponde a diferença entre o valor observado e o valor esperado da variável dependente. Além da forma da distribuição de erros, é necessário se especificar a forma da função de produção ou de custo. A bibliografia recomenda adoção daquelas formas funcionais mais flexíveis, isto é, que impõem poucas restrições sobre a estrutura de produção.

A *Abordagem Paramétrica* não requer a informação de preços para a sua estimação, como no caso dos números-índices. Além disso, nas funções de fronteira estocástica é possível separar erro total em efeitos randômicos e devido à ineficiência técnica.

Um problema apresentado pelos modelos de *Fronteira Estocástica* é a necessidade de seleção de uma distribuição particular para as ineficiências técnicas. Dessa forma, essas ineficiências se tornam sensíveis às suposições

de distribuições. Ainda, as formas funcionais mais flexíveis, como a função translog, apresentam problemas de dualidade, ou seja, a estimação de uma função de produção ou uma função de custo leva a estimativas diferentes de elasticidades dos fatores. Apesar disso, essa forma ainda é preferível quando comparada com aquelas que não possuem o mesmo problema de dualidade, como a função Cobb-Douglas, pois estas trabalham com elasticidade de substituição unitária, o que restringe sua aplicação em estudos na área de transporte. Ainda assim, a dificuldade de estabelecer os parâmetros das funções, complica sua especificação e, por este motivo, impede sua utilização neste estudo.

Na *Análise Envoltória de Dados* (AED), técnica não paramétrica que define fronteira eficiente utilizando programação linear, as ineficiências correspondem à distância entre a fronteira eficiente e cada unidade observada. Esta técnica não requer a suposição de uma forma funcional para a relação entre insumos e produtos.

Como a AED baseia-se em níveis de insumo e produto individuais (para cada Unidade de Tomada de Decisão), permite identificar que insumos estão sendo utilizados em excesso e que produtos deveriam ser produzidos em maior quantidade para a respectiva unidade se tornar eficiente.

Embora na técnica AED, as unidades ineficientes são comparadas com um conjunto muito pequeno de unidades de referência, e os pontos observados se mostram sujeitos a oscilações nos dados, esta limitação não elimina as vantagens de trabalhar com referências concretas. No caso da técnica de Análise de Regressão, as performances são obtidas com base em parâmetros médios, estimados pelo modelo de regressão e, portanto, são pouco sensíveis a oscilações nos dados, em nível de unidade produtiva. Entretanto, as referências resultam irrealistas porque as condições médias, via de regra, não são observadas na prática.

Algumas características que poderiam ser interpretadas como vantagens das Funções de Fronteira Estocástica em relação à Análise Envoltória de Dados se apóia no fato de que a AED assume que todos os desvios da fronteira são decorrentes de ineficiências, enquanto a abordagem de fronteira

estocástica decompõe os desvios em ineficiência e erros randômicos. Ademais, na técnica AED não é possível testar a significância estatística dos índices de eficiência, enquanto nas técnicas de fronteira estocástica, estes índices podem ser estatisticamente testados. Ainda, como cada unidade requer apenas uma observação, a AED é mais sensível a erros de medidas e os outliers podem influenciar os resultados. Também, a exclusão de variáveis importantes pode levar a resultados viesados e, quando se têm poucas observações e muitas variáveis, um número grande de unidades aparecerá sobre a fronteira.

Por outro lado, essa vantagem importante da AED, relativamente às outras técnicas, está no fato de que ela não requer preços de mercado, para insumos e produtos. Outra vantagem da AED é que permite trabalhar com múltiplos produtos, enquanto as funções estocásticas, exigem suposição de que as unidades comparadas possuem, como objetivo dominante, a minimização de custo.

Assim, para avaliar transporte público por ônibus, quando é necessário trabalhar com múltiplos produtos, não se possui informação sobre os preços dos insumos e produtos e, quando não é possível sustentar a hipótese de minimização de custo, a AED constitui a melhor técnica para medir performance, com vista a contribuir para a gestão desse transporte público.

Com os comentários acima, destacando as principais características de cada técnica, e de acordo com as informações disponíveis para esse estudo, onde se deseja trabalhar com mais de um produto, não se possui informações sobre preços de insumos e produtos, e as empresas normalmente são reguladas pelo governo local, dificultando que minimizem custos, optou-se em aplicar, a técnica de *Análise Envoltória de Dados*.

A técnica AED trabalha, para medição de ineficiência, com a definição de uma relação entre produtos e insumos, composta por variáveis que possuem maior peso para aquelas unidades avaliadas. Essa relação será denominada por score (ou índice) de eficiência, que servirá para a identificação daqueles municípios de performance superior na administração do seu transporte público por ônibus.

8.2 Base de Dados

Este estudo investiga o comportamento do transporte urbano por ônibus em diversos municípios brasileiros, incluindo capitais, cidades de grande, médio e pequeno porte. Devido sua à abrangência, que inclui municípios distribuídos por todas as regiões do Brasil, e à gama de informações necessárias para seu desenvolvimento, enfrenta dificuldades associadas à coleta de informações primárias.

Entretanto, a Associação Nacional dos Transportes Públicos - ANTP, que tem como intuito desenvolver e difundir conhecimentos sobre o transporte público e urbano de passageiros, publica, desde 1993, um Anuário contendo informações sobre os principais sistemas de transporte público do país, oferecendo, de maneira satisfatória, dados necessários à análise aqui proposta. As informações da ANTP são oficiais, sendo fornecidas pelos órgãos gestores e operadores de transporte das capitais e principais municípios do país, o que confere validade e se ajusta aos objetivos deste estudo.

A ANTP depende do envio de informações por parte dos órgãos gestores, o que vezes não ocorre em tempo hábil para que sejam publicadas no Anuário. Ainda, certas informações não são coletadas pelos órgãos gestores dos municípios, pelo que, especialmente nos primeiros anos de sua edição, os Anuários são incompletos, o que limita sua utilização para a comparação entre os municípios. Por este motivo, as bases de dados utilizadas para este estudo, se referem aos Anuários da ANTP dos Transportes Urbanos de 1996, 1997, 1998, 1999 e 2000³⁸.

Para a análise, investigou-se todas aquelas variáveis normalmente utilizadas em indicadores de performance, a exemplo de Quilômetros rodados, Número de Passageiros³⁹, Número de Funcionários (representa um dos principais custos de uma empresa), Número de Veículos (pode representar o

³⁸ As bases de dados dos anos de 1999 e 2000 foram publicadas em um único Anuário, predominando as informações para o ano de 2000.

³⁹ As variáveis: Quilômetros rodados e Número de Passageiros, definem o IPK (Índice Passageiro por Quilômetro), que constitui um dos atributos utilizados na planilha de cálculo tarifário.

capital da empresa), População (identifica usuários potenciais do sistema), Distância Média entre Paradas (pode ser usada para o cálculo da frequência do serviço ofertado, representando, desta forma, uma qualidade do serviço), entre outras. As variáveis que compõem esses Anuários podem ser divididas nas seguintes categorias:

- *Variáveis Sócio-econômicas*: População e Área (km²) do Município.
- *Variáveis referentes a Capital*: Número de Operadoras (Públicas e Privadas), Número de Ônibus (Convencionais, Padron, Micro-Ônibus, Articulados, Bi-articulados, Trólebus, A Gás).
- *Variáveis referentes à Forma de Remuneração*: Tipo de Remuneração (Direta, Câmara de Compensação, Outra)
- *Variáveis referentes à Infra-estrutura*: Número Total de Linhas, Extensão Total das Linhas (km), Tipo de Linhas (Convencionais, Troncais, Alimentadoras, Outras), Tipos de Integração (entre ônibus municipais, ônibus municipal e ônibus metropolitano, ônibus municipal e ferrovia, ônibus municipal e outro modo), Número de Terminais (operando com ônibus municipais, ônibus municipal e ônibus metropolitano, ônibus municipal e outro modo), Número de Terminais com Integração Tarifária, Número e Extensão de Corredores (km) (totalmente segregados, faixa exclusiva), Distância entre Pontos (m).
- *Variáveis referentes à Oferta e Demanda*: Número de Ônibus Programado para o Pico (média dos Dias Úteis), Número de Ônibus em Operação no Pico (média dos Dias Úteis), Quilômetros em Serviço (média dos Dias Úteis), Quilômetros em Serviço por Ano, Quilômetros Ociosos por Ano, Viagens Programadas por Ano, Viagens Realizadas por Ano, Quilômetros em Quebra por ano, Número Médio de Passageiros nos Dias Úteis, Número Médio de Passageiros nos

Sábados, Número Médio de Passageiros nos Domingos, Número de Passageiros Transportados por Ano, Viagem Média (km) por Passageiro por Ano, Índice Passageiro por Quilômetro (IPK) do Sistema (passageiros/km).

- *Variáveis Operacionais:* Entrada no ônibus (Frente, Trás), Tipo de Cobrança (pelo motorista, cobrador ou eletrônica), Velocidade Comercial Média (km/h), Tarifa Básica (preços das últimas alterações), Arrecadação Tarifária (R\$) (devida à venda de bilhetes e recebida diretamente nas catracas), Custo Operacional (R\$) (considerado no cálculo tarifário), Número de Pagantes da Tarifa Básica, Número de Vales-Transporte Resgatados, Número de Vales-Transporte Vendidos, Número de Passes Escolares Resgatados e Fração da Tarifa Básica (tarifa de bilhete escolar em relação à tarifa básica), Número de Passes Integrados Resgatados, Composição do Passe Integrado (forma da composição da tarifa integrada em relação às tarifas, por tipo de integração), Outros Resgatados, Número de Não-Pagantes, Consumo de Combustível (km/l) e Idade Média da Frota (anos) (Ônibus Convencionais, Padron, Micro-Ônibus, Articulados, Bi-articulados, Trólebus, A Gás).
- *Variáveis referentes a trabalho:* Salários do Motorista, Cobrador e Mecânico (valores das últimas alterações), Número de Motoristas, Cobradores, Despachantes/Fiscais, Manutenção, Pessoal na Administração das Operadoras, Pessoal na Gestão e Outros.

Os Anuários apresentam notas explicativas para algumas das variáveis citadas acima (ANEXO 2).

O exame dos Anuários evidencia deficiência de informação para algumas das variáveis citadas anteriormente, impedindo seu uso na análise. Dentre estas estão: Quilômetros em Quebra, Viagem Média por Passageiro, Arrecadação Tarifária, Custo Operacional, Número de Vales-Transporte

Vendidos, Número de Passes Integrados Resgatados, Composição do Passe Integrado, Outros Resgatados. Ainda, evitou-se trabalhar com variáveis referentes a custos e receitas, devido à escassa confiabilidade dessas informações. Tais variáveis são: Salários do Motorista, Cobrador e Mecânico; Arrecadação Tarifária e Custo Operacional.

As informações fornecidas pelos Anuários ANTP encontram-se no ANEXO 1.

8.3 Considerações Metodológicas

Como a Análise Envoltória de Dados (AED) é uma técnica para avaliação da eficiência relativa de unidades “comparáveis”, visando a melhoria de suas performances, deve-se ter cuidado na seleção de unidades que farão parte da análise já que, segundo Golany & Roll (1989), mesmo sob condições similares, sempre existem diferenças entre as unidades, e essas contradições acompanham todos os passos de uma aplicação AED, embora se mostrem particularmente importantes durante os estágios de escolha das Unidades de Tomada de Decisão (UTDs).

Justifica-se o uso da AED neste estudo, pois todas as empresas de transporte urbano têm como principal objetivo transportar o maior número possível de passageiros e assim aumentar suas receitas, com o menor custo possível. Com isso, estas empresas também atendem o objetivo dos gestores municipais de assegurar um transporte de qualidade no que diz respeito à frequência, restando preocupações com atendimento de horários, oferta de linhas, tarifa, conforto, limpeza, etc, para deslocar a população na área urbana, atendendo suas expectativas. Diz-se que os objetivos dos municípios são atendidos pelas empresas operadoras, embora existam diferenças de objetivos que podem ser amenizadas no momento em que se realizam licitações para concessões do serviço. Nestas, apenas as empresas que se comprometam a atender determinados requisitos, poderão competir ao direito de realizar o serviço. Ainda, os órgãos gestores podem definir formas de fiscalização sobre

o cumprimento das normas estabelecidas no edital, em relação aos serviços que devem ser ofertados pelas empresas operadoras.

Nesta pesquisa, adotou-se o pressuposto de que as empresas operadoras precisam maximizar o seu produto, mantendo o nível observado de insumos, o que poderá levar a redução de seus custos médios. Em relação às condições de mercado, todas as empresas de transporte coletivo por ônibus, sejam públicas ou privadas, estão subordinadas, de alguma forma, ao poder público, que define, através de licitações para permissões ou concessões de linhas, áreas, etc, a oferta mínima dos serviços que serão prestados à população. Quanto aos fatores que caracterizam a performance, todos os municípios serão avaliados sobre o mesmo índice de eficiência, que será construído a partir dos insumos e produtos disponíveis nos Anuários.

8.4 Aplicação da Metodologia

Este trabalho é composto de duas etapas. Na primeira se analisa a base de dados do Anuário ANTP dos Transportes Urbanos, da Associação Nacional dos Transportes Públicos - ANTP, relativo ao ano de 1998, que contém 95 municípios (quando mencionando a Região Metropolitana, só serão considerados os deslocamentos que ocorrem dentro dos municípios). Na segunda, são comparadas as eficiências das diversas unidades entre os Anos de 1997 e 1998 e entre 1998 e 2000.

Como ferramenta para a inclusão no modelo das variáveis consideradas essenciais para um transporte eficiente, utiliza-se apoio de análise de correlação. Para a definição do modelo, também é considerado o escore de eficiência alcançado pelo conjunto de municípios, após a inclusão de cada variável.

Segundo Golany e Roll (1989), os modelos AED permitem manusear casos com valores zero para alguns dos fatores, desde que estes não se verifiquem em todos os casos, isto é, desde que exista pelo menos uma unidade em que o valor dos insumos e produtos não se mostre nulo. Contudo,

estas circunstâncias exigem cuidado, pois os algoritmos computacionais são sensíveis a valores nulos. Neste estudo, a falta de informação por parte do município, determinou valores nulos, que não puderam ser estimados a partir dos outros Anuários, levando à exclusão dos respectivos municípios, que foram retirados do conjunto sob análise.

Após a definição do modelo e identificação dos municípios eficientes, esses são analisados em relação à sua regulamentação, como forma de verificar padrões facilitadores da eficiência. Também são avaliadas questões relacionadas ao ambiente em que se encontram aqueles municípios.

A seguir, são comparadas as eficiências observadas nas diversas unidades, entre os Anos de 1997 e 1998 e entre 1998 e 2000, para identificar tendências de melhorias ou não, nos escores.

Foram analisadas as diversas informações disponíveis no Anuário ANTP - 1998, e descartadas aquelas onde a série é incompleta. A análise de correlação também é utilizada para verificar a significância dos fatores em relação aos objetivos das empresas e dos municípios (transporte de passageiros).

Segundo Golany e Roll (1989), os fatores podem ser classificados como total ou parcialmente controláveis pelas unidades, ou ainda como “ambientais” (totalmente fora do controle das unidades). Os fatores também podem ser classificados como quantitativos ou qualitativos. Para aprimorar a qualidade dos resultados, as comparações de eficiências devem incorporar fatores ambientais com impacto potencial sobre a produção. Os fatores ambientais podem ser medidos direta ou indiretamente. Alguns fatores ambientais que podem afetar medidas de eficiência no transporte público são: topografia local, renda per capita, população do município, tipo de economias locais (ex.: municípios voltados para a indústria, comércio ou turismo), etc. Nesta pesquisa, foram avaliadas a População, Área e Renda per Capita do município, bem como economias locais, como forma de interpretar e justificar os resultados obtidos através do modelo de eficiência.

Para a especificação do modelo final, são adotados os passos descritos a seguir.

8.4.1 Análise de Inconsistência dos Dados

Os Anuários foram examinados para levantar inconsistências nos dados. Os municípios onde as inconsistências percebidas nos dados não puderam ser sanadas, foram eliminados da amostra.

8.4.2 Análise Estatística dos Dados

Para análise utilizou-se, a princípio, o Anuário ANTP de Transportes Urbanos referente a 1998, cujas informações são mais completas. Após a análise de consistência, corrigiu-se alguns valores e eliminou-se alguns municípios, realizou-se análise estatística das informações restantes, que serviu de suporte para decisões de inclusão, no modelo, das variáveis consideradas essenciais aos propósitos deste estudo. Para isso, foi utilizado o software STATISTICA – versão 6.0 (StatSoft, Inc., 1998).

Outro cuidado que se deve ter na análise dos dados é a presença de "outliers" no conjunto de dados, isto é, aquelas unidades que fogem da caracterização geral do grupo a ser analisado. Os outliers, na AED, podem causar distorções na fronteira de eficiência, como já mencionado em capítulos anteriores. Os outliers, neste estudo, foram identificados através de um diagrama de dispersão descrito por um insumo e um produto. Após a sua identificação, os mesmos foram eliminados da análise, como poderá ser verificado no Capítulo 9.

O método escolhido para a definição do melhor modelo que represente a eficiência de gestão do transporte público por ônibus, por parte dos municípios, corresponde ao sugerido por Norman & Stoker (1991). Este método verifica a correlação entre todas as variáveis. A seguir, escolhem-se duas variáveis com alta correlação, cada uma representando, respectivamente, um produto e um insumo. Identifica-se o primeiro quociente de produtividade, dividindo a quantidade de produto pela quantidade de insumo, para cada unidade analisada. Este é o primeiro índice de eficiência. A partir deste índice, realizam-

se novas correlações, introduzindo, gradativamente, novas variáveis. A introdução da terceira variável, que pode ser um insumo ou um produto, se dá por escolha entre aquelas que apresentam correlação significativa com o primeiro índice. Esta terceira variável será incluída no primeiro índice de eficiência, gerando novo índice. Caso seja um insumo, a variável será incluída no denominador; se for um produto, será incluída no numerador. Mede-se, então, a eficiência das unidades com base neste novo índice e realiza-se, a seguir, nova análise de correlação entre todas as variáveis remanescentes, agora incorporando ao grupo o novo índice. Identifica-se outra variável fortemente correlacionada com este índice, que possa ser incluída no modelo. O processo se repete até que não existam, fora do modelo, variáveis significativamente correlacionadas com o último índice obtido. A inclusão de novas variáveis levará a escores mais altos de eficiência, oportunizando que os municípios atribuam pesos que lhes sejam mais convenientes.

A partir da inclusão, no índice, da terceira variável, a eficiência deve ser medida através de softwares que trabalhem com programação matemática. Nesta análise utilizou-se o software IDEAS - Integrated Data Envelopment Analysis System - versão 5.1, desenvolvido por 1 CONSULTING, Inc. (1995).

Várias combinações de variáveis foram testadas, levando em consideração, além das correlações, os pesos atribuídos às mesmas, pelos municípios, bem como a importância da mesma no processo de produção de um transporte eficiente. Os pesos atribuídos às variáveis são discutidos mais adiante.

8.4.3 Análise de Eficiência entre os Municípios, para o Ano de 1998

Golany e Roll (1989) sugerem que se aplique diversas combinações de fatores, para vários modelos, e que se analise, comparativamente, os diferentes resultados obtidos. Como o intuito deste processo é encontrar fatores que discriminem as unidades, aqueles que pouco contribuíram para este fim foram descartados. Em outras palavras, os fatores associados a

multiplicadores com valores baixos (com pequeno impacto sobre os escores de eficiência) não foram utilizados na análise, a exemplo de Viagens Realizadas por Ano (VIAREANO). Várias combinações de fatores foram testadas, eliminando aqueles aos quais as unidades atribuem pesos muito baixos. A descrição detalhada dos diversos passos deste processo, bem como fluxograma mostrando as diversas decisões tomadas para a definição do modelo final, encontram-se no APÊNDICE 1.

Existem duas possibilidades de orientação para os modelos AED: uma atribui ênfase à redução de insumos e a outra ao aumento de produtos. A escolha entre elas depende das circunstâncias prevalecentes. Em algumas aplicações, os insumos são mais inflexíveis, caso em que a orientação para produto seria mais adequada. Em outras, os produtos são rigorosamente definidos pela administração, ou restritos pelas condições ambientais. Nestes casos, a orientação para insumos é mais apropriada.

Neste trabalho, adotou-se modelo orientado para produto, buscando otimizar o uso de recursos examinando possibilidades de remanejamento de pessoal, frota existente, etc, com vistas a maximizar a produção, seja em termos de número de viagens realizadas, número de quilômetros em serviço ou número de passageiros transportados, entre outros.

O software IDEAS trabalha com modelos de retornos constantes e variáveis à escala, utilizando os sistemas de avaliação Standard ou Invariante, incluindo ou não a constante Não-Arquimediana ϵ . As considerações e modelos utilizados por esse software são apresentados no ANEXO 3.

Adotou-se o sistema de Avaliação Não-Arquimediano, com retornos de escala variáveis e orientação para produto. Foi utilizado o Sistema de Avaliação Standard de forma coerente com a padronização⁴⁰ dos dados analisados, antes da inclusão das variáveis nos modelos. A inclusão da constante Não-Arquimediana ϵ , determina um valor mínimo infinitesimal, impedindo atribuição de pesos nulos, à qualquer variável.

Pela grande variação existente no tamanho e nas características dos municípios, a hipótese de retornos constantes à escala seria inadequada,

⁴⁰ Redução dos dados à base percentual como forma de eliminar unidades de medidas.

justificando opção pelos modelos de retornos variáveis. Ainda, serão analisados se os municípios eficientes estão trabalhando em regiões de retornos constantes, crescentes ou decrescentes à escala.

Em situações práticas, pode ser desejável indicar referências a serem seguidas pelas unidades relativamente ineficientes, de forma a guiá-las no sentido de performance melhorada. Tais alvos constituem benchmarks concretos, através dos quais as unidades podem monitorar sua performance. Toda avaliação AED produz um conjunto de níveis de insumo/produto que ilustram práticas produtivas superiores, a serem incorporados às unidades ineficientes com vistas à ampliação de suas performances.

O software IDEAS fornece, além dos escores de eficiência, os pesos atribuídos às variáveis que formam o hiperplano, para cada município. Estas informações, juntamente com o intercepto, definem a superfície envoltória, ou seja, a fronteira eficiente. O método também identifica a relação de municípios eficientes na gestão do transporte público por ônibus. Estes municípios servem como referência para os ineficientes, sendo identificada a contribuição percentual de cada referência para a projeção de práticas das unidades ineficientes. Outras informações são os aumentos proporcionais e residuais necessários que cada variável sofra para levar município ineficiente à condição eficiente.

8.4.4 Restringindo os Pesos das Variáveis

Após a especificação do modelo que melhor define a eficiência da gestão dos municípios em relação ao seu transporte público por ônibus, foram analisados os pesos atribuídos pelos mesmos às variáveis do modelo.

Aqui, se verifica o quanto os pesos atribuídos a um determinado fator oscilam entre os municípios ou, ainda, se os municípios estão carecendo de pesos absurdos, para se tornarem eficientes. Quando isso ocorreu, foram impostas restrições nos pesos das variáveis. Para isso, utilizou-se a técnica

Cone Ratio, conforme descrita no Capítulo 6, verificando-se que unidades ainda se mantiveram eficientes, após essas restrições.

8.4.5 Comparação das Performances (Graus de Ineficiência) apresentadas pelos Municípios, entre os Anos de 1997 e 1998 e entre 1998 e 2000

Foram utilizados os Anuários da ANTP para os anos de 1996, 1997, 1998, 1999 e 2000. Como os Anuários de 1996 e 1997 são muito falhos, estimou-se alguns valores para complementação do Anuário de 1997, com base em evidências fornecidas pelo Anuário de 1996. Da mesma forma, o Anuário de 1999 serviu para complementar as informações não fornecidas no Anuário 2000.

De posse do modelo definido através dos dados do Anuário ANTP dos Transportes Urbanos – 1998, o mesmo foi aplicado à base de dados do Anuário de 1997, como forma de verificar tendências nos escores apresentados pelos diversos municípios.

Com o Anuário 2000, definiu-se, também, um modelo de avaliação que permitiu verificar a robustez do modelo estabelecido com base no Anuário 1998.

Os modelos de eficiência, os municípios que aparecem eficientes para os anos de 1998 e 2000, a comparação entre os escores de eficiência entre 1997 e 1998 e entre 1998 e 2000, bem como os pesos atribuídos a cada variável, são apresentados no Capítulo 9. No Capítulo 10 é realizada uma comparação entre os escores eficiência apresentados no Capítulo 9 e as regulamentações existentes em alguns municípios brasileiros.

9 MODELAGEM E ANÁLISE DOS RESULTADOS ALCANÇADOS A PARTIR DO MODELO

Este capítulo apresenta o modelo de eficiência definido a partir dos Anuários 1998 e 2000 da ANTP. A seguir identifica aqueles municípios que se mostraram eficientes, bem como suas principais características. Após, compara os graus de eficiências observadas naqueles municípios, para os anos de 1997 e 1998 bem como 1998 e 2000.

9.1 Variáveis Analisadas

As variáveis analisadas, obtidas nos Anuários ANTP, e/ou informadas pelos órgãos gestores, são:

- *Variáveis Sócio-econômicas*: População e Área (km²) do Município.
- *Variáveis referentes a Capital*: Número de Operadoras (Públicas e Privadas), Número de Ônibus (Convencionais, Padron, Micro-Ônibus, Articulados, Bi-articulados, Trólebus, A Gás).
- *Variáveis referentes à Infra-Estrutura*: Número Total de Linhas, Extensão Total das Linhas (km), Nº de Terminais, Distância entre Pontos (m).
- *Variáveis referentes à Oferta e Demanda*: Número de Ônibus em Operação no Pico (média dos picos dos Dias Úteis), Quilômetros em Serviço (média dos Dias Úteis), Quilômetros em Serviço por Ano, Viagens Realizadas por Ano, Número Médio de Passageiros nos Dias Úteis, Número Médio de Passageiros nos Sábados, Número Médio de Passageiros nos Domingos, Número de Passageiros Transportados por Ano, Índice Passageiro por Quilômetro (IPK) do Sistema (passageiros/km).

- *Variáveis Operacionais*: Velocidade Comercial Média (km/h), Tarifa Básica, Consumo de Combustível (km/l) e Idade Média da Frota (anos) (Ônibus Convencionais, Padron, Micro-Ônibus, Articulados, Bi-articulados, Trólebus, a Gás).
- *Variáveis referentes a Trabalho*: Número de Motoristas, Cobradores, Despachantes/Fiscais, Manutenção, Pessoal na Administração das Operadoras, Pessoal na Gestão e Outros.

As variáveis como N° de Terminais, Quilômetros em Serviço (média dos Dias Úteis), Número Médio de Passageiros nos Sábados, Número Médio de Passageiros nos Domingos não foram fornecidas no Anuário 2000.

Também foi analisada a variável Renda per Capita Média Mensal por Família., fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (para o ano de 1991).

O Quadro 2 representa as abreviaturas utilizadas para cada variável, bem como suas respectivas definições.

Quadro 2: Variáveis analisadas com suas respectivas abreviaturas e definições

Abreviaturas	Definições
ÁREA	Área (Km ²) do Município
DISTPONT	Distância entre Pontos (m)
EXTLINHA	Extensão Total das Linhas (Km)
IPK	Índice Passageiro por Quilômetro (passageiros/km)
KMSERANO	Quilômetros em Serviço por Ano
KMSERMDU	Quilômetros em Serviço (média dos dias úteis)
N° LINHAS	Número Total de Linhas
ONIOPMDU	Número de Ônibus em Operação no Pico - média dos dias úteis
OPERADOR	Número de Operadoras (Públicas e Privadas)
PASSANO	Número Médio de Passageiros transportados por Ano
PASSMDO	Número Médio de Passageiros nos domingos
PASSMDU	Número Médio de Passageiros nos dias úteis
PASSMSA	Número Médio de Passageiros nos sábados
POPULAÇÃO	População do Município

Continuação do Quadro 2.

Abreviaturas	Definições
RENDA	Renda per Capita Média Mensal por Família (ano de 1991)
TARIFA	Tarifa Básica
TOTCONS	Consumo Médio de Combustível da Frota
TOTFUNCI	Número Total de Funcionários (motoristas, cobradores, despachantes/fiscais, manutenção, pessoal na administração das operadoras, pessoal na gestão, outros)
TOTIDADE	Idade Média da Frota (anos)
TOTONIB	Número Total de Ônibus
TOTTERMI	Nº de Terminais
VELCOMER	Velocidade Comercial Média (Km/h)
VIAREANO	Viagens Realizadas por Ano

9.2 Base de Dados

Para a definição do modelo de eficiência foi utilizada a base de dados do Anuário ANTP dos Transportes Urbanos, da Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP, relativo ao ano de 1998. Essa escolha se deve ao fato desse Anuário ser o mais completo entre todos os analisados. Com essa base foi realizada análise de correlação entre as variáveis citadas anteriormente.

Como o principal objetivo das empresas de transporte público por ônibus é transportar o maior número possível de passageiros, optou-se por avaliar, primeiramente, o produto Número de Passageiros transportados por Ano (PASSANO). Comparando as correlações entre este produto e as demais variáveis, percebeu-se correlação altamente significativa com o insumo Número Total de Ônibus (TOTONIB) ($r = 99\%$), descritor importante para a representação do capital da empresa. Estabeleceu-se, dessa forma, um primeiro índice de eficiência qual seja:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{PASSANO}}{\text{TOTONIB}} \quad (9.1)$$

onde:

PASSANO - N° de Passageiros transportados por ano;

TOTONIB - N° total de ônibus existente no município.

A relação $\frac{\text{PASSANO}}{\text{TOTONIB}}$ observada em cada município foi dividida pelo maior valor observado entre os escores de eficiência obtidos em (9.1).

Quando se examinou correlação entre o valor resultante daquela operação e as demais variáveis, não se encontrou nenhuma correlação significativa.

A distribuição das observações (Figura 25) para as variáveis PASSANO e TOTONIB, evidenciou presença de outliers (casos de Rio de Janeiro e São Paulo).

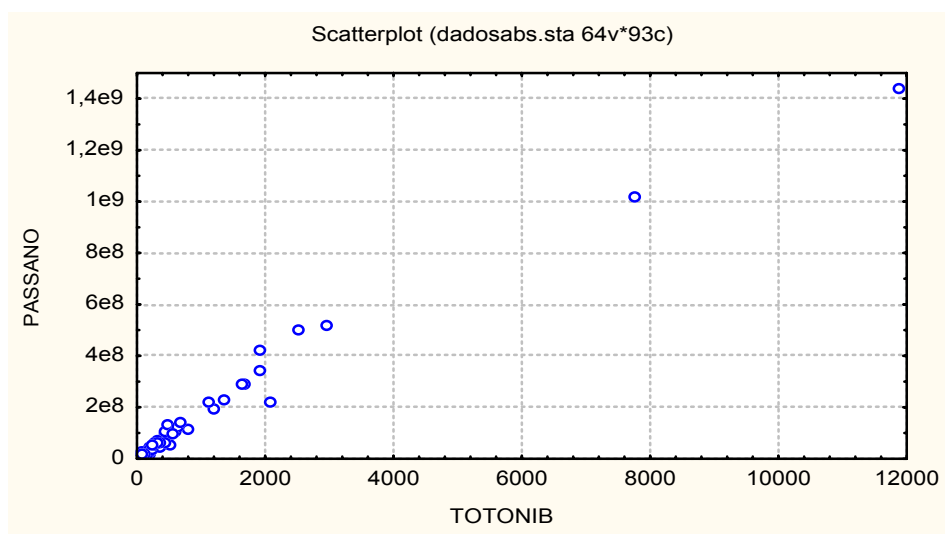


Figura 25: Relação entre PASSANO e TOTONIB dos municípios, informados no Anuário ANTP dos Transportes Urbanos - 1998

Retirando os municípios do Rio de Janeiro e São Paulo da amostra, obtém-se a configuração representada na Figura 26.

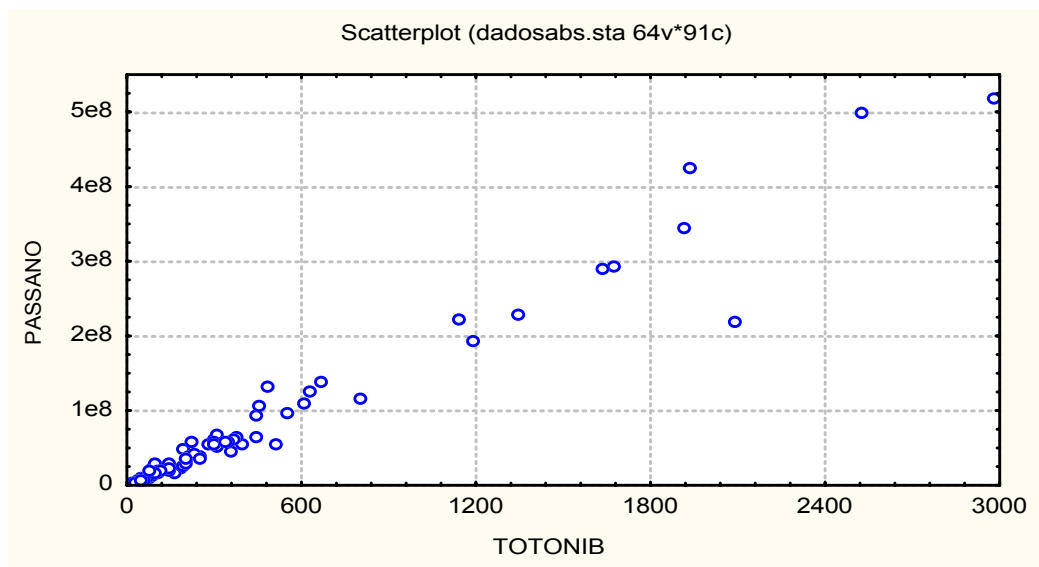


Figura 26: Relação entre PASSANO e TONONIB dos municípios incluídos no Anuário ANTP dos Transportes Urbanos - 1998, retirando os "outliers" (São Paulo e Rio de Janeiro)

Após a retirada dos "outliers" (municípios de São Paulo e Rio de Janeiro) do conjunto de dados, examinou-se, novamente, a correlação linear entre as variáveis disponíveis e a primeira medida de eficiência PASSANO/TONONIB, encontrando valores altos e significativos, que permitiram avançar na construção do modelo. A seguir serão detalhadas as diversas decisões tomadas nesse sentido.

9.3 Análise de Eficiência para os Anos de 1998 e 2000

Excluídas as Regiões Metropolitanas, pois o intuito é o de analisar cada município na gestão do transporte público por ônibus, o Anuário ANTP – 1998 contém informações sobre 95 municípios. Após a retirada daqueles municípios com informações insuficientes, e dos outliers já referidos, a amostra se reduziu a 67 municípios. Para o ano de 2000, cujo Anuário contém dados de apenas 63 municípios, a amostra se reduziu a 49 casos.

Como mencionado, o modelo de eficiência foi definido a partir das informações constantes no Anuário ANTP – 1998.

Para analisar as correlações existentes entre as variáveis e definir aquelas que fariam parte do modelo final foi usado o software STATISTICA – versão 6.0, desenvolvido por STATSOFT, Inc. O software IDEAS - Integrated Data Envelopment Analysis System - versão 5.1, desenvolvido por 1 CONSULTING, INC., foi utilizado para calcular os escores de eficiência e os pesos atribuídos às variáveis, pelos diversos municípios.

Após a retirada dos outliers, realizou-se uma nova correlação entre o índice PASSANO/TOTONIB e as demais variáveis, encontrando correlações altas e significativas. Foi identificado, então, um novo produto, que apresenta correlação alta e significativa com aquele primeiro índice. Trata-se da Quilometragem Total em Serviço por Ano (KMSERANO), variável decisiva para a definição do IPK. A partir desse momento, trabalhando um índice composto por três variáveis (dois produtos e um insumo), foi preciso utilizar o software IDEAS para se encontrar os escores de performance. De posse dos novos resultados, outra análise de correlação foi realizada, relacionando este segundo índice de eficiência e as demais variáveis. O processo foi repetido até que todas as variáveis com correlações altas e significativas, cuja inclusão no modelo se justificava por sua importância na produção de um serviço eficiente, para o sistema de transporte, fossem examinadas.

Vários modelos foram testados para se definir o mais adequado à avaliação de performance dos diversos municípios, na gestão de seu transporte público por ônibus. Foram considerados, nos testes, as correlações entre as variáveis, os pesos atribuídos às mesmas pelos municípios e sua respectiva importância para a oferta de um sistema de transporte eficiente. O APÊNDICE 1 apresenta, passo a passo, as diversas decisões que foram tomadas no processo de definição do modelo, juntamente com um fluxograma. A seguir serão discutidos os principais resultados encontrados.

Como já mencionado, a Análise de Eficiência foi realizada utilizando, em conjunto, os softwares STATISTICA (StatSoft Inc., 1998) e IDEAS (1 CONSULTING, Inc., 1995). Após cada análise de correlação, a variável candidata a fazer parte do modelo foi avaliada quanto a sua importância, contribuição em relação aos escores de eficiência e pesos atribuídos pelos

municípios. Várias combinações de fatores (insumos e produtos) foram testadas para definir aqueles que melhor representassem a performance dos municípios na gestão de seu transporte público por ônibus. Como resultado final optou-se pelo modelo descrito a seguir:

$$EFICIENCIA = \frac{B_1 \cdot PASSANO + B_2 \cdot KMSEANO}{B_3 \cdot TOTONIB + B_4 \cdot N^\circ LINHAS + B_5 \cdot TOTFUNCI} \quad (9.2)$$

onde:

B_i – coeficientes a serem estimados pelo modelo.

A variável N° LINHAS representa a infra-estrutura existente no município, para atendimento do serviço de transporte público por ônibus. Já o TOTFUNCI constitui insumo importante na definição do custo operacional e, conseqüentemente, da tarifa.

Utilizando as informações referentes ao ano de 2000, e testando novamente os diversos modelos, considerando correlações entre variáveis, escores de eficiência e pesos, chegou-se ao mesmo modelo definido para o ano de 1998, o que demonstra sua robustez.

Após a definição deste modelo, foram verificados os pesos atribuídos a cada variável, pelos municípios. Os pesos encontrados para os anos de 1998 e 2000 são apresentados na Tabela 6, que também destaca o município que atribuiu maior peso a cada variável⁴¹.

⁴¹ As bases de dados de 1998 e 2000 diferem em relação aos municípios incluídos.

Tabela 6: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo de Eficiência para os anos de 1998 e 2000, e os respectivos Municípios que atribuíram maior peso a cada variável.

VARIÁVEIS	1998			2000		
	INTERVALO DE PESOS		MUNICÍPIO	INTERVALO DE PESOS		MUNICÍPIO
	ϵ	Peso máximo		ϵ	Peso máximo	
KMSERANO	0,00001	17,81998	Garça	0,00001	1,06713	Rio do Sul
Nº LINHAS	0,00001	14,44611	Garça	0,00001	0,20970	Rio do Sul
PASSANO	0,00001	10,59883	Fernandópolis	0,00001	1,64277	Rio do Sul
TOTFUNCI	0,00001	15,73674	Leme	0,00001	5,31056	Rio do Sul
TOTONIB	0,00001	20,40668	Garça	0,00001	1,79479	Curitiba

Pode-se perceber, através da Tabela 6, que existe certo equilíbrio nos intervalos de valores atribuídos aos pesos, para as variáveis adotadas no modelo. Observa-se, também, que o município de Garça, para alcançar condição eficiente, atribuiu pesos particularmente elevados, a três das cinco variáveis incluídas no modelo, em 1998. Já o município de Leme, mesmo atribuindo peso máximo para a variável TOTFUNCI, não conseguiu se tornar eficiente. No ano de 2000, o município de Rio do Sul precisou atribuir peso máximo a quatro das cinco variáveis para se mostrar eficiente; já Curitiba, mesmo atribuindo peso máximo à variável TOTONIB não conseguiu se mostrar eficiente.

De posse do modelo de eficiência, foi possível se calcular os escores de eficiência para o modelo BCC, relativamente aos municípios analisados no ano de 1998 e 2000. Esses escores são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Escores de Eficiência para os municípios analisados para os anos de 1998 e 2000

MUNICÍPIO	ESTADO	Escore BCC 1998	Escore BCC 2000
ANGRA DOS REIS	RJ	0,6316	-
ARARAQUARA	SP	-	0,8661
BARJERI	SP	0,5061	-
BELO HORIZONTE	MG	1,0000	1,0000
BETIM	MG	0,9729	0,8499
BLUMENAU	SC	0,7307	0,8214
BRASILIA	DF	0,9620	1,0000
CAÇAPAVA	SP	0,7876	1,0000
CACHOEIRA DO SUL	RS	0,5564	-
CAMPINA GRANDE	PB	1,0000	1,0000
CAMPINAS	SP	0,7060	0,8047
CAMPO GRANDE	MS	-	0,8836
CARAPICUIBA	SP	1,0000	0,8583
CARUARU	PE	0,8688	1,0000
CASCADEL	PR	0,6841	-
CAUCAIA	CE	0,7109	-
CAXIAS DO SUL	RS	0,7826	-
CUIABA	MT	0,6738	0,7491
CURITIBA	PR	0,8603	0,8620
DIADEMA	SP	0,5913	-
ERECHIM	RS	0,8077	1,0000
FEIRA DE SANTANA	BA	0,5774	-
FERNANDOPOLIS	SP	1,0000	-
FORTALEZA	CE	0,9328	0,8942
FOZ DO IGUAÇU	PR	0,6887	0,8140
FRANCISCO MORATO	SP	0,4874	-
GARÇA	SP	1,0000	-
GOIANIA	GO	0,8001	1,0000
GOV. VALADARES	MG	0,7302	-
GUARAPUAVA	PR	0,5978	-
GUARULHOS	SP	0,5975	1,0000

Continuação da Tabela 7.

MUNICÍPIO	ESTADO	Escore BCC 1998	Escore BCC 2000
ILHEUS	BA	0,6948	-
JOAO PESSOA	PB	1,0000	0,9828
JUIZ DE FORA	MG	1,0000	1,0000
JUNDIAÍ	SP	0,7256	0,8107
LAGES	SC	-	0,7616
LEME	SP	0,6653	-
LIMEIRA	SP	0,8502	-
MACEIÓ	AL	-	0,8810
MANAUS	AM	1,0000	1,0000
MARINGÁ	PR	0,5261	-
MAUÁ	SP	-	0,9137
MOGI DAS CRUZES	SP	0,7126	-
NATAL	RN	0,9318	1,0000
NOVO HAMBURGO	RS	-	0,7317
PETROPOLIS	RJ	0,8244	0,8908
PIRACICABA	SP	0,6738	0,8355
PORTO ALEGRE	RS	1,0000	0,9965
PORTO VELHO	RO	0,7612	1,0000
PRESIDENTE PRUDENTE	SP	0,7180	-
RECIFE	PE	0,9131	1,0000
RIBEIRAO PRETO	SP	0,7961	0,8998
RIO CLARO	SP	-	0,9019
RIO DO SUL	SC	0,4705	1,0000
SALVADOR	BA	1,0000	1,0000
SANTA BARBARA D'OESTE	SP	0,6119	-
SANTA CRUZ DO SUL	RS	0,8648	-
SANTA LUZIA	MG	0,8007	-
SANTAREM	PA	0,6886	-
SANTO ANDRE	SP	0,7513	0,9332
SANTOS	SP	0,5849	0,8606
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	0,8455	0,9575
SÃO CAETANO DO SUL	SP	0,8625	1,0000
SÃO GONÇALO	RJ	0,7495	-
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	0,7771	-

Continuação da Tabela 7.

MUNICÍPIO	ESTADO	Escore BCC 1998	Escore BCC 2000
SOROCABA	SP	0,7169	0,8150
TERESINA	PI	0,8140	0,9924
TIMOTEO	MG	0,6633	0,8316
UBA	MG	0,5883	-
UBERABA	MG	0,6611	0,9330
UBERLANDIA	MG	0,7384	0,7921
UMUARAMA	PR	0,6184	-
VIAMÃO	RS	0,7146	0,7098
VITÓRIA	ES	-	0,7764
VITORIA DA CONQUISTA	BA	0,9891	1,0000
VOLTA REDONDA	RJ	-	0,8862
EFICIENCIA MÉDIA		0,7694	0,9081
MEDIANA		0,7495	0,9019
PERCENTIL 25		0,6696	0,8355
PERCENTIL 75		0,8668	1,0000

Como o conjunto de municípios analisados varia de 1998 para 2000, e a Análise Envoltória de Dados calcula a eficiência relativa ao conjunto, neste momento não serão comparados os escores entre os dois anos. Mais adiante esta análise será desenvolvida, considerando o mesmo conjunto de municípios.

A partir das variáveis incluídas no modelo, foram obtidas algumas medidas de tendência central e de dispersão. Estas estatísticas descritivas, para os anos de 1998 e 2000, são apresentadas na Tabela 8.

Segundo Berechman (1993), as empresas de transporte oscilam fortemente em termos de porte, variando desde as muito pequenas (até 50 veículos hora-pico) até as muito grandes (acima de 1.500 veículos hora-pico). Quando observações de empresas de diferentes tamanhos são usadas na mesma amostra, espera-se problemas em relação à interpretação dos resultados estimados. Em geral, as empresas maiores operam em grandes áreas metropolitanas e fornecem serviços de diferentes tipos, incluindo aqueles regulares, de rota fixa e serviços de excursão. Além disso, nas áreas metropolitanas mais desenvolvidas, costumam existir vários modos de

transporte, tais como ônibus e trem, que são interpretados pelos passageiros como partes do mesmo sistema de transporte. Assim, é interessante realizar análise estatística de agrupamento⁴², como suporte auxiliar a interpretação dos resultados. Foram testados vários números de agrupamentos: três, quatro, cinco e seis grupos. A divisão dos municípios em três grupos foi a que melhor os representou em relação às suas variáveis originais. Os municípios que compõem os Grupos 1 e 3 para os anos de 1998 e 2000 são coincidentes, possuindo, respectivamente 7 e 2 municípios. O Grupo 2 é composto no ano de 1998 por 58 municípios e no ano de 2000 por 40 municípios. Para esses grupos, também foram realizadas estatísticas descritivas. O Quadro 3 apresenta os respectivos grupos de municípios. As estatísticas descritivas dos três grupos de municípios, para os anos de 1998 e 2000, são mostradas na Tabela 9.

Pela Tabela 8, verifica-se que, para todas as variáveis, tanto nos anos de 1998 como de 2000, suas distribuições de frequências são positivamente assimétricas e platicúrticas⁴³.

Pela Tabela 9, pode-se verificar que o coeficiente de variação ainda é grande para o Grupo 2, nos dois anos analisados. Porém, este grupo contém a maioria dos municípios, que se caracterizam por possuírem entre 40.000 e 1.000.000 de habitantes. Mesmo assim, o coeficiente de variação caiu pela metade, permanecendo na faixa de 100%.

⁴² A análise de agrupamento é uma técnica para organizar observações, indivíduos ou objetos em clusters. Existem vários métodos de aglomerações de observações. Neste estudo, utilizou-se foi o Método de Ward, que minimiza a soma dos quadrados dos desvios, de forma que a variância resulta minimizada internamente aos grupos e, ao mesmo tempo, se mostra maximizada entre os grupos.

⁴³ Uma distribuição achatada denomina-se platicúrtica.

Tabela 8: Estatísticas Descritivas das variáveis incluídas no modelo de eficiência para os anos de 1998 e 2000

VARIÁVEL	Nº de Observações	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	CV (%)
1998									
Nº LINHAS	67	81	48	2	628	105	3,034	11,62061	129,63
TOTFUNCI	67	1422	1008	15	21943	3732	3,092	11,71900	262,45
TOTONIB	67	266	201	6	2978	624	2,446	5,82038	234,59
KMSERANO	67	19569000	12777700	101132	218374000	48361200	2,553	6,44536	247,13
PASSANO	67	44892400	31274800	305969	518638000	108878000	2,602	7,05868	242,53
2000									
Nº LINHAS	49	112,06	61	7	628	129,51	2,217	5,382	86,53
TOTFUNCI	49	2986,78	1519	82	19345	3963	2,328	5,870	75,37
TOTONIB	49	559,29	300	23	3001	711,57	2,006	3,432	78,60
KMSERANO	49	41893874,29	21027118	750922	207718846	52427017,95	1,971	3,397	79,91
PASSANO	49	91128435	49697853	1876695	502000000	113000000	2,064	4,222	80,64

Quadro 3: Grupos de Municípios formados pela Análise de Agrupamento

Grupos	MUNICÍPIOS	
	1998	2000
Grupo1	Brasília (DF), Curitiba (PR), Fortaleza (CE), Goiânia (GO), Manaus (AM), Porto Alegre (RS) e Recife (PE)	
Grupo2	Angra dos Reis (RJ), Barueri (SP), Betim (MG), Blumenau (SC), Caçapava (SP), Cachoeira do Sul (RS), Campina Grande (PB), Campinas (SP), Carapicuíba (SP), Caruaru (PE), Cascavel (PR), Caucaia (CE), Caxias do Sul (RS), Cuiabá (MT), Diadema (SP), Erechim (RS), Feira de Santana (BA), Fernandópolis (SP), Foz do Iguaçu (PR), Francisco Morato (SP), Garça (SP), Governador Valadares (MG), Guarapuava (PR), Guarulhos (SP), Ilhéus (BA), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Jundiaí (SP), Leme (SP), Limeira (SP), Maringá (PR), Mogi das Cruzes (SP), Natal (RN), Petrópolis (RJ), Piracicaba (SP), Porto Velho (RO), Presidente Prudente (SP), Ribeirão Preto (SP), Rio do Sul (SC), Santa Bárbara d'Oeste (SP), Santa Cruz do Sul (RS), Santa Luzia (MG), Santarém (PA), Santo André (SP), Santos (SP), São Bernardo do Campo (SP), São Caetano do Sul (SP), São Gonçalo (RJ), São José dos Campos (SP), Sorocaba (SP), Teresina (PI), Timóteo (MG), Ubá (MG), Uberaba (MG), Uberlândia (MG), Umuarama (PR), Viamão (RS) e Vitória da Conquista (BA).	Araraquara (SP), Betim (MG), Blumenau (SC), Caçapava (SP), Campina Grande (PB), Campinas (SP), Campo Grande (MS), Carapicuíba (SP), Caruaru (PE), Cuiabá (MT), Erechim (RS), Foz do Iguaçu (PR), Guarulhos (SP), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Jundiaí (SP), Lages (SC), Maceió (AL), Mauá (SP), Natal (RN), Novo Hamburgo (RS), Petrópolis (RJ), Piracicaba (SP), Porto Velho (RO), Ribeirão Preto (SP), Rio Claro (SP), Rio do Sul (SC), Santo André (SP), Santos (SP), São Bernardo do Campo (SP), São Caetano do Sul (SP), Sorocaba (SP), Teresina (PI), Timóteo (MG), Uberaba (MG), Uberlândia (MG), Viamão (RS), Vitória (ES), Vitória da Conquista (BA) e Volta Redonda (RJ).
Grupo3	Belo Horizonte (MG) e Salvador (BA).	

Tabela 9: Estatísticas Descritivas dos três Grupos de Municípios

GRUPOS	VARIÁVEIS	Nº de Observações	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	CV (%)
1998										
GRUPO1	Nº LINHAS	7	272	212	144	628	165	2,127	4,897	60,66
	KMSERANO	7	116734000	110892000	71215400	182358000	34199900	1,062	2,434	29,30
	PASSANO	7	256030000	226906000	194545000	345568000	54001400	0,688	-0,724	21,09
	TOTFUNC1	7	8157	8837	4688	10260	2125	-0,771	-0,859	26,05
	TOTONIB	7	1570	1637	1139	2088	361	0,175	-1,462	22,99
GRUPO2	Nº LINHAS	58	48	37	2	209	41	1,822	4,360	85,42
	KMSERANO	58	14047300	10504900	101132	61242400	13611600	1,325	1,615	96,90
	PASSANO	58	32964100	21750700	305969	130383000	32257800	1,455	1,809	97,86
	TOTFUNC1	58	1072	686	15	6086	1119	1,976	5,847	104,38
	TOTONIB	58	192	128	6	800	177	1,318	1,572	92,19
GRUPO3	Nº LINHAS	2	349	349	281	417	96	-	-	27,50
	KMSERANO	2	17378	17378	12813	21943	6456	-	-	37,15
	PASSANO	2	2751	2751	2524	2978	321	-	-	11,67
	TOTFUNC1	2	217022000	217022000	215670000	218374000	1912017	-	-	0,88
	TOTONIB	2	509354000	509354000	500070000	518638000	13129600	-	-	2,58

Continuação da Tabela 9.

GRUPOS	VARIÁVEIS	Nº de Ob-servações	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Assime- tria	Curtose	CV (%)
2000										
GRUPO 1	NºLINHAS	7	319	286	163	628	176	1,063	0,064	55,17
	KMSERANO	7	119945000	110874650	85697972	196160000	36112700	1,935	4,299	30,11
	PASSANO	7	245594000	229127739	196880000	328906008	50014400	0,739	-0,765	20,36
	TOTFUNC1	7	8215	7728	4215	12637	2812	0,208	-0,197	34,23
	TOTONIB	7	1631	1557	1088	2360	433	0,552	0,054	26,55
GRUPO 2	NºLINHAS	40	64	49,5	7	231	53	1,526	2,267	82,81
	KMSERANO	40	20148700	16774702	750922	58707475	16177000	0,815	-0,231	80,29
	PASSANO	40	44949200	40511625	1876695	132884946	36742800	0,963	0,101	81,74
	TOTFUNC1	40	1426	1099	82	6085	1244	1,597	3,717	87,24
	TOTONIB	40	260	217,5	23	757	192	0,775	-0,007	73,85
GRUPO 3	NºLINHAS	2	351	351	292	410	83	-	-	23,65
	KMSERANO	2	203619000	203618694	199518542	207718846	5798455	-	-	2,85
	PASSANO	2	474082000	474082076	446192301	501971851	39442200	-	-	8,32
	TOTFUNC1	2	15901	15900,5	12456	19345	4871	-	-	30,63
	TOTONIB	2	2799	2799	2597	3001	286	-	-	10,22

Através da Tabela 7, pode-se constatar que os municípios que se mostraram eficientes, distribuídos de acordo com seus grupos, para os anos de 1998 e 2000, foram:

Quadro 4: Municípios Eficientes para os anos de 1998 e 2000

Grupos	Municípios Eficientes	
	1998	2000
Grupo 1	Manaus (AM) e Porto Alegre (RS).	Brasília (DF), Goiânia (GO), Manaus (AM) e Recife (PE).
Grupo 2	Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP), Garça (SP), João Pessoa (PB) e Juiz de Fora (MG).	Caçapava (SP), Campina Grande (PB), Caruaru (PE), Erechim (RS), Guarulhos (SP), Juiz de Fora (MG), Natal (RN), Porto Velho (RO), Rio do Sul (SC), São Caetano do Sul (SP) e Vitória da Conquista (BA).
Grupo 3	Belo Horizonte (MG) e Salvador (BA).	Belo Horizonte (MG) e Salvador (BA).

Pode-se perceber que a eficiência dos municípios não depende do tamanho dos mesmos, pois os municípios eficientes se distribuem entre os três grupos, mas, sim, da relação $\frac{\text{PRODUTO}}{\text{INSUMO}}$. Levando em consideração o tamanho de cada grupo, para o Grupo 1, nos anos de 1998 e 2000, que 28,6% e 57,1% dos municípios, respectivamente, se mostraram eficientes; para o Grupo 2, esses percentuais foram de 10,3% e 27,5% para os anos de 1998 e 2000, de municípios eficientes; no Grupo 3, para os dois anos analisados, 100% dos municípios se mostraram eficientes. Pode-se perceber, ainda, que o município de Garça (SP) aparece como eficiente no ano de 1998, atribuindo pesos altos a três das cinco variáveis do modelo, que foram: KMSERANO, N° LINHAS, TOTONIB. Para o ano de 2000, o município de Rio do Sul (SC) atribui peso máximo a quatro das cinco variáveis, com exceção da variável TOTONIB. Isto ocorre porque a técnica AED permite que as unidades escolham aqueles pesos que a colocam na melhor posição possível. O município de Fernandópolis (SP) também precisou atribuir peso alto à variável PASSANO,

para se tornar eficiente. Já os municípios de Leme (SP) e Curitiba (PR), mesmo atribuindo pesos discrepantes às variáveis TOTFUNCI e TOTONIB, respectivamente, não conseguiram se mostrar eficientes. Mais adiante, neste capítulo, serão impostas restrições nos pesos, com vistas à redução de sua variabilidade potencial, conforme sugerido por Novaes (2001).

O software IDEAS também indica os municípios de referência para as unidades ineficientes. A Tabela 10 apresenta as principais referências para cada município ineficiente, juntamente com o valor de λ , que indica a parcela de participação de cada referência, na projeção dos municípios ineficientes⁴⁴.

Tabela 10: Municípios Referências para os Benchmarkings dos municípios ineficientes

MUNICÍPIOS	REFERÊNCIAS (λ)	
	1998	2000
Araraquara	-	Caçapava (0,2894), Campina Grande (0,3339) e São Caetano do Sul (0,3633)
Angra dos Reis	Carapicuíba (0,5994)	-
Barueri	Carapicuíba (0,6461)	-
Belo Horizonte	Belo Horizonte (1,0000)	Belo Horizonte (1,0000)
Betim	Carapicuíba (0,8795)	Vitória da Conquista (0,7069)
Blumenau	Carapicuíba (0,8455)	Campina Grande (0,8616)
Brasília	Manaus (0,3148) e Salvador (0,6852)	Brasília (1,0000)
Caçapava	Fernandópolis (0,7590)	Caçapava (1,0000)
Cachoeira do Sul	Carapicuíba (0,3494) e Fernandópolis (0,6506)	-
Campina Grande	Campina Grande (1,000)	Campina Grande (1,0000)
Campinas	Manaus (0,5999)	Guarulhos (0,4510) e Manaus (0,5490)
Campo Grande	-	Campina Grande (0,6415)

⁴⁴ Só serão citados os municípios referências cujos $\lambda \geq 0,25$.

Continuação da Tabela 10.

MUNICÍPIOS	REFERÊNCIAS (λ)	
	1998	2000
Carapicuíba	Carapicuíba (1,0000)	Caçapava (0,5088), São Caetano do Sul (0,2572)
Caruaru	Carapicuíba (0,7270)	Caruaru (1,0000)
Cascavel	Carapicuíba (0,9215)	-
Caucaia	Carapicuíba (0,3474) e Fernandópolis (0,6526)	-
Caxias do Sul	Carapicuíba (0,8064)	-
Cuiaba	Carapicuíba (0,7048)	Porto Velho (0,6425)
Curitiba	João Pessoa (0,4019) e Salvador (0,5907)	Juiz de Fora (0,2611), Manaus (0,2872) e Salvador (0,4092)
Diadema	Carapicuíba (0,7157)	-
Erechim	Garça (0,8000)	Erechim (1,0000)
Feira de Santana	Carapicuíba (0,7320)	-
Fernandópolis	Fernandópolis (1,0000)	-
Fortaleza	Campina Grande (0,3468) e Salvador (0,2925)	Manaus (0,5794) e Salvador (0,3373)
Foz do Iguaçu	Carapicuíba (0,8046)	Campina Grande (0,8294)
Francisco Morato	Carapicuíba (0,7831)	-
Garça	Garça (1,0000)	-
Goiânia	Campina Grande (0,3519) e Salvador (0,3830)	Goiânia (1,0000)
Governador Valadares	Carapicuíba (0,9356)	-
Guarapuava	Carapicuíba (0,5663) e Fernandópolis (0,4337)	-
Guarulhos	Campina Grande (0,7198)	Guarulhos (1,0000)
Ilhéus	Carapicuíba (0,9215)	-
João Pessoa	João Pessoa (1,0000)	Manaus (0,3598) e Vitória da Conquista (0,5563)
Juiz de Fora	Juiz de Fora (1,0000)	Juiz de Fora (1,0000)
Jundiá	Carapicuíba (0,7525)	Campina Grande (0,8192)
Lages	-	Erechim (0,5124)

Continuação da Tabela 10.

MUNICÍPIOS	REFERÊNCIAS (λ)	
	1998	2000
Leme	Fernandópolis (0,6881) e Garça (0,2693)	-
Limeira	Carapicuíba (0,3828) e Garça (0,4274)	-
Maceió	-	Manaus (0,4176) e Vitória da Conquista (0,2577)
Manaus	Manaus (1,0000)	Manaus (1,0000)
Maringá	Carapicuíba (0,9557)	-
Mauá	-	Vitória da Conquista (0,8692)
Mogi das Cruzes	Carapicuíba (0,9419)	-
Natal	Campina Grande (0,6466)	Natal (1,0000)
Novo Hamburgo	-	Caruaru (0,4273) e Erechim (0,4828)
Petrópolis	Carapicuíba (0,4670) e Juiz de Fora (0,5171)	Campina Grande (0,7395)
Piracicaba	Carapicuíba (0,8886)	Porto Velho (0,8373)
Porto Alegre	Porto Alegre (1,0000)	Goiânia (0,5737) e Salvador (0,4263)
Porto Velho	Carapicuíba (0,8942)	Porto Velho (1,0000)
Pres. Prudente	Carapicuíba (0,9495)	-
Recife	Belo Horizonte (0,3139), Campina Grande (0,2989) e Manaus (0,2575)	Recife (1,0000)
Ribeirão Preto	Campina Grande (0,3661), Carapicuíba (0,3185) e Juiz de Fora (0,2665)	Campina Grande (0,4765) e Vitória da Conquista (0,3648)
Rio Claro	-	Caçapava (0,9936)
Rio do Sul	Fernandópolis (0,8554)	Rio do Sul (1,0000)
Salvador	Salvador (1,0000)	Salvador (1,0000)
Santa Bárbara d'Oeste	Carapicuíba (0,3615) e Fernandópolis (0,6386)	-
Sta Cruz do Sul	Carapicuíba (0,2508) e Garça (0,7493)	-
Santa Luzia	Carapicuíba (0,8438)	-

Continuação da Tabela 10.

MUNICÍPIOS	REFERÊNCIAS (λ)	
	1998	2000
Santarém	Carapicuíba (0,9740)	-
Santo André	Campina Grande (0,6936)	Campina Grande (0,8555)
Santos	Campina Grande (0,6954)	Campina Grande (0,7063)
São Bernardo do Campo	Campina Grande (0,3739) e Carapicuíba (0,4210)	Campina Grande (0,2919) e Porto Velho (0,4601)
São Caetano do Sul	Garça (0,8940)	São Caetano do Sul (1,0000)
São Gonçalo	Garça (0,4242) e Manaus (0,3696)	-
São José dos Campos	Carapicuíba (0,6990)	-
Sorocaba	Carapicuíba (0,4599)	Campina Grande (0,3081), Porto Velho (0,5107)
Teresina	Campina Grande (0,4242) e Manaus (0,2981)	Caruaru (0,3391) e Manaus (0,2759)
Timóteo	Carapicuíba (0,3666) e Fernandópolis (0,6249)	Caçapava (0,8029)
Ubá	Carapicuíba (0,2538) e Fernandópolis (0,7462)	-
Uberaba	Carapicuíba (0,9924)	Caçapava (0,6344) e Porto Velho (0,3030)
Uberlândia	Carapicuíba (0,4624)	Campina Grande (0,3325), Guarulhos (0,4488)
Umuarama	Fernandópolis (0,7590)	-
Viamão	Carapicuíba (0,3414) e Fernandópolis (0,6586)	Caçapava (0,8416)
Vitória	-	Campina Grande (0,4630) e Vitória da Conquista (0,3659)
Vitória da Conquista	Carapicuíba (0,8433)	Vitória da Conquista (1,0000)
Volta Redonda	-	Vitória da Conquista (0,8091)

O número de vezes que cada município eficiente aparece como referência para os ineficientes é mostrado na Tabela 11.

Tabela 11: Número de vezes que cada município eficiente aparece como referência para os municípios ineficientes

Municípios Eficientes	Nº de vezes como Referência	
	1998	2000
BELO HORIZONTE	2	1
BRASÍLIA	-	1
CAÇAPAVA	-	7
CAMPINA GRANDE	11	14
CARAPICUIBA	40	-
CARUARU	-	3
ERECHIM	-	3
FERNANDOPOLIS	12	-
GARÇA	7	-
GOIÂNIA	-	2
GUARULHOS	-	3
JOAO PESSOA	2	-
JUIZ DE FORA	3	2
MANAUS	6	7
NATAL	-	1
PORTO ALEGRE	1	-
PORTO VELHO	-	6
RECIFE	-	1
RIO DO SUL	-	1
SALVADOR	5	4
SÃO CAETANO DO SUL	-	3
VITÓRIA DA CONQUISTA	-	8

Pela Tabela 11, pode-se verificar que o município de Porto Alegre (RS), no ano de 1998, só serve de referência para si mesmo, isto é, só consegue ser eficiente com seus próprios pesos. O mesmo ocorre para os municípios de Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Natal (RN), Recife (PE) e Rio do Sul (SC), no ano de 2000. Ainda, Goiânia (GO) e Porto Alegre são os únicos municípios, na relação de eficientes, que possuem, entre suas operadoras, uma empresa pública. Isto significa que estas operadoras possam estar assumindo objetivos

de interesse coletivo, não captados neste modelo. De toda forma, este resultado mostra que é interessante verificar o impacto de restrições aplicadas à importância atribuída pelos municípios, às variáveis, como forma de limitar o campo de variação dos pesos e o impacto desta condição sobre os escores de performance.

9.3.1 Impondo Restrições nos Pesos atribuídos pelos Municípios às variáveis selecionadas para compor o modelo analítico

A grande variação nos pesos atribuídos pelos municípios, tornou interessante imposição de restrições forçando intervalos realistas. Como a liberdade de escolha de pesos proporcionada pelo método de Análise Envoltória de Dados, permite que os municípios selecionem pesos com ampla liberdade, há tendência de que alguns destes pesos se mostrem inadequados como representação de situações reais. Assim, optou-se por acrescentar no modelo, restrições que limitam o campo de variação dos pesos. Para isso, foi utilizada a técnica Cone Ratio, como descrita no Capítulo 6. Observado o intervalo de variação dos pesos, para cada variável, estabeleceu-se, através de relações entre insumos e entre produtos, limites para aqueles intervalos. Eliminados os valores extremos⁴⁵, as relações entre os insumos, assim definidas pela técnica Cone Ratio, resultaram em:

$$1,0 \geq \frac{\text{TOTFUNCI}}{\text{N}^\circ \text{LINHAS}} \geq 0,0 \quad (9.3)$$

$$0,2 \geq \frac{\text{N}^\circ \text{LINHAS}}{\text{TOTONIB}} \geq 0,43 \quad (9.4)$$

⁴⁵ Após o cálculo das relações entre os pesos dos insumos e entre os pesos dos produtos, para cada município, percebeu-se, no extremo inferior, um grande número de valores próximos a zero, que foram eliminados. No extremo superior, as relações de pesos extremamente altas, também foram eliminadas.

$$0,6 \leq \frac{\text{TOTFUNCI}}{\text{TOTONIB}} \leq 4,0 \quad (9.5)$$

A relação entre os produtos é:

$$0,4 \leq \frac{\text{KMSERANO}}{\text{PASSANO}} \leq 6,0 \quad (9.6)$$

A Tabela 12 mostra o intervalo de variação dos pesos após a imposição das restrições, bem como os municípios que atribuem maior peso a cada variável.

Tabela 12: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo de Eficiência e os respectivos Municípios que atribuíram maior peso a cada variável, após a imposição de restrições nos pesos

Variáveis	1998			2000		
	Intervalo de Pesos		Município	Intervalo de Pesos		Município
KMSERANO	0,00287	14,81226	Garça	0,00286	0,77146	Rio do Sul
NºLINHAS	0,00011	14,22317	Garça	0,00001	1,03126	Rio do Sul
PASSANO	0,00184	7,05069	Fernandópolis	0,00150	1,92864	Rio do Sul
TOTFUNCI	0,00054	14,22317	Garça	0,00001	5,15630	Rio do Sul
TOTONIB	0,00013	10,63982	Garça	0,00001	5,15630	Rio do Sul

Após a aplicação dessas restrições ao modelo, novos escores de eficiência foram gerados. Esses escores foram calculados para tecnologia de retornos variáveis à escala. Esses escores são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Escores de Eficiência para os municípios analisados nos anos de 1998 e 2000, para o Modelo de Eficiência com Restrições nos Pesos

MUNICÍPIOS	ESTADO	Escore BCC 1998	Escore BCC 2000
ARARAQUARA	SP	-	0,8308
ANGRA DOS REIS	RJ	0,4735	-
BARUERI	SP	0,5019	-
BELO HORIZONTE	MG	1,0000	0,9503
BETIM	MG	0,6714	0,6865
BLUMENAU	SC	0,6366	0,7234
BRASILIA	DF	0,8609	0,8677
CAÇAPAVA	SP	0,6789	1,0000
CACHOEIRA DO SUL	RS	0,5467	-
CAMPINA GRANDE	PB	1,0000	1,0000
CAMPINAS	SP	0,5838	0,6837
CAMPO GRANDE	MS	-	0,7914
CARAPICUIBA	SP	1,0000	0,8028
CARUARU	PE	0,7507	1,0000
CASCADEL	PR	0,6055	-
CAUCAIA	CE	0,6179	-
CAXIAS DO SUL	RS	0,6782	-
CUIABA	MT	0,6065	0,7000
CURITIBA	PR	0,7632	0,8357
DIADEMA	SP	0,5201	-
ERECHIM	RS	0,3511	0,5353
FEIRA DE SANTANA	BA	0,5067	-
FERNANDOPOLIS	SP	1,0000	-
FORTALEZA	CE	0,8483	0,7919
FOZ DO IGUAÇU	PR	0,6538	0,7450
FRANCISCO MORATO	SP	0,4709	-
GARÇA	SP	1,0000	-
GOIANIA	GO	0,7047	1,0000
GOVERN. VALADARES	MG	0,5936	-
GUARAPUAVA	PR	0,4203	-
GUARULHOS	SP	0,5065	1,0000

Continuação da Tabela 13.

MUNICÍPIOS	ESTADO	Escore BCC 1998	Escore BCC 2000
ILHEUS	BA	0,6201	-
JOAO PESSOA	PB	0,9117	0,8977
JUIZ DE FOR A	MG	0,8987	0,9614
JUNDIAÍ	SP	0,6855	0,7577
LAGES	SC	-	0,6270
LEME	SP	0,6164	-
LIMEIRA	SP	0,7012	-
MACEIÓ	AL	-	0,8500
MANAUS	AM	1,0000	1,0000
MARINGÁ	PR	0,4446	-
MAUÁ	SP	-	0,8590
MOGI DAS CRUZES	SP	0,4646	-
NATAL	RN	0,8351	0,9883
NOVO HAMBURGO	RS	-	0,5559
PETROPOLIS	RJ	0,7167	0,7420
PIRACICABA	SP	0,5374	0,6873
PORTO ALEGRE	RS	0,9138	0,9165
PORTO VELHO	RO	0,7173	0,8714
PRESIDENTE PRUDENTE	SP	0,6414	-
RECIFE	PE	0,7934	0,8616
RIBEIRAO PRETO	SP	0,7455	0,8278
RIO CLARO	SP	-	0,7589
RIO DO SUL	SC	0,3218	1,0000
SALVADOR	BA	1,0000	1,0000
STA BARBARA D'OESTE	SP	0,5131	-
SANTA CRUZ DO SUL	RS	0,5064	-
SANTA LUZIA	MG	0,7048	-
SANTAREM	PA	0,6701	-
SANTO ANDRE	SP	0,6550	0,9082
SANTOS	SP	0,5699	0,8454
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	0,7841	0,9145
SÃO CAETANO DO SUL	SP	0,7918	1,0000
SÃO GONÇALO	RJ	0,6989	-

Continuação da Tabela 13.

MUNICÍPIOS	ESTADO	Escore BCC 1998	Escore BCC 2000
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	0,6670	-
SOROCABA	SP	0,6891	0,7582
TERESINA	PI	0,7756	0,9850
TIMOTEO	MG	0,6118	0,7453
UBA	MG	0,3953	-
UBERABA	MG	0,6015	0,8125
UBERLANDIA	MG	0,6797	0,7534
UMUARAMA	PR	0,5400	-
VIAMÃO	RS	0,5467	0,6572
VITÓRIA	ES	-	0,6994
VITORIA DA CONQUISTA	BA	0,7706	1,0000
VOLTA REDONDA	RJ	-	0,8006
EFICIENCIA MÉDIA		0,6759	0,8365
MEDIANA		0,6701	0,8357
PERCENTIL 25		0,5467	0,7453
PERCENTIL 75		0,7731	0,9614

Como pode ser verificado na Tabela 13, o modelo BCC, após incorporação de restrições à variação nos pesos, os municípios eficientes, por grupos, foram os seguintes:

Quadro 5: Municípios Eficientes para os anos de 1998 e 2000, impondo restrições nos pesos

Grupos	Municípios Eficientes	
	1998	2000
Grupo 1	Manaus (AM)	Goiânia (GO) e Manaus (AM)
Grupo 2	Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP) e Garça (SP)	Caçapava (SP), Campina Grande (PB), Caruaru (PE), Guarulhos (SP), Rio do Sul (SC), São Caetano do Sul (SP) e Vitória da Conquista (BA)
Grupo 3	Belo Horizonte (MG) e Salvador (BA)	Salvador (BA)

Com a imposição de restrições nos pesos, verificou-se, como era de esperar, redução nos escores obtidos para todos os municípios, à exceção daqueles que permaneceram eficientes. Ainda, alguns municípios que se mostravam eficientes sem as restrições, não conseguiram manter esta condição em sua presença. Esses municípios, para o ano de 1998, são: João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG) e Porto Alegre (RS). Já para o ano de 2000, os municípios que não se mantiveram eficientes, após a imposição de restrições nos pesos são: Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Erechim (RS), Juiz de Fora (MG), Natal (RN), Porto Velho (RO) e Recife (PE). Na Tabela 11, o município de Porto Alegre, no ano de 1998, e os municípios de Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Natal (RN), Recife (PE) e Rio do Sul (SC), no ano de 2000, só serviam de referências para si mesmos. O município de João Pessoa (PB), para o ano de 1998, além de servir de referência para si mesmo, era referência para o município de Curitiba (PR). O município de Juiz de Fora era referência para Petrópolis (RJ) e Ribeirão Preto (SP). No ano de 2000, os municípios de Goiânia (GO) e Juiz de Fora (MG) além de servirem de referência para si mesmos, também eram referências para Porto Alegre (RS) e Curitiba (PR), respectivamente. As novas referências, após as restrições de pesos, são apresentadas na Tabela 14⁴⁶.

Tabela 14: Referências Principais para os Municípios Ineficientes, após a imposição de restrições nos pesos

MUNICÍPIOS	REFERÊNCIAS (λ)	
	1998	2000
Araraquara	-	Caçapava (0,5497) e Campina Grande (0,4503)
Angra dos Reis	Carapicuíba (0,6268)	-
Barueri	Carapicuíba (0,6486)	-
Belo Horizonte	Belo Horizonte (1,0000)	Salvador (1,0000)
Betim	Carapicuíba (0,9874)	Vitória da Conquista (0,8975)
Blumenau	Carapicuíba (0,8343)	Campina Grande (0,9217)

⁴⁶ Só serão citados os municípios referências cujos $\lambda \geq 0,25$.

Continuação da Tabela 14.

MUNICÍPIOS	REFERÊNCIAS (λ)	
	1998	2000
Brasília	Salvador (0,7860)	Salvador (0,9950)
Caçapava	Carapicuíba (0,2822) e Fernandópolis (0,7178)	Caçapava (1,0000)
Cachoeira do Sul	Carapicuíba (0,3521) e Fernandópolis (0,6479)	-
Campina Grande	Campina Grande (1,000)	Campina Grande (1,0000)
Campinas	Manaus (0,8571)	Guarulhos (0,2557) e Manaus (0,7443)
Campo Grande	-	Campina Grande (0,6607) e Manaus (0,3393)
Carapicuíba	Carapicuíba (1,0000)	Caçapava (0,3054) e Campina Grande (0,6946)
Caruaru	Carapicuíba (0,7562)	Caruaru (1,0000)
Cascavel	Carapicuíba (0,9508)	-
Caucaia	Carapicuíba (0,3901) e Fernandópolis (0,6099)	-
Caxias do Sul	Carapicuíba (0,8634)	-
Cuiabá	Carapicuíba (0,6626) e Manaus (0,3374)	Campina Grande (0,7489) e Manaus (0,2511)
Curitiba	Manaus (0,5402) e Salvador (0,4598)	Manaus (0,6870) e Salvador (0,3130)
Diadema	Carapicuíba (0,7299)	-
Erechim	Carapicuíba (0,3985) e Fernandópolis (0,6015)	Caçapava (0,8016)
Feira de Santana	Carapicuíba (0,8383)	-
Fernandópolis	Fernandópolis (1,0000)	-
Fortaleza	Manaus (0,6267) e Salvador (0,3733)	Manaus (0,4311) e Salvador (0,5689)
Foz do Iguaçu	Carapicuíba (0,8709)	Campina Grande (0,9716)
Francisco Morato	Carapicuíba (0,8091)	-
Garça	Garça (1,0000)	-
Goiânia	Manaus (0,9224)	Goiânia (1,0000)
Gov. Valadares	Carapicuíba (0,8680)	-

Continuação da Tabela 14.

MUNICÍPIOS	REFERÊNCIAS (λ)	
	1998	2000
Guarapuava	Carapicuíba (0,7523)	-
Guarulhos	Carapicuíba (0,3722) e Manaus (0,3918)	Guarulhos (1,0000)
Ilhéus	Carapicuíba (0,9512)	-
João Pessoa	Campina Grande (0,4255) e Manaus (0,3563)	Campina Grande (0,6056) e Manaus (0,3944)
Juiz de Fora	Carapicuíba (0,5015) e Manaus (0,4985)	Campina Grande (0,5583) e Manaus (0,4417)
Jundiaí	Carapicuíba (0,8406)	Campina Grande (0,9202)
Lages	-	Caçapava (0,5032) e Caruaru (0,2612)
Leme	Fernandópolis (0,6744) e Garça (0,2824)	-
Limeira	Carapicuíba (0,8619)	-
Maceió	-	Campina Grande (0,4398) e Manaus (0,4971)
Manaus	Manaus (1,0000)	Manaus (1,0000)
Maringá	Carapicuíba (0,9361)	-
Mauá	-	Campina Grande (0,9796)
Mogi das Cruzes	Carapicuíba (0,8652)	-
Natal	Campina Grande (0,4988) e Manaus (0,5012)	Campina Grande (0,5132) e Manaus (0,4868)
Novo Hamburgo	-	Campina Grande (0,8221)
Petrópolis	Carapicuíba (0,7052) e Manaus (0,2948)	Campina Grande (0,7533)
Piracicaba	Carapicuíba (0,8363)	Campina Grande (0,9395)
Porto Alegre	Manaus (0,5886) e Salvador (0,4114)	Goiânia (0,5375) e Salvador (0,4625)
Porto Velho	Carapicuíba (0,8892)	Campina Grande (0,9946)
Pres. Prudente	Carapicuíba (0,9339)	-
Recife	Manaus (0,8303)	Manaus (0,7662)
Ribeirão Preto	Carapicuíba (0,7854)	Campina Grande (0,9005)
Rio Claro	-	Caçapava (0,9281)

Continuação da Tabela 14.

MUNICÍPIOS	REFERÊNCIAS (λ)	
	1998	2000
Rio do Sul	Fernandópolis (0,7905)	Rio do Sul (1,0000)
Salvador	Salvador (1,0000)	Salvador (1,0000)
Santa Bárbara d'Oeste	Carapicuíba (0,4147) e Fernandópolis (0,5853)	-
Santa Cruz do Sul	Carapicuíba (0,3836) e Fernandópolis (0,6164)	-
Santa Luzia	Carapicuíba (0,8161)	-
Santarém	Carapicuíba (0,9713)	-
Santo André	Campina Grande (0,6796) e Manaus (0,2598)	Campina Grande (0,8527)
Santos	Campina Grande (0,5211) e Carapicuíba (0,2625)	Campina Grande (0,8232)
São Bernardo do Campo	Carapicuíba (0,5730)	Campina Grande (0,8238)
São Caetano do Sul	Garça (0,9244)	São Caetano do Sul (1,0000)
São Gonçalo	Carapicuíba (0,6429) e Manaus (0,3571)	-
São José dos Campos	Carapicuíba (0,7392) e Manaus (0,2608)	-
Sorocaba	Carapicuíba (0,7301) e Manaus (0,2699)	Campina Grande (0,8061)
Teresina	Carapicuíba (0,5021) e Manaus (0,4535)	Campina Grande (0,6047) e Manaus (0,2673)
Timóteo	Carapicuíba (0,3938) e Fernandópolis (0,4454)	Caçapava (0,7785)
Ubá	Carapicuíba (0,3797) e Fernandópolis (0,6203)	-
Uberaba	Carapicuíba (0,9820)	Caçapava (0,5173) e Campina Grande (0,4827)
Uberlândia	Carapicuíba (0,7195) e Manaus (0,2805)	Campina Grande (0,5790) e Guarulhos (0,2549)
Umuarama	Carapicuíba (0,2727) e Fernandópolis (0,7273)	-

Continuação da Tabela 14.

MUNICÍPIOS	REFERÊNCIAS (λ)	
	1998	2000
Viamão	Carapicuíba (0,4516) e Garça (0,5037)	Caçapava (0,7646)
Vitória	-	Campina Grande (0,8377)
Vitória da Conquista	Carapicuíba (0,9500)	Vitória da Conquista (1,0000)
Volta Redonda	-	Campina Grande (0,9319)

O número de vezes que cada município eficiente aparece como a referência para aqueles ineficientes, após as restrições de pesos, é mostrado na Tabela 15.

Tabela 15: Número de vezes que cada município eficiente aparece como referência para os municípios ineficientes, após a restrição nos pesos

MUNICÍPIOS EFICIENTES	Nº DE VEZES COMO REFERÊNCIA	
	1998	2000
Belo Horizonte	1	-
Caçapava	-	9
Campina Grande	5	27
Carapicuíba	48	-
Caruaru	-	2
Fernandópolis	12	-
Garça	4	-
Goiânia	-	2
Guarulhos	-	3
Manaus	19	12
Rio do Sul	-	1
Salvador	5	6
São Caetano do Sul	-	1
Vitória da Conquista	-	2

Pode-se perceber, através da Tabela 15, que no ano de 1998, o município de Carapicuíba (SP) constitui referência para 48 municípios ineficientes, e o município de Manaus (AM), para 19. Analisando o ano 2000, o município de

Campina Grande (PB) passa a ser referência para 27 municípios. O número de municípios que utilizam como referência Caçapava (SP), Manaus (AM) e Salvador (BA) aumentam, enquanto os demais municípios referências mantêm ou diminuem os seus potenciais como benchmarkings. O município de Belo Horizonte (MG) que, no ano de 1998, servia de referência para Recife (PE), passa a ser referência somente para si mesmo.

Algumas informações expostas nos Anuários mostram que as características dos municípios eficientes são bem diversas, a exemplo do porte, onde a população varia de 40.000 habitantes (Garça) a mais de 2.000.000 de habitantes (Belo Horizonte e Salvador). O município de Carapicuíba (SP) pertence à Região Metropolitana de São Paulo, com topografia acidentada, possui em torno de 350.000 habitantes, tendo 3 operadoras privadas. Neste sentido é bastante similar a Campina Grande (PB), que também possui em torno de 350.000 habitantes, explora o comércio, a indústria e o turismo, tendo, ainda, um centro universitário regional. Campina Grande está situada no limite entre o agreste e o sertão da Paraíba, na serra da Borborema e possui 7 operadoras privadas. De porte menor (75.000 habitantes e apenas uma operadora privada) é o município de Caçapava, localizado no eixo Rio de Janeiro – São Paulo, uma das regiões mais privilegiadas do Vale do Parnaíba, sendo um centro industrial do setor alimentício, de metais, vidros e química.

Os municípios de Campina Grande (PB), Fernandópolis (SP) e Garça (SP) possuíam, no ano de 1998, até 10 linhas, enquanto o município de Carapicuíba possuía 24 linhas. Os demais municípios possuem entre 170 e 417 linhas. Isso mostra que o número de linhas existentes no município, que são operados por uma ou mais empresas, não é fator decisivo para torná-lo eficiente.

O município de Garça tem sua economia voltada para a agricultura. Os municípios de Belo Horizonte, Manaus e Salvador são capitais de seus respectivos estados. Belo Horizonte desenvolve sua economia através da indústria e extração mineral. Manaus, sede de zona franca, desenvolveu-se rapidamente nos últimos anos, com intensas atividades industriais e comerciais, servindo como ponto de exportação para os EUA e o Caribe.

Salvador possui sua economia também voltada para a indústria, o comércio e o turismo, conservando suas artes e cultura.

Dos municípios que se mostraram eficientes nos anos de 1998 e 2000, apenas Belo Horizonte (MG), Manaus (AM) e Salvador (BA) trabalham com Câmara de Compensação; os demais possuem sistema de remuneração direta.

A Idade Média da Frota, nos municípios eficientes, é de 3 a 4 anos, com exceção de Caruaru (6,2 anos), Garça (8 anos), Goiânia (5,7 anos), Rio do Sul (9,2 anos) e Vitória da Conquista (5,5 anos).

O software IDEAS também informa a equação do hiperplano. Através do valor de OMEGA (coeficiente linear da equação do hiperplano – ver Figura 16), pode-se identificar se os municípios eficientes estão trabalhando em região de retornos crescentes ou decrescentes à escala, definindo se os mesmos devem aumentar ou reduzir o porte de seus sistemas de transporte.

Antes da restrição à oscilação nos pesos das variáveis, no ano de 1998, os municípios de Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP) e Garça (SP) trabalhavam em regiões com retornos decrescentes à escala. Os municípios de Belo Horizonte (MG), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Manaus (AM), Porto Alegre (RS) e Salvador (BA) trabalhavam em regiões com retornos crescentes à escala. Após a imposição de restrições nos pesos, os municípios de Belo Horizonte (MG), Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Manaus (AM) e Salvador (BA) estão trabalhando em uma região com retornos crescentes à escala. Já os municípios de Fernandópolis (SP) e Garça (SP) trabalham em regiões de retornos decrescentes. Isto significa que em Garça e Fernandópolis, o sistema de transporte deve ser reduzido em termos de porte; para os demais, os respectivos sistemas de transporte devem ser ampliados.

Para o ano de 2000, dos 17 municípios que se mostraram eficientes antes da imposição de limites à variação dos pesos, apenas os municípios de Caçapava (SP), Erechim (RS), Rio do Sul (SC) e São Caetano do Sul (SP) atuam em regiões com retornos decrescentes à escala. Os demais municípios trabalham em regiões com retornos crescentes à escala. Após a imposição das restrições, os dez municípios que se mantiveram eficientes, apresentaram

diferentes condições de retornos à escala. Enquanto Caçapava (SP), Rio do Sul (SC) e São Caetano do Sul (SP) continuam trabalhando em regiões com retornos decrescentes à escala, indicativo de possibilidades de ganho associadas à eventual redução de porte, nos serviços de transporte coletivo, os demais permanecem com retornos crescentes à escala. Para estes últimos há possibilidade de ganhos de eficiência, através do aumento no tamanho de seus sistemas de transporte coletivo.

Outra característica verificada na análise, para cada município, foi o valor da tarifa. A tarifa média para os 67 municípios analisados, em 1998, foi de R\$0,76. Os municípios pertencentes às regiões nordeste e sul possuem tarifas abaixo da média, com exceção dos municípios de Foz do Iguaçu (PR) e Maringá (PR) que possuem tarifa de R\$0,80. Na região norte, os municípios de Manaus (AM) e Porto Velho (RO) possuem tarifas acima da média, sendo respectivamente de R\$0,80 e R\$0,90, enquanto o município de Santarém (PA) possui tarifa de R\$0,50. Na região Centro-Oeste os municípios de Brasília (DF) e Cuiabá (MT) possuem tarifas acima da média, sendo, respectivamente, de R\$1,25 e R\$0,80, enquanto o município de Goiânia possui tarifa de R\$0,70. Na região sudeste, os municípios pertencentes aos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais possuem tarifa abaixo da média, com exceção do município de Santa Luzia (MG), cuja tarifa é de R\$0,80. A maioria dos municípios com tarifa acima da média pertencem ao estado de São Paulo, que contribui com 21 dos 23 municípios analisados neste estado. Dos municípios eficientes, para o ano de 1998, Belo Horizonte (MG), Fernandópolis (SP), Garça (SP), Manaus (AM) e Salvador (BA) possuem tarifas próximas à média. O valor da tarifa em Campina Grande (PB) já é bem abaixo da média (R\$0,55) e, em Carapicuíba (SP) já é mais elevada (R\$1,00). Para o ano de 2000, a tarifa média foi de R\$0,95. Nas regiões Nordeste e Sul predominam tarifas abaixo da média com exceção de Curitiba (PR) e Foz do Iguaçu (PR) que possuem tarifa de R\$1,00. Na região Sudeste, predominam tarifas abaixo da média, com exceção para o município de Belo Horizonte (MG) que possui tarifa de R\$1,00 e a maioria dos municípios analisados do estado de São Paulo. Nas regiões Centro-Oeste e Norte predominam tarifas acima da média, com exceção de Goiânia (GO) que possui

tarifa de R\$0,80. Dos 15 municípios analisados no estado de São Paulo, apenas o município de Araraquara (SP) possui tarifa abaixo da média de R\$0,90.

Ainda, pode-se analisar as fontes e as magnitudes das ineficiências, para cada município ineficiente, indicando os produtos ou insumos cuja sub ou superutilização estaria impedindo que determinados municípios alcancem a fronteira. Pode-se, ainda, distinguir entre folgas proporcionais e residuais, onde um aumento proporcional em determinado produto não basta para que dado município se torne eficiente, determinando regiões onde são necessários aumentos e/ou reduções residuais, em determinados produtos ou insumos. As Tabelas 16 e 17 apresentam essas informações, obtidas com base nos modelos sem a imposição de restrições nos pesos.

Tabela 16: Fontes e quantias de ineficiências para cada município ineficiente, em 1998

MUNICÍPIOS	ESTA-DO	Folga Proporcional		Folga Residual				
		KMSER ANO	PASSA NO	KMSER ANO	PASSA NO	N° LINHAS	TOT FUNCÍ	TOT ONIB
ANGRA DOS REIS	RJ	0,440	1,538	2,882	0,000	0,000	0,520	0,000
BARUERI	SP	1,946	1,979	0,102	0,000	0,000	0,000	0,013
BELO HORIZONTE	MG	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BETIM	MG	0,072	0,109	1,885	0,000	0,842	1,667	0,000
BLUMENAU	SC	2,684	2,802	3,097	0,000	4,306	0,000	0,000
BRASILIA	DF	3,300	1,674	0,000	35,589	45,930	0,022	0,000
CAÇAPAVA	SP	0,280	0,249	0,012	0,000	0,226	0,220	0,000
CACHOEIRA DO SUL	RS	0,802	0,736	0,062	0,000	0,058	0,002	0,000
CAMPINA GRANDE	PB	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CAMPINAS	SP	11,678	9,373	0,000	0,000	4,113	11,998	0,000
CARAPICUIBA	SP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CARUARU	PE	0,358	0,496	1,327	0,000	0,000	0,304	0,000
CASCADEL	PR	1,797	1,955	0,524	0,000	0,395	0,736	0,000
CAUCAIA	CE	0,538	0,363	0,000	0,394	1,019	0,000	0,005

Continuação da Tabela 16.

MUNICÍPIOS	ESTA- DO	Folga		Folga Residual				
		Proporcional		KMSER ANO	PASSA NO	N° LINHAS	TOT FUNCI	TOT ONIB
		KMSER ANO	PASSA NO					
CAXIAS DO SUL	RS	1,603	2,142	3,267	0,000	0,946	0,000	0,000
CUIABA	MT	6,776	5,033	0,000	0,509	5,032	1,965	0,000
CURITIBA	PR	7,682	9,142	11,073	0,000	0,000	5,486	0,000
DIADEMA	SP	1,472	1,724	0,734	0,000	0,000	0,626	0,000
ERECHIM	RS	0,107	0,185	0,506	0,000	4,076	0,000	0,114
FEIRA DE SANTANA	BA	4,058	4,414	0,000	0,000	1,780	0,967	0,000
FERNANDOPOLIS	SP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FORTALEZA	CE	4,047	4,030	1,485	0,000	0,000	0,000	0,000
FOZ DO IGUAÇU	PR	3,186	2,961	0,000	0,000	0,000	0,457	0,000
FRANCISCO MORATO	SP	2,075	1,806	0,000	0,078	0,178	0,127	0,000
GARÇA	SP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
GOIANIA	GO	8,150	9,374	6,545	0,000	0,000	0,000	0,000
GOV. VALADARES	MG	0,953	1,294	1,628	0,000	0,000	1,126	0,000
GUARAPUAVA	PR	0,904	1,058	0,712	0,000	2,745	0,417	0,000
GUARULHOS	SP	8,926	7,079	0,000	3,000	0,000	1,860	0,000
ILHEUS	BA	1,776	1,888	0,394	0,000	1,510	0,335	0,000
JOAO PESSOA	PB	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
JUIZ DE FORA	MG	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
JUNDIAÍ	SP	3,035	2,968	0,000	0,000	0,264	0,227	0,000
LEME	SP	0,105	0,045	0,000	0,141	0,000	0,000	0,004
LIMEIRA	SP	0,968	0,849	0,000	0,000	0,000	2,329	0,000
MANAUS	AM	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MARINGÁ	PR	3,015	2,974	1,116	0,000	2,149	0,000	0,891
MOGI DAS CRUZES	SP	2,360	1,467	0,000	1,704	4,532	5,109	0,000
NATAL	RN	1,560	1,765	1,021	0,000	0,000	0,000	0,000
PETROPOLIS	RJ	2,296	2,777	0,000	0,000	4,936	0,176	0,000
PIRACICABA	SP	3,600	2,774	0,000	0,359	8,220	1,771	0,000
PORTO ALEGRE	RS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PORTO VELHO	RO	2,286	2,064	1,165	0,000	1,345	0,000	0,030
PRES. PRUDENTE	SP	2,202	1,632	0,000	0,728	2,322	0,574	0,000
RECIFE	PE	4,349	4,163	0,000	0,000	0,000	0,400	0,000
RIBEIRAO PRETO	SP	2,320	2,782	0,451	0,000	0,000	0,000	0,000

Continuação da Tabela 16.

MUNICÍPIOS	ESTA- DO	Folga		Folga Residual				
		Proporcional		KMSER ANO	PASSA NO	N° LINHAS	TOT FUNCI	TOT ONIB
		KMSER ANO	PASSA NO					
RIO DO SUL	SC	0,377	0,393	0,133	0,000	1,314	0,055	0,000
SALVADOR	BA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
STA BARB. D'OESTE	SP	0,641	0,665	0,280	0,000	0,977	0,065	0,000
STA CRUZ DO SUL	RS	0,118	0,161	0,450	0,000	2,306	0,000	0,149
STA LUZIA	MG	2,672	1,666	0,000	2,224	2,873	1,433	0,000
SANTAREM	PA	2,029	1,649	0,000	0,279	0,346	0,000	0,089
STO ANDRE	SP	4,003	3,958	0,000	0,000	0,000	4,377	0,000
SANTOS	SP	6,494	6,391	0,000	0,000	0,000	0,503	0,000
SÃO BERN. DO CAMPO	SP	2,149	2,017	0,000	0,000	0,000	1,718	0,000
SÃO CAET. DO SUL	SP	0,285	0,230	0,000	0,252	0,000	0,154	0,000
SÃO GONÇALO	RJ	5,649	4,090	0,000	0,555	0,000	2,710	0,000
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	3,255	2,943	0,000	0,000	0,555	3,484	0,000
SOROCABA	SP	4,557	4,362	0,000	0,000	0,000	0,137	0,000
TERESINA	PI	4,334	4,277	1,639	0,000	0,000	0,000	0,000
TIMOTEO	MG	0,558	0,611	0,354	0,000	0,000	0,085	0,000
UBA	MG	0,573	0,418	0,000	0,216	2,258	0,000	0,166
UBERABA	MG	1,877	1,620	0,000	0,085	0,618	0,688	0,000
UBERLANDIA	MG	4,130	3,974	0,000	0,000	0,000	1,547	0,000
UMUARAMA	PR	0,472	0,448	0,090	0,000	0,545	0,047	0,000
VIAMÃO	RS	0,523	0,398	0,000	0,229	0,878	0,000	0,392
VITORIA DA CONQUISTA	BA	0,028	0,042	1,755	0,000	0,315	0,660	0,000

Pela Tabela 16, observando os produtos KMSERANO e PASSANO, percebe-se que sua expansão proporcional, em 65% dos municípios, não seria suficiente para torná-los eficientes. As folgas residuais acontecem, em maior número, na variável KMSERANO, o que leva a crer que o aumento em KMSERANO pode levar a uma maior captação de passageiros, tornando esses sistemas mais eficientes.

Como se está trabalhando com modelos orientados para produto, não existem folgas proporcionais para os insumos, restando, apenas, as folgas residuais. A Tabela 16 mostra predominância de municípios com folgas no insumo TOTFUNCI (60% dos municípios), seguido do insumo N° LINHAS (49% dos municípios) e com menor folga no insumo TOTONIB (somente 15% dos municípios). O excesso na variável TOTFUNCI pode indicar práticas gerenciais ultrapassadas, que levam ao aumento no número de pessoal dentro das empresas. No caso da variável N° LINHAS, os municípios, normalmente, possuem linhas não rentáveis, mas que são de interesse social. O excesso na variável TOTONIB pode indicar que os investimentos em frota, para a maioria dos municípios, estão ajustados às suas necessidades.

Tabela 17: Fontes e quantias de ineficiências para cada município ineficiente em 2000

MUNICÍPIOS	ESTA-DO	Folga Proporcional		Folga Residual				
		KMSER ANO	PASSA NO	KMSER ANO	PASSA NO	N° LINHAS	TOT FUNCNI	TOT ONIB
ARARAQUARA	SP	0,578	0,422	0,000	0,822	0,000	0,000	0,000
BELO HORIZONTE	MG	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BETIM	MG	0,487	0,647	0,000	0,000	0,722	1,584	0,000
BLUMENAU	SC	1,756	1,763	0,000	0,000	8,654	0,000	0,000
BRASILIA	DF	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CAÇAPAVA	SP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CAMPINA GRANDE	PB	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CAMPINAS	SP	6,858	5,376	0,000	1,153	10,312	9,037	0,000
CAMPO GRANDE	MS	2,257	2,185	0,000	0,000	12,839	0,000	0,000
CARAPICUIBA	SP	0,822	0,678	0,000	0,593	0,000	0,000	0,000
CARUARU	PE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CUIABA	MT	4,312	3,880	0,000	0,000	3,704	0,000	0,000
CURITIBA	PR	8,071	8,595	3,627	0,000	0,000	0,000	0,000
ERECHIM	RS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FORTALEZA	CE	7,348	6,711	0,000	0,000	30,024	9,417	0,000

Continuação da Tabela 17.

MUNICÍPIOS	ESTA- DO	Folga Proporcional		Folga Residual				
		KMSER ANO	PASSA NO	KMSER ANO	PASSA NO	N° LINHAS	TOT FUNCI	TOT ONIB
FOZ DO IGUAÇU	PR	1,609	1,446	0,000	0,000	5,238	0,000	0,000
GOIANIA	GO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
GUARULHOS	SP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
JOAO PESSOA	PB	0,364	0,366	0,039	0,000	0,000	3,883	0,000
JUIZ DE FORA	MG	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
JUNDIAÍ	SP	2,040	1,818	0,000	0,000	5,063	0,000	0,000
LAGES	SC	0,426	0,526	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MACEIÓ	AL	3,298	3,078	0,000	0,000	0,000	0,335	0,000
MANAUS	AM	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MAUÁ	SP	0,636	0,766	0,419	0,000	0,000	0,377	0,000
NATAL	RN	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NOVO HAMBURGO	RS	1,372	1,567	0,000	0,000	2,573	0,000	1,138
PETROPOLIS	RJ	1,626	1,594	0,000	0,000	20,641	0,000	0,000
PIRACICABA	SP	1,497	1,049	0,000	0,000	7,155	0,000	0,000
PORTO ALEGRE	RS	0,189	0,227	11,595	0,000	4,767	0,000	5,051
PORTO VELHO	RO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
RECIFE	PE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
RIBEIRAO PRETO	SP	1,067	1,122	0,000	0,000	3,948	0,000	0,000
RIO CLARO	SP	0,143	0,100	0,000	0,089	1,252	0,000	0,046
RIO DO SUL	SC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SALVADOR	BA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
STO ANDRE	SP	0,876	0,852	0,000	0,213	0,000	0,000	1,313
SANTOS	SP	2,082	1,796	0,000	0,149	0,000	0,000	0,000
SÃO BERN. DO CAMPO	SP	0,617	0,529	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SÃO CAET. DO SUL	SP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SOROCABA	SP	2,765	2,527	0,000	0,000	4,174	0,000	0,000
TERESINA	PI	0,171	0,169	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TIMOTEO	MG	0,200	0,251	0,281	0,000	0,469	0,000	0,000
UBERABA	MG	0,286	0,146	0,000	0,672	0,777	0,000	0,000
UBERLANDIA	MG	3,532	2,598	0,000	0,000	1,029	0,000	0,000
VIAMÃO	RS	0,776	0,632	0,000	0,000	0,092	0,000	0,000

Continuação da Tabela 17

MUNICÍPIOS	ESTA- DO	Folga		Folga Residual						
		Proporcional		KMSER ANO	PASSA NO	KMSER ANO	PASSA NO	N° LINHAS	TOT FUNCI	TOT ONIB
		KMSER ANO	PASSA NO							
VITÓRIA	ES	2,916	2,896	0,000	0,000	0,000	2,811	0,000		
VITORIA DA CONQUISTA	BA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
VOLTA REDONDA	RJ	1,037	1,140	0,255	0,000	0,000	1,808	0,000		

A Tabela 17 informa que, para o ano de 2000, em 90% dos municípios, a expansão proporcional nos produtos KMSERANO e PASSANO, não seria suficiente para torná-los eficientes, pois permaneceriam folgas residuais. Essas folgas também se verificam nas variáveis KMSERANO e PASSANO, para 65,3% dos municípios. Em relação aos insumos, as folgas residuais mais freqüentes são observadas nas variáveis N° LINHAS (39%), TOTFUNCI (16%) e TOTONIB (8%).

O vale transporte, como comentado no Capítulo 7, constitui forma de antecipação de receita, às operadoras de transporte coletivo, e é subsidiado por empresas privadas, interessadas em reduzir o absenteísmo de seus funcionários. Entre os municípios analisados neste estudo percebeu-se que, em média, para o ano de 1998, 34,20% dos passageiros utilizaram o vale transporte. Para o ano de 2000, essa média subiu para 38,93% dos passageiros. Entre os municípios eficientes, o percentual de vales-transporte utilizado em relação ao número de passageiros, em Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP) e Manaus (AM), no ano de 1998, está abaixo da média, sendo respectivamente de 27%, 8% e 30%. Nos demais municípios eficientes, este percentual fica acima da média. O município de Fernandópolis (SP) não forneceu essa informação. No ano de 2000, entre os municípios eficientes, somente Guarulhos (SP) e Rio do Sul (SC) apresentam um percentual de utilização de vales-transporte acima da média (respectivamente, 47% e 45%). Os demais municípios eficientes possuem percentuais de utilização do vale-transporte abaixo da média. Os municípios de Campina Grande (PB), Goiânia (GO) e Manaus (AM) não forneceram essa informação para aquele ano. Estes

resultados parecem indicar que a venda de vales-transporte, disponibilizando uma receita para a operadora de transporte antecipadamente à prestação do serviço, não contribui para a eficiência do sistema. Uma possível causa deste fato talvez se associe à utilização deste recurso para custear outras despesas que não estão diretamente relacionadas à operação do sistema.

9.4 Análise de Eficiência para os Municípios pertencentes ao Grupo 2

O Grupo 2 constitui o maior subconjunto desta análise, e é composto por municípios que possuem até 1.000.000 habitantes. Aplicando neste grupo o modelo sem restrições nos pesos, foram encontrados os escores de Eficiência, apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Escores de Eficiência para os municípios pertencentes ao Grupo2, para os anos de 1998 e 2000

MUNICÍPIO	ESTADO	Escore BCC	
		1998	2000
ANGRA DOS REIS	RJ	0,6316	-
ARARAQUARA	SP	-	0,8701
BARUERI	SP	0,5061	-
BETIM	MG	0,9729	0,8499
BLUMENAU	SC	0,8070	0,8482
CAÇAPAVA	SP	0,7876	1,0000
CACHOEIRA DO SUL	RS	0,5564	-
CAMPINA GRANDE	PB	1,0000	1,0000
CAMPINAS	SP	1,0000	1,0000
CAMPO GRANDE	MS	-	0,8990
CARAPICUIBA	SP	1,0000	0,8965
CARUARU	PE	0,8688	1,0000
CASCAVEL	PR	0,6841	-

Continuação da Tabela 18.

MUNICÍPIO	ESTADO	Escore BCC	
		1998	2000
CAUCAIA	CE	0,7109	-
CAXIAS DO SUL	RS	0,7993	-
CUIABA	MT	0,9227	0,7610
DIADEMA	SP	0,5913	-
ERECHIM	RS	0,8077	1,0000
FEIRA DE SANTANA	BA	0,5979	-
FERNANDOPOLIS	SP	1,0000	-
FOZ DO IGUAÇU	PR	0,7834	0,8140
FRANCISCO MORATO	SP	0,4874	-
GARÇA	SP	1,0000	-
GOV. VALADARES	MG	0,7302	-
GUARAPUAVA	PR	0,5978	-
GUARULHOS	SP	0,8415	1,0000
ILHEUS	BA	0,6948	-
JOAO PESSOA	PB	1,0000	1,0000
JUIZ DE FORA	MG	1,0000	1,0000
JUNDIAÍ	SP	0,8290	0,8152
LAGES	SC	-	0,7696
LEME	SP	0,6652	-
LIMEIRA	SP	0,9081	-
MACEIÓ	AL	-	0,9709
MARINGÁ	PR	0,5374	-
MAUÁ	SP	-	0,9209
MOGI DAS CRUZES	SP	0,8064	-
NATAL	RN	1,0000	1,0000
NOVO HAMBURGO	RS	-	0,7903
PETROPOLIS	RJ	0,8413	0,9037
PIRACICABA	SP	0,8080	0,8357
PORTO VELHO	RO	0,9140	1,0000
PRESIDENTE PRUDENTE	SP	0,8044	-
RIBEIRAO PRETO	SP	0,8387	0,9399
RIO CLARO	SP	-	0,9072
RIO DO SUL	SC	0,4705	1,0000
SANTA BARBARA D'OESTE	SP	0,6119	-

Continuação da Tabela 18.

MUNICÍPIO	ESTADO	Escore BCC	
		1998	2000
SANTA CRUZ DO SUL	RS	0,8648	-
SANTA LUZIA	MG	1,0000	-
SANTAREM	PA	0,7689	-
SANTO ANDRE	SP	0,8776	0,9768
SANTOS	SP	0,7314	0,8849
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	0,9737	0,9710
SÃO CAETANO DO SUL	SP	0,8967	1,0000
SÃO GONÇALO	RJ	1,0000	-
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	0,9325	-
SOROCABA	SP	0,8869	0,8263
TERESINA	PI	1,0000	1,0000
TIMOTEO	MG	0,6633	0,8315
UBA	MG	0,5883	-
UBERABA	MG	0,6765	0,9330
UBERLANDIA	MG	0,8605	0,7948
UMUARAMA	PR	0,6184	-
VIAMÃO	RS	0,7146	0,7260
VITÓRIA	ES	-	0,7868
VITORIA DA CONQUISTA	BA	0,9891	1,0000
VOLTA REDONDA	RJ	-	0,8974
EFICIENCIA MÉDIA		0,8010	0,9105
MEDIANA		0,8079	0,9141
PERCENTIL 25		0,6784	0,8347
PERCENTIL75		0,9301	1,0000

Os municípios eficientes, nesta análise, para o ano de 1998, são: Campina Grande (PB), Campinas (SP), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP), Garça (SP), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Natal (RN), Santa Luzia (MG), São Gonçalo (RJ) e Teresina (PI). Neste caso, para o ano de 1998, dos 58 municípios avaliados, 11 se mostraram eficientes. No ano de 2000, os municípios de Caçapava (SP), Campina Grande (PB), Campinas (SP), Caruaru (PE), Erechim (RS), Guarulhos (SP), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Natal (RN), Porto Velho (RO), Rio do Sul (SC), São Caetano do Sul (SP),

Teresina (PI) e Vitória da Conquista (BA) foram classificados como eficientes. Dos 40 municípios analisados, 14 se mostraram eficientes.

O município que atribuiu peso máximo a cada variável é mostrado na Tabela 19.

Tabela 19: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo de Eficiência pelo Grupo 2 e os respectivos Municípios que atribuíram maior peso a cada variável, para os anos de 1998 e 2000

VARIÁVEIS	INTERVALO DE PESOS		MUNICÍPIO	INTERVALOS DE PESOS		MUNICÍPIO
	ϵ	Peso máximo		ϵ	Peso máximo	
KMSER-ANO	0,00001	6,05583	Garça	0,00001	0,30162	Rio do Sul
NºLINHAS	0,00001	5,61497	Garça	0,00001	0,07715	Rio do Sul
PASSANO	0,00001	2,66454	Fernandópolis	0,00001	0,43489	Rio do Sul
TOTFUNCI	0,00001	4,36471	Leme	0,00001	1,67045	Rio do Sul
TOTONIB	0,00001	5,20849	Garça	0,00001	0,32249	Timóteo

Apesar do intervalo de variação dos pesos ser menor, os limites extremos continuam associados aos municípios que, no caso livre de restrições, atribuiu pesos máximos às variáveis. A exceção é o município de Timóteo que, no ano de 2000, aplica peso máximo à variável TOTONIB, substituindo Curitiba, que não faz parte do Grupo 2.

Os municípios que servem de referência para aqueles ineficientes são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20: Municípios do Grupo 2 que servem de referências para os municípios ineficientes, para os anos de 1998 e 2000

MUNICÍPIOS	ESTA-DO	MUNICÍPIOS REFERÊNCIAS (λ)	
		1998	2000
ANGRA DOS REIS	RJ	Carapicuíba (0,5994)	-
ARARAQUARA	SP	-	Campina Grande (0,3293) e São Caetano do Sul (0,5303)
BARUERI	SP	Carapicuíba (0,6461)	-
BETIM	MG	Carapicuíba (0,8795)	Vitória da Conquista (0,7070)
BLUMENAU	SC	Carapicuíba (0,7179)	Campina Grande (0,8572)
CAÇAPAVA	SP	Fernandópolis (0,7590)	Caçapava (1,0000)
CACHOEIRA DO SUL	RS	Carapicuíba (0,3494) e Fernandópolis (0,6506)	-
CAMPINA GRANDE	PB	Campina Grande (1,000)	Campina Grande (1,0000)
CAMPINAS	SP	Campinas (1,0000)	Campinas (1,0000)
CAMPO GRANDE	MS	-	Teresina (0,7757)
CARAPICUIBA	SP	Carapicuíba (1,0000)	Campina Grande (0,2658), Porto Velho (0,3526) e São Caetano do Sul (0,3816)
CARUARU	PE	Carapicuíba (0,7270)	Caruaru (1,0000)
CASCADEL	PR	Carapicuíba (0,9215)	-
CAUCAIA	CE	Carapicuíba (0,3474) e Fernandópolis (0,6526)	-
CAXIAS DO SUL	RS	Carapicuíba (0,6628)	-
CUIABA	MT	Santa Luzia (0,4397) e Teresina (0,2991)	Campina Grande (0,3019) e Teresina (0,5131)
DIADEMA	SP	Carapicuíba (0,7157)	-
ERECHIM	RS	Garça (0,8000)	Erechim (1,0000)
FEIRA DE SANTANA	BA	Carapicuíba (0,6987) Juiz de Fora (0,3013)	-
FERNANDOPOLIS	SP	Fernandópolis (1,0000)	-
FOZ DO IGUAÇU	PR	Carapicuíba (0,6591)	Campina Grande (0,8294)
FRANCISCO MORATO	SP	Carapicuíba (0,7831)	-
GARÇA	SP	Garça (1,0000)	-
GOV. VALADARES	MG	Carapicuíba (0,9356)	-

Continuação da Tabela 20.

MUNICÍPIOS	ESTA-DO	MUNICÍPIOS REFERÊNCIAS (λ)	
		1998	2000
GUARAPUAVA	PR	Carapicuíba (0,5663) e Fernandópolis (0,4337)	-
GUARULHOS	SP	Campina Grande (0,3718) e Natal (0,6282)	Guarulhos (1,0000)
ILHEUS	BA	Carapicuíba (0,9215)	-
JOAO PESSOA	PB	João Pessoa (1,0000)	João Pessoa (1,0000)
JUIZ DE FORA	MG	Juiz de Fora (1,0000)	Juiz de Fora (1,0000)
JUNDIAÍ	SP	Carapicuíba (0,6698)	Campina Grande (0,7973)
LAGES	SC	-	Erechim (0,5256) e Vitória da Conquista (0,2844)
LEME	SP	Fernandópolis (0,6881) e Garça (0,2694)	-
LIMEIRA	SP	Campina Grande (0,2804) e Carapicuíba (0,6706)	-
MACEIÓ	AL	-	Natal (0,8085)
MARINGÁ	PR	Carapicuíba (0,9204)	-
MAUÁ	SP	-	Vitória da Conquista (0,6482)
MOGI DAS CRUZES	SP	Carapicuíba (0,8456)	-
NATAL	RN	Natal (1,0000)	Natal (1,0000)
NOVO HAMBURGO	RS	-	Vitória da Conquista (0,7592)
PETROPOLIS	RJ	Carapicuíba (0,4405) e Juiz de Fora (0,5595)	Campina Grande (0,5111)
PIRACICABA	SP	Carapicuíba (0,7038) e Juiz de Fora (0,2962)	Porto Velho (0,8330)
PORTO VELHO	RO	Carapicuíba (0,7948)	Porto Velho (1,0000)
PRES. PRUDENTE	SP	Carapicuíba (0,8197)	-
RIBEIRAO PRETO	SP	Campina Grande (0,2800) e Carapicuíba (0,3331)	Teresina (0,3006) e Vitória da Conquista (0,5088)
RIO CLARO	SP	-	Caçapava (0,7978)
RIO DO SUL	SC	Fernandópolis (0,8554)	Rio do Sul (1,0000)
STA BARBARA D'OESTE	SP	Carapicuíba (0,3615) e Fernandópolis (0,6386)	-
STA CRUZ DO SUL	RS	Carapicuíba (0,2508) e Garça (0,7493)	-

Continuação da Tabela 20.

MUNICÍPIOS	ESTA- DO	MUNICÍPIOS REFERÊNCIAS (λ)	
		1998	2000
STA LUZIA	MG	Santa Luzia (1,0000)	-
SANTAREM	PA	Carapicuíba (0,9495)	-
STO ANDRE	SP	Campina Grande (0,2655), João Pessoa (0,2874) e São Gonçalo (0,4170)	Campina Grande (0,6224) e Teresina (0,3091)
SANTOS	SP	Campina Grande (0,3963), São Gonçalo (0,2668) e Teresina (0,2718)	Campina Grande (0,5211) e Teresina (0,3273)
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	Carapicuíba (0,4134), João Pessoa (0,2663) e São Gonçalo (0,3179)	Porto Velho (0,3588) e Teresina (0,4210)
SÃO CAETANO DO SUL	SP	Garça (0,6573)	São Caetano do Sul (1,0000)
SÃO GONÇALO	RJ	São Gonçalo (1,0000)	-
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	Carapicuíba (0,3463) e São Gonçalo (0,3097)	-
SOROCABA	SP	Carapicuíba (0,4297) e Teresina (0,4852)	Campina Grande (0,4505) e Teresina (0,3886)
TERESINA	PI	Teresina (1,0000)	Teresina (1,0000)
TIMOTEO	MG	Carapicuíba (0,3666) e Fernandópolis (0,6249)	Caçapava (0,8029)
UBA	MG	Carapicuíba (0,2538) e Fernandópolis (0,7462)	-
UBERABA	MG	Carapicuíba (0,9798)	Caçapava (0,6345) e Porto Velho (0,3030)
UBERLANDIA	MG	Carapicuíba (0,3162) e São Gonçalo (0,3963)	Campina Grande (0,2721) e Guarulhos (0,4634)
UMUARAMA	PR	Fernandópolis (0,7590)	-
VIAMÃO	RS	Carapicuíba (0,3414) e Fernandópolis (0,6586)	Caçapava (0,7343)
VITÓRIA	ES	-	Campina Grande (0,6324) e João Pessoa (0,3452)
VITORIA CONQUISTA	DA BA	Carapicuíba (0,8434)	Vitória da Conquista (1,0000)

Continuação da Tabela 20.

MUNICÍPIOS	ESTA- DO	MUNICÍPIOS REFERÊNCIAS (λ)	
		1998	2000
VOLTA REDONDA	RJ	-	João Pessoa (0,2673) e Vitória da Conquista (0,5185)

Com a mudança na base analisada, alguns municípios que no conjunto anterior eram ineficientes passam a ser eficientes. Para o ano de 1998, esses são: Campinas (SP), Natal (RN), São Gonçalo (RJ), Santa Luzia (MG) e Teresina (PI), diminuindo, um pouco, a participação dos municípios de Campina Grande (PB) e Carapicuíba (SP) para alguns municípios ineficientes. No ano de 2000, surgem os municípios de Campinas (SP), João Pessoa (PB) e Teresina (PI).

Tabela 21: Número de vezes que cada município eficiente pertencente ao Grupo 2, aparece como referência para os municípios ineficientes, para os anos de 1998 e 2000

MUNICÍPIOS EFICIENTES	Nº DE VEZES COMO REFERÊNCIA	
	1998	2000
CAÇAPAVA	-	5
CAMPINA GRANDE	6	13
CAMPINAS	1	1
CARAPICUIBA	38	-
CARUARU	-	1
ERECHIM	-	2
FERNANDOPOLIS	12	-
GARÇA	5	-
GUARULHOS	-	2
JOAO PESSOA	3	3
JUIZ DE FORA	4	1
NATAL	2	2
PORTO VELHO	-	5
RIO DO SUL	-	1
SANTA LUZIA	2	-

Continuação da Tabela 21.

MUNICÍPIOS EFICIENTES	Nº DE VEZES COMO REFERÊNCIA	
	1998	2000
SÃO CAETANO DO SUL	-	3
SÃO GONÇALO	6	-
TERESINA	4	8
VITÓRIA DA CONQUISTA	-	7

As principais referências continuam sendo os municípios de Carapicuíba (SP) e Fernandópolis para esse conjunto menor de municípios (Grupo 2), para o ano de 1998; em 2000 continuam predominando, como referências, Campina Grande (PB) e Vitória da Conquista (BA).

Pela Tabela 21 percebe-se que o município de Campinas (SP) só serve de referência para si mesmo, tanto em 1998 como em 2000. Ainda, para o ano de 2000, os municípios de Caruaru (PE), Juiz de Fora (MG) e Rio do Sul (SC) também só servem de referência para si mesmos. Os municípios de Natal (RN) e Santa Luzia (MG), também servem de referência para Guarulhos (SP) e Cuiabá (MT), respectivamente no ano de 1998. O mesmo ocorre no ano de 2000, para os municípios de Erechim (RS), que serve de referência para Lages (SC); Guarulhos, que é referência para Uberlândia (MG) e Natal (RN), servindo de referência para Maceió (AL).

Aplicadas restrições nos pesos, obtêm-se redução no número de municípios eficientes, para cada ano, como será mostrado na Tabela 22.

Tabela 22: Escores de Eficiência para os municípios pertencentes ao Grupo 2, para os anos de 1998 e 2000, impondo restrições nos pesos

MUNICÍPIO	ESTADO	Escore BCC	
		1998	2000
ANGRA DOS REIS	RJ	0,4831	-
ARARAQUARA	SP	-	0,8260
BARJERI	SP	0,5021	-
BÉTIM	MG	0,6853	0,7036
BLUMENAU	SC	0,7503	0,7478

Continuação da Tabela 22.

MUNICÍPIO	ESTADO	Escore BCC	
		1998	2000
CAÇAPAVA	SP	0,6828	1,0000
CACHOEIRA DO SUL	RS	0,5477	-
CAMPINA GRANDE	PB	1,0000	1,0000
CAMPINAS	SP	1,0000	1,0000
CAMPO GRANDE	MS	-	0,8411
CARAPICUIBA	SP	1,0000	0,8021
CARUARU	PE	0,7575	1,0000
CASCAVEL	PR	0,6273	-
CAUCAIA	CE	0,6262	-
CAXIAS DO SUL	RS	0,7342	-
CUIABA	MT	0,8777	0,7348
DIADEMA	SP	0,5228	-
ERECHIM	RS	0,3764	0,5885
FEIRA DE SANTANA	BA	0,5639	-
FERNANDOPOLIS	SP	1,0000	-
FOZ DO IGUAÇU	PR	0,7756	0,7608
FRANCISCO MORATO	SP	0,4715	-
GARÇA	SP	1,0000	-
GOV. VALADARES	MG	0,6003	-
GUARAPUAVA	PR	0,4345	-
GUARULHOS	SP	0,7151	1,0000
ILHEUS	BA	0,6457	-
JOAO PESSOA	PB	1,0000	0,9588
JUIZ DE FORA	MG	1,0000	1,0000
JUNDIAÍ	SP	0,8131	0,7810
LAGES	SC	-	0,6413
LEME	SP	0,6125	-
LIMEIRA	SP	0,7809	-
MACEIÓ	AL	-	0,9391
MARINGÁ	PR	0,4981	-
MAUÁ	SP	-	0,8850
MOGI DAS CRUZES	SP	0,5971	-
NATAL	RN	1,0000	1,0000
NOVO HAMBURGO	RS	-	0,5678

Continuação da Tabela 22.

MUNICÍPIO	ESTADO	Escore BCC	
		1998	2000
PETROPOLIS	RJ	0,8133	0,8017
PIRACICABA	SP	0,7194	0,7077
PORTO VELHO	RO	0,8680	0,8803
PRESIDENTE PRUDENTE	SP	0,7636	-
RIBEIRAO PRETO	SP	0,8288	0,8485
RIO CLARO	SP	-	0,7760
RIO DO SUL	SC	0,3358	1,0000
SANTA BARBARA D'OESTE	SP	0,5227	-
SANTA CRUZ DO SUL	RS	0,5254	-
SANTA LUZIA	MG	0,9445	-
SANTAREM	PA	0,7430	-
SANTO ANDRE	SP	0,8054	0,9192
SANTOS	SP	0,7192	0,8690
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	0,9547	0,9373
SÃO CAETANO DO SUL	SP	0,7706	0,9907
SÃO GONÇALO	RJ	0,9880	-
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	0,8447	-
SOROCABA	SP	0,8701	0,7932
TERESINA	PI	1,0000	1,0000
TIMOTEO	MG	0,6150	0,7562
UBA	MG	0,4086	-
UBERABA	MG	0,6396	0,8247
UBERLANDIA	MG	0,8434	0,7856
UMUARAMA	PR	0,5484	-
VIAMÃO	RS	0,5567	0,6628
VITÓRIA	ES	-	0,7349
VITORIA DA CONQUISTA	BA	0,7802	1,0000
VOLTA REDONDA	RJ	-	0,8267
EFICIENCIA MÉDIA		0,7257	0,8473
MEDIANA		0,7386	0,8339
PERCENTIL25		0,5722	0,7597
PERCENTIL75		0,8622	0,9930

Com as restrições de pesos, os municípios de Santa Luzia (MG) e São Gonçalo (RJ) não conseguem se manter eficientes, no ano de 1998. Também, no ano de 2000, os municípios de Erechim (RS), João Pessoa (PB), Porto Velho (RO) e São Caetano do Sul (SP) não conseguem se manter eficientes, onde Erechim reduz significativamente seu escore de eficiência.

Após a análise dos dados referentes aos anos de 1998 e 2000, o modelo final foi testado para os dados do Anuário ANTP dos Transportes Urbanos – 1997. Com isso, é possível comparar os resultados para os três anos.

9.5 Comparação de Eficiências para os Anos de 1997, 1998 e 2000

Foi realizada uma comparação dos escores obtidos entre os anos de 1997 e 1998 e entre 1998 e 2000, com base em dados dos Anuários ANTP dos Transportes Urbanos. Deficiências de informações relativas a 1997 exigiram que alguns dados fossem estimados a partir do Anuário - 1996. Esta alternativa não se mostrou viável em todos os casos, sendo possível conservar apenas 43 dos 67 municípios analisados para 1998. O mesmo ocorreu para o ano de 2000, onde foram mantidos 40 dos 49 municípios analisados inicialmente. Como as bases de dados se modificaram (redução no número de municípios), a análise não se deteve na discriminação de unidades eficientes e ineficientes, avançando na identificação de tendências de crescimento (ou de redução) nos graus de eficiência observados, e concentrando a atenção sobre aqueles municípios que apresentaram grandes mudanças.

Aplicando o mesmo modelo para os anos de 1997, 1998 e 2000 e considerando as mesmas restrições de pesos, encontrou-se os resultados apresentados nas Tabelas 23 e 24.

Tabela 23: Comparação dos Escores de Eficiência para 43 municípios analisados para os anos de 1997 e 1998

MUNICÍPIOS	Estado	Escore BCC	
		1997	1998
BARUERI	SP	1,0000	0,5422
BELO HORIZONTE	MG	1,0000	1,0000
BLUMENAU	SC	0,6464	0,6366
BRASÍLIA	DF	0,9160	0,8609
CAMPINA GRANDE	PB	1,0000	1,0000
CAMPINAS	SP	0,6598	0,5838
CARAPICUIBA	SP	0,6625	1,0000
CARUARU	PE	0,8502	0,7955
CASCADEL	PR	0,6964	0,6055
CAXIAS DO SUL	RS	0,6898	0,6782
CUIABÁ	MT	0,8250	0,6065
FORTALEZA	CE	0,8376	0,8483
FOZ DO IGUAÇU	PR	0,7573	0,6538
GOIÂNIA	GO	0,7586	0,7047
GOV. VALADARES	MG	0,7391	0,5936
GUARULHOS	SP	0,5965	0,5065
ILHÉUS	BA	0,9457	0,6201
JOÃO PESSOA	PB	0,9465	0,9117
JUIZ DE FORA	MG	0,9874	0,8987
JUNDIAÍ	SP	0,7735	0,6855
LIMEIRA	SP	0,7342	0,7012
MANAUS	AM	1,0000	1,0000
MARINGÁ	PR	0,4576	0,4446
MOGI DAS CRUZES	SP	0,6143	0,4646
NATAL	RN	0,9617	0,8351
PETROPOLIS	RJ	0,8096	0,7167
PIRACICABA	SP	0,7137	0,5374
PORTO ALEGRE	RS	0,9379	0,9138
RECIFE	PE	0,8790	0,7934
RIBEIRÃO PRETO	SP	0,7700	0,7455
SALVADOR	BA	1,0000	1,0000

Continuação da Tabela 23

MUNICÍPIOS	Estado	Escore BCC	
		1997	1998
STA BÁRBARA D'OESTE	SP	1,0000	1,0000
SANTA LUZIA	MG	1,0000	0,7048
SANTO ANDRÉ	SP	0,7340	0,6550
SANTOS	SP	0,7118	0,5699
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	0,7559	0,7841
SÃO CAETANO DO SUL	SP	1,0000	1,0000
SÃO GONÇALO	RJ	0,4867	0,6989
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	0,8152	0,6670
SOROCABA	SP	0,7425	0,6891
TERESINA	PI	0,9317	0,7756
UBERABA	MG	0,8031	0,6015
UBERLÂNDIA	MG	0,7460	0,6797
EFICIÊNCIA MÉDIA		0,8115	0,7374
MEDIANA		0,8031	0,7012
PERCENTIL25		0,7239	0,6133
PERCENTIL75		0,9461	0,8546

Analisando a Tabela 23, para o ano de 1997, aplicando o modelo BCC, os seguintes municípios foram eficientes, divididos por grupo:

Grupo 1: Manaus (AM);

Grupo 2: Barueri (SP), Campina Grande (PB), Santa Bárbara d'Oeste (SP), Santa Luzia (MG) e São Caetano do Sul (SP);

Grupo 3: Belo Horizonte (MG) e Salvador (BA).

Para o ano de 1998, os seguintes municípios se mostraram eficientes, no modelo BCC:

Grupo 1: Manaus (AM);

Grupo 2: Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Santa Bárbara d'Oeste (SP) e São Caetano do Sul (SP);

Grupo 3: Belo Horizonte (MG) e Salvador (BA).

Dos 43 municípios analisados, 33 municípios tiveram sua eficiência reduzida de 1997 para 1998 e somente 4 municípios a ampliaram sendo que, desses quatro, apenas Carapicuíba (SP) e São Gonçalo (RJ) apresentaram ganhos razoáveis, de (50,94% e 43,60%, respectivamente). Os municípios de Belo Horizonte (MG), Campina Grande (PB), Manaus (AM), Salvador (BA), Santa Bárbara d'Oeste (SP) e São Caetano do Sul (SP) mantiveram suas performances nos dois anos analisados.

Tabela 24: Comparação dos Escores de Eficiência para 40 municípios analisados para os anos de 1998 e 2000

MUNICÍPIOS	ESTADO	Escore BCC	
		1998	2000
BELO HORIZONTE	MG	1,0000	0,9503
BETIM	MG	0,6715	0,6865
BLUMENAU	SC	0,6366	0,7234
BRASÍLIA	DF	0,8609	0,8677
CAÇAPAVA	SP	1,0000	1,0000
CAMPINA GRANDE	PB	1,0000	1,0000
CAMPINAS	SP	0,5838	0,6837
CARAPICUÍBA	SP	1,0000	0,8028
CARUARU	PE	0,7784	1,0000
CUIABÁ	MS	0,6065	0,7000
CURITIBA	PR	0,7632	0,8357
ERECHIM	RS	0,4526	0,5353
FORTALEZA	CE	0,8483	0,7919
FOZ DO IGUAÇU	PR	0,6538	0,7450
GOIÂNIA	GO	0,7047	1,0000
GUARULHOS	SP	0,5065	1,0000
JOÃO PESSOA	PB	0,9117	0,8977
JUIZ DE FORA	MG	0,8987	0,9614
JUNDIAÍ	SP	0,6855	0,7577
MANAUS	AM	1,0000	1,0000
NATAL	RN	0,8351	0,9883
PETRÓPOLIS	RJ	0,7167	0,7420
PIRACICABA	SP	0,5374	0,6873

Continuação da Tabela 24.

MUNICÍPIO	ESTADO	Escore BCC	
		1998	2000
PORTO ALEGRE	RS	0,9138	0,9165
PORTO VELHO	RO	0,7173	0,8714
RECIFE	PE	0,7934	0,8616
RIBEIRÃO PRETO	SP	0,7455	0,8278
RIO DO SUL	SC	1,0000	1,0000
SALVADOR	BA	1,0000	1,0000
SANTO ANDRÉ	SP	0,6550	0,9082
SANTOS	SP	0,5699	0,8454
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	0,7841	0,9145
SÃO CAETANO DO SUL	SP	1,0000	1,0000
SOROCABA	SP	0,6891	0,7582
TERESINA	PI	0,7756	0,9850
TIMÓTEO	MG	0,8475	0,7453
UBERABA	MG	0,6015	0,8125
UBERLÂNDIA	MG	0,6797	0,7534
VIAMÃO	RS	0,7670	0,6572
VITÓRIA DA CONQUISTA	BA	0,7767	1,0000
EFICIÊNCIA MÉDIA		0,7742	0,8553
MEDIANA		0,7713	0,8647
PERCENTIL25		0,6674	0,7514
PERCENTIL75		0,9020	0,9912

Dos 40 municípios analisados entre os anos de 1998 e 2000, somente seis municípios tiveram seus escores de eficiência reduzidos: Belo Horizonte (MG) em 5%, Carapicuíba (SP) com quase 20%, Fortaleza (CE) com 5,6%, João Pessoa com 1,4%, Timóteo (MG) com 10% e Viamão (RS) com 11%. O município de Carapicuíba (SP), importante referência para os demais municípios, apresentou redução significativa no seu escore de eficiência. Comparando as duas bases de dados analisadas, percebe-se um aumento de 81% no número de funcionários e na frota. Isso sugere que o crescimento nesses insumos foi além do permitido para manter seu sistema eficiente, ou seja, não está sendo totalmente aproveitado pelos seus usuários.

Aumentos razoáveis nos escores de eficiência (acima de 10%) aconteceram nos municípios de Campinas (SP), Caruaru (PE), Cuiabá (MT), Erechim (RS), Foz do Iguaçu (PR), Goiânia (GO), Guarulhos (SP), Jundiá (SP), Natal (RN), Piracicaba (SP), Porto Velho (RO), Ribeirão Preto (SP), Santo André (SP), Santos (SP), São Bernardo do Campo (SP), Sorocaba (SP), Teresina (PI), Uberaba (MG), Uberlândia (MG) e Vitória da Conquista (BA). Guarulhos sofre um aumento de quase 50% no seu escore de eficiência se mostrando eficiente no ano de 2000. Observa-se que este município sofreu uma redução no número de passageiros transportados entre os anos de 1998 e 2000 em torno de 25%; com isso, reduziu o número de funcionários em quase 15% e a frota em mais de 30%; porém os KMSERANO aumentaram, nesse período em quase 40%.

A queda na eficiência de 1997 para 1998, na maioria dos municípios analisados (76,7% dos casos) reflete alteração estrutural ocorrida a nível nacional. Pode-se destacar dois grandes marcos. O primeiro diz respeito às leis de licitações (Lei 8.666/93) e de concessões (Lei 8987/95) que se consolidaram a partir de 1997, exigindo que os órgãos gestores as aplicassem no momento de licitar novos serviços de transporte, mudando a forma de regulamentação do sistema. Outro marco importante foi o estabelecimento do Código Brasileiro de Trânsito, que começou a vigorar em 22/01/98, atribuindo novas competências aos municípios e obrigando os órgãos de gerência a se reestruturarem institucionalmente e a qualificarem seu quadro de pessoal para exercerem as novas funções de controle do seu trânsito e tráfego. As mudanças ocorridas no trânsito e tráfego podem ter levado as empresas a reestruturarem o seu serviço em relação às linhas ofertadas, a frota existente, ao número de funcionários necessários e, conseqüentemente, a freqüência do serviço.

Pode-se verificar que o município de Carapicuíba se tornou eficiente em 1998 porque, apesar de conservar o mesmo número de linhas e ter sofrido uma pequena redução no número de passageiros transportados (redução de 4%) de 1997 para 1998, o número de funcionários foi reduzido em quase 2/3 (de 1001 para 350 funcionários) e o número de ônibus pela metade (de 170 para 89 ônibus) do ano de 1997 para o ano de 1998. De acordo com o valor de

OMEGA, em 1997, esse município estava trabalhando em área com retornos decrescentes à escala, se tornando eficiente, em 1998, pela redução no tamanho de seu sistema de transporte. Já em 2000, um aumento em 81% no número de funcionários e na frota, fez com que seu escore de eficiência se reduzisse em quase 20%. Municípios como Campina Grande (PB), Manaus (AM) e Salvador (BA), apesar de mudanças sofridas nesse período conseguem se manter eficientes, se tornando exemplos de boas práticas.

Pode-se analisar, ainda, o porte das empresas pertencentes aos municípios, isto é, se as mesmas estão trabalhando em regiões com retornos crescentes ou decrescentes à escala, que auxiliará aquelas ineficientes quanto a estratégias que possam ser tomadas para sua evolução. O Quadro 6 apresenta as regiões de retornos que os diversos municípios estão trabalhando para os anos de 1997, 1998 e 2000, que foi identificada através do sinal do intercepto do hiperplano (OMEGA).

Quadro 6: Retornos de Escala para os municípios analisados para os anos de 1997, 1998 e 2000⁴⁷

MUNICÍPIOS	Retornos à Escala		
	1997	1998	2000
BARUERI	Decrescente	Decrescente	-
BELO HORIZONTE	Crescente	Crescente	Crescente
BETIM	-	Crescente	Crescente
BLUMENAU	Decrescente	Crescente	Crescente
BRASÍLIA	Crescente	Crescente	Crescente
CAÇAPAVA	-	Decrescente	Decrescente
CAMPINA GRANDE	Crescente	Crescente	Crescente
CAMPINAS	Decrescente	Crescente	Crescente
CARAPICUÍBA	Decrescente	Crescente	Decrescente
CARUARU	Decrescente	Decrescente	Decrescente
CASCADEL	Decrescente	Crescente	-
CAXIAS DO SUL	Decrescente	Crescente	-

⁴⁷ Em negrito, estão destacados os municípios que modificaram suas regiões de retornos à escala, no período de 1997 a 2000.

Continuação do Quadro 6

MUNICÍPIOS	Retornos à Escala		
	1997	1998	2000
CUIABÁ	Decrescente	Crescente	Crescente
CURITIBA	-	Crescente	Crescente
ERECHIM	-	Decrescente	Decrescente
FORTALEZA	Crescente	Crescente	Crescente
FOZ DO IGUAÇU	Decrescente	Crescente	Crescente
GOIÂNIA	Crescente	Crescente	Crescente
GOV. VALADARES	Decrescente	Crescente	-
GUARULHOS	Crescente	Crescente	Crescente
ILHÉUS	Decrescente	Crescente	-
JOÃO PESSOA	Crescente	Crescente	Crescente
JUIZ DE FORA	Crescente	Crescente	Crescente
JUNDIAÍ	Decrescente	Crescente	Crescente
LIMEIRA	Decrescente	Crescente	-
MANAUS	Decrescente	Crescente	Crescente
MARINGÁ	Decrescente	Crescente	-
MOGI DAS CRUZES	Decrescente	Crescente	-
NATAL	Crescente	Crescente	Crescente
PETRÓPOLIS	Crescente	Crescente	Crescente
PIRACICABA	Decrescente	Crescente	Crescente
PORTO ALEGRE	Crescente	Crescente	Crescente
PORTO VELHO	-	Crescente	Crescente
RECIFE	Crescente	Crescente	Crescente
RIBEIRÃO PRETO	Crescente	Crescente	Crescente
RIO DO SUL	-	Decrescente	Decrescente
SALVADOR	Crescente	Crescente	Crescente
SANTA BÁRBARA D'OESTE	Decrescente	Decrescente	-
SANTA LUZIA	Decrescente	Crescente	-
SANTO ANDRÉ	Crescente	Crescente	Crescente
SANTOS	Decrescente	Crescente	Crescente
SÃO BERNARDO DO CAMPO	Decrescente	Crescente	Crescente
SÃO CAETANO DO SUL	Decrescente	Decrescente	Decrescente
SÃO GONÇALO	Crescente	Decrescente	-
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	Decrescente	Crescente	-

Continuação do Quadro 6.

MUNICÍPIOS	Retornos à Escala		
	1997	1998	2000
SOROCABA	Decrescente	Crescente	Crescente
TERESINA	Crescente	Crescente	Crescente
TIMÓTEO	-	Decrescente	Decrescente
UBERABA	Decrescente	Crescente	Decrescente
UBERLÂNDIA	Crescente	Crescente	Crescente
VIAMÃO	-	Decrescente	Decrescente
VITÓRIA DA CONQUISTA	-	Decrescente	Crescente

Pode-se perceber, através do Quadro 6, que mais de 50% dos municípios, em 1997, trabalhavam em regiões com retornos decrescentes à escala. Já em 1998, esse percentual se reduz para apenas 20%. Isso sugere que as novas leis de licitações e concessões, juntamente com o Novo Código Nacional de Trânsito, vêm estimulando os órgãos gestores a reestruturarem seus sistemas de transporte, de forma a torná-los mais produtivos e eficientes. Alguns municípios que trabalhavam em regiões com retornos decrescentes à escala em 1997, passaram para regiões com retornos crescentes em 1998. Entre esses, verifica-se que Campinas (SP), Carapicuíba (SP), Cascavel (PR), Foz do Iguaçu (PR), Ilhéus (BA), Maringá (PR), Piracicaba (SP), Santos (SP) e São Bernardo do Campo (SP), reduziram seu porte como forma de se adaptarem a queda na demanda. Já Governador Valadares (MG) e Manaus (AM), com o aumento no número de linhas, na frota e quilômetros rodados e redução no número de funcionários tiveram um aumento proporcionalmente menor na demanda de passageiros. Santa Luzia (MG) aumentou significativamente de porte para acompanhar um aumento expressivo na demanda de passageiros. Ainda, Caxias do Sul (RS), Mogi das Cruzes (SP), São José dos Campos (SP), Sorocaba (SP) e Uberaba (MG), apesar de aumentarem seu porte, apresentaram uma pequena redução na demanda de passageiros (menos de 7%) em 1998 em relação a 1997.

Analisando, ainda, o Quadro 6, no ano de 2000, 22,5% dos municípios trabalham em regiões com retornos decrescentes à escala. A maioria mantém sua condição em relação a 1998, com exceção de Carapicuíba (SP) e Uberaba

(MG) que passam de regiões com retornos crescentes para decrescentes. O município de Carapicuíba (SP) aumentou significativamente seu porte nesse período. Já Uberaba (MG) sofreu uma queda na demanda de passageiros de mais de 30%. Ao contrário, Vitória da Conquista (BA) aumentou seu porte como forma de acompanhar o aumento na demanda de passageiros, passando a trabalhar em regiões com retornos crescentes à escala.

No Capítulo 10, serão comparados os escores de eficiência com as regulamentações existentes em alguns municípios brasileiros, como forma de identificar a importância das mesmas no fornecimento de um serviço eficiente e de qualidade para a população.

10. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO MODELO DE EFICIÊNCIA COM AS REGULAMENTAÇÕES EXISTENTES EM ALGUNS MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Neste capítulo serão comparados os resultados obtidos através do modelo de eficiência desenvolvido neste estudo, com as regulamentações existentes naqueles municípios brasileiros referenciados no Capítulo 3.

10.1. Municípios Brasileiros Analisados

Analisando as regulamentações existentes em alguns municípios brasileiros, através de diversas publicações sobre o tema, conforme apresentado no Capítulo 3, pode-se desenvolver uma comparação entre as mesmas e os respectivos escores de eficiência obtidos através do modelo de eficiência desenvolvido neste estudo. A seguir serão apresentados esses resultados.

Belo Horizonte: Com o modelo de eficiência determinado neste estudo, pode-se concluir que a BHTRANS vem desenvolvendo um trabalho de qualidade, mostrando-se eficiente na gestão de seu sistema de transporte urbano por ônibus. Porém, este município não se mostrou referência para outros, provavelmente devido às características locais de desenvolvimento dos primeiros transportistas, onde o município é servido por várias empresas de pequeno porte, cujos empresários se envolvem ativamente em problemas gerenciais e políticos do setor.

Brasília: Através desse estudo, constatou-se que o escore de eficiência nesse município fica em torno de 86% nos últimos anos. Existem folgas no N°

LINHAS e PASSANO, conforme se verifica na Tabela 17. Assim, sugere-se que seja realizado um estudo tentando reestruturar a rede existente, de forma a otimizar as linhas existentes. Ainda, é necessário rever a forma de licitar os serviços, tentando inserir novos operadores no sistema, definindo as condições de operação no edital, de forma que esses ofereçam um serviço com maior qualidade e, assim, tentar captar um maior número de passageiros.

Campinas: Pode-se verificar que, apesar de uma melhora na performance das operadoras, entre 1998 e 2000, a eficiência ainda permanece em torno de 68%. Esse município possui excesso nos insumos Número de Funcionários e Número de Linhas. Também se observa folga nos produtos KMSERANO e PASSANO. Análise destas variáveis indica aumento (em torno de 7%) nos KMSERANO, em linhas com maior demanda, poderia auxiliar no aumento do número de passageiros. Também é importante que o órgão gestor utilize processos de licitações como forma de redefinir as áreas de operação, otimizando as linhas existentes e determinando os serviços que devem ser ofertados à população, de forma a aumentar a demanda de passageiros e atender aos interesses de seus usuários. Com relação ao conjunto de municípios analisados, Campinas vem trabalhando em regiões com retornos crescentes à escala, o que indica que a mesma pode aumentar o porte de seu sistema de transporte.

Curitiba: O modelo aqui desenvolvido mostrou que, apesar de uma melhora no escore de eficiência entre 1998 e 2000, a eficiência desse sistema ainda é da ordem de 83%. As Tabelas 17 e 18, apresentam folgas na variável KMSERANO, cuja ampliação naquelas linhas de maior fluxo de passageiros, visando evitar a superlotação dos ônibus, poderia levar a uma maior captação de usuários potenciais para o sistema. Curitiba também trabalha em regiões com retornos crescentes à escala, podendo aumentar o porte de seu sistema.

Fortaleza: Pelo modelo aqui desenvolvido, percebe-se que a eficiência reduziu entre 1998 e 2000, ficando em 79%. Esse município também possui folga na

variável KMSEANO. Assim, da mesma forma que Curitiba, o aumento na quilometragem rodada poderia levar a uma maior captação de passageiros, diminuindo a ineficiência do sistema. Como Fortaleza trabalha em regiões com retornos crescentes à escala, pode aumentar o porte de seu sistema.

Porto Alegre: Analisando os escores de eficiência calculados a partir do modelo aqui desenvolvido, verifica-se que a eficiência de seu sistema está em torno de 81%. Verifica-se, ainda (Tabela 18), folga na variável KMSEANO, no Número de Linhas e Frota. Aqui, também seria de interesse uma ampliação nos quilômetros rodados, para melhor utilização da frota, o que poderia determinar maior captação de demanda, aumentando o escore de eficiência. Contudo, devem ser analisados, conjuntamente, os aumentos que o sistema vem sofrendo, nos últimos anos, no Número de Linhas, as quais devem demonstrar que vêm cumprindo sua finalidade de atender às necessidades dos usuários. Como este município vem trabalhando em regiões com retornos crescentes à escala, pode aumentar o porte de seu sistema de transporte.

Recife: Entre os anos de 1998 e 2000, sua eficiência aumentou, ficando em torno de 86%. Percebem-se folgas nas variáveis KMSEANO e PASSANO, onde o aumento nos quilômetros rodados poderia levar a um acréscimo na demanda de passageiros.

As principais referências para os municípios descritos acima são Manaus (AM) e Salvador (BA) que, apesar de possuírem restrições à entrada de novos operadores, conseguem se manter eficientes. Alguns diferenciais que podem levar a essa condição são o sistema informatizado de controle de transporte existente em Salvador, e o fato de considerar as condições técnicas/operacionais da empresa que opera na área, como forma de verificar se a mesma está apta para operar uma nova linha ou se há necessidade de processo licitatório. Em Manaus este procedimento já é usual.

10.2 Avaliação quanto à Regulamentação dos Municípios Eficientes e Ineficientes

Em relação aos municípios que se mostraram eficientes em 1998 e 2000, aqueles que enviaram informações sobre suas regulamentações no transporte coletivo por ônibus foram: Belo Horizonte (MG), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP), Manaus (AM), Rio do Sul (SC) e Salvador (BA).

Analisando os municípios citados acima, percebe-se que os sistemas de transporte coletivo por ônibus de Fernandópolis e Rio do Sul operam em regime de concessão precário, com contrato antigo e por prazo indeterminado. Os demais licitaram seus sistemas entre 1996 e 2001, contemplando as Leis de Licitações e Concessões.

Os municípios maiores (Belo Horizonte, Manaus e Salvador) vêm trabalhando com sistemas de compensação tarifária, onde a remuneração baseia-se na quilometragem rodada e no número de passageiros transportados, que são administrados pelos seus respectivos órgãos gestores. Esses municípios trabalham com essa forma de remuneração, também por possuírem um número maior de empresas operadoras (entre 7 e 50), e linhas deficitárias que necessitam ser operadas por sua função social. Nos demais municípios, com população entre 50.000 e 300.000 habitantes e possuindo entre 1 e 3 operadoras, as empresas se remuneram por arrecadação tarifária direta.

O município de Belo Horizonte criou um Índice de Desempenho Operacional (IDO), que avalia a performance das empresas componentes do sistema municipal de transporte por ônibus em relação ao cumprimento das normas e padrões estabelecidos pela BHTRANS para execução do serviço e à opinião do usuário quanto ao serviço prestado. Já no município de Rio do Sul, o poder público vem trabalhando junto à única empresa operadora para ampliar sua produtividade, incentivando redução de custos dentro da empresa, como

forma de beneficiar os usuários. Os demais municípios não possuem formas de incentivo ao aumento de produtividade ou à redução de custos.

Para o ano de 1998, o município de Carapicuíba (SP) é a principal referência para os municípios ineficientes. Pode-se verificar que houve uma redução significativa no número de funcionários e de ônibus neste ano, diminuindo, assim, os custos operacionais do sistema. Já em 2000, após um acréscimo de 81% no número de funcionário e na frota, este município reduziu em 20% seu escore de eficiência relativa.

Outras referências importantes no ano de 1998 são Manaus (AM) e Fernandópolis (SP). O município de Fernandópolis (SP), com população em torno de 60.000 habitantes, serve de referência para municípios pequenos, isto é, que possuem até 100.000 habitantes, com exceção de Caucaia (CE) que possui em torno de 230.000 habitantes, Santa Bárbara do Oeste (SP) com 168.000 habitantes e Santa Cruz do Sul (RS) com 104.000 habitantes, como pode ser constatado na Tabela 15. Não se pode verificar se Fernandópolis se mantém eficiente no ano de 2000, pois suas informações não constam no Anuário 2000. Já o município de Manaus (AM) serve de referência para municípios com mais de 400.000 habitantes, e também para Petrópolis (RJ). Este município possui 286.000 habitantes, e sua principal referência é o município de Carapicuíba (SP). Percebe-se que Manaus (AM), referência para várias capitais brasileiras como: Cuiabá (MT), Curitiba (PR), Fortaleza (CE), Goiânia (GO), João Pessoa (PB), Natal (RN), Porto Alegre (RS) e Recife (CE) (Tabela 15), também se mantém eficiente no ano de 2000.

Ainda no ano de 1998, o município de Belo Horizonte, apesar de se mostrar eficiente, não serve de referência para outros municípios. Talvez isso se deva a fato já mencionado neste capítulo: suas empresas de ônibus apresentam especificidades em relação ao panorama nacional, no que diz respeito às suas capacidades gerencial e política. No sistema de Belo Horizonte predominam empresas de pequeno porte e, apesar de não se manter eficiente no ano de 2000, a eficiência relativa deste município atinge 95%.

No ano de 2000, considerando os municípios eficientes, as informações disponíveis em relação à regulamentação do transporte coletivo por ônibus, se

restringem à Manaus (AM), Rio do Sul (SC) e Salvador (BA). A principal referência, para esse ano, no conjunto de municípios analisados, foi Campina Grande (PB), sobre o qual não foram obtidas informações relativas à regulamentação. Esse município também se mostrou eficiente em 1998 (Tabela 15). Campina Grande (ver Capítulo 8), possui em torno de 350.000 habitantes e serve de referência para municípios com população que variam entre 230.000 e 714.000 habitantes. O município de Manaus, no ano de 2000, serve de referência para municípios que possuem entre 800.000 e 2.100.000 habitantes. Entre esses municípios, pode-se citar as capitais de Curitiba (PR), Maceió (AL) e Recife (PE).

Dos municípios ineficientes que forneceram informações, somente três realizaram licitações na década de 90. Estes são: Santos (SP), São Bernardo do Campo (SP) e Uberaba (MG). Apesar de serem ineficientes, seus escores apresentaram melhora entre 1998 e 2000, sendo que Santos passou de 57% para 85%, São Bernardo do Campo aumentou de 78% para 91% e Uberaba cresceu de 60% para 81%.

Como já mencionado, alguns municípios, a exemplo de Brasília, Natal e Recife, só prevêem licitações no caso da criação de novas linhas, ou planejam novas licitações como Campinas, Fortaleza e Jundiaí.

Pode-se perceber que aqueles municípios que realizaram licitações para a concessão ou permissão de seus serviços de transporte coletivo por ônibus, quando não se mostraram eficientes, possuem escores de eficiência altos, isto é, estão próximos da fronteira eficiente (o que pode ser verificado na Tabela 14). Isso se verifica em Belo Horizonte (MG), Carapicuíba (SP), Manaus (AM), Salvador (BA), Santos (SP) e São Bernardo do Campo (SP).

Municípios como Fernandópolis (SP) e Rio do Sul (SC), possuem contratos de permissão antigos e conseguem se mostrar eficientes. Isso ocorre, possivelmente, por possuírem sistemas pequenos, compostos, muitas vezes, por uma única empresa. Assim, o poder público consegue maior controle dos processos produtivos ocorridos dentro da empresa, conciliando-os, através de negociações, com as necessidades de seus usuários.

Municípios como Brasília (DF), Natal (RN) e Recife (PE), que só prevêm licitações no momento da criação de novas linhas, possuem escores de eficiência entre 68% e 98% (conforme Tabela 14). Estes escores de eficiências poderiam ser ampliados, se os seus órgãos gestores se utilizassem desse importante instrumento que é a licitação, como forma de aumentar a competitividade entre as empresas para a exploração do serviço.

Outros municípios como Campinas (SP), Fortaleza (CE) e Jundiaí (SP) poderão melhorar seus escores de eficiência no momento que realizarem suas licitações, que já vem sendo planejadas, minimizando, com isso, os problemas atualmente enfrentados no sistema.

Assim, comprova-se a importância da realização de licitações dos serviços de transporte, definindo de forma detalhada, os serviços que devem ser ofertados à comunidade, formas de fiscalização, remuneração, incentivo à redução de custos dentro das empresas e aumento de produtividade. Como citado anteriormente, municípios maiores como Belo Horizonte (MG), Manaus (AM) e Salvador (BA), que já realizaram processos de licitações de seus sistemas, contemplando as novas leis de licitações e concessões, vêm se mostrando eficientes.

Segundo Brasileiro & Santos (1999), os quadros regulatórios dos diferentes segmentos dos mercados de transportes, devem, sempre, levar em consideração a importância das especificidades locais, que assumem papel preponderante na conformação dos mercados urbanos e metropolitanos.

Segundo Gomide & Orrico Filho (2000), as concessões ou permissões de que gozam as atuais empresas operadoras, na maioria das cidades brasileiras, foram delegadas sem prévio processo licitatório e muitas se encontram vencidas ou em caráter precário. Além disso, essas concessões e permissões foram sendo sucessivamente prorrogadas ao longo do tempo postergando, assim, a perspectiva de realização de certame competitivo. A nova legislação, que exige a licitação para a atribuição das novas concessões ou permissões (com prazo determinado para o seu término), afetará a estabilidade das atuais empresas operadoras, obrigando-as a disputar mercados que consideram cativos. Assim, a ameaça de entrada de novas

concessionárias constitui instrumento para induzir o mercado de transporte coletivo urbano por ônibus à busca de eficiência e qualidade na prestação dos serviços. Entretanto, o Art. 42, parágrafo 2º, da Lei 8.987/95, que fala somente do prazo mínimo para realização das licitações, não impondo um prazo máximo, poderá atrasar por muitos anos a aplicação destas novas leis.

De acordo com Santos & Orrico Filho (1998), as licitações podem desempenhar um papel regulador, substituindo a auto-regulação (que é impossível no mercado de transporte urbano), e de estímulo à eficiência (introduzindo a competição nesse setor). Através da utilização dos processos de licitações pode-se forçar as empresas operadoras a adotarem estratégias de redução de custos e de aumento de qualidade dos serviços, com repasse desses ganhos para a sociedade, dado a ameaça da possível entrada de uma empresa mais eficiente no mercado. Assim, a licitação constitui o momento adequado para se criar um novo quadro de relacionamento econômico e institucional, entre o Poder Público e as empresas operadoras.

Este estudo comprovou a importância da utilização de processos de licitações baseados nas novas Leis de Concessões e Licitações, identificando municípios que já realizaram suas licitações e que vêm se mostrando eficientes na prestação do serviço de transporte urbano por ônibus. Essas leis determinam que a seleção das empresas deve se dar por critérios econômicos, utilizando critérios técnicos para avaliar aquelas capazes de participarem do processo. A avaliação de critérios técnicos, poderá se dar através de modelos de eficiência, como o definido aqui, como forma de criar competitividade entre empresas que já participam do sistema e aquelas que desejam entrar no mercado. Aquelas que já participam do mercado, sofrendo processos de avaliações periódicos, obrigam-se a manter ou melhorar seus níveis de eficiência, se desejarem permanecer explorando os serviços concedidos.

Assim, pode-se concluir que a regulamentação do transporte coletivo por ônibus, apesar de tarefa ainda incipiente, é um importante instrumento para definição dos serviços que devem ser ofertados à população, para controle dos custos incorridos dentro das empresas e, conseqüentemente, para o aumento de produtividade das mesmas. Esse aumento de produtividade só será atingido

se forem criados, no momento do edital, dispositivos capazes de medir a eficiência com que as empresas vêm realizando seu papel como provedoras de um transporte que atenda as necessidades de seus usuários.

Este estudo propôs a utilização do método de Análise Envoltória de Dados para a avaliação de eficiência dos sistemas de transporte urbano por ônibus, em diversos municípios brasileiros. Esse método se mostrou consistente, quando os resultados obtidos foram comparados com as informações recebidas sobre as regulamentações de diversos municípios. Alguns municípios que já realizaram licitações contemplando as novas Leis de Concessões e Licitações se mostraram eficientes.

A eficiência de sistemas de transporte coletivo por ônibus trará benefícios não só para empresas e órgão gestor, que captarão um maior número de passageiros e, portanto, maior receita, mas principalmente para o usuário, que terá um serviço a sua disposição compatível com suas necessidades e seus recursos monetários.

Para isso, é essencial que se façam licitações periódicas, como forma de aumentar a concorrência entre empresas interessadas em operar os sistemas de transporte coletivo por ônibus, incluindo nos editais, mecanismos de avaliação de performance, como o proposto neste estudo, que levarão as mesmas a oferecerem um serviço de acordo com os interesses do Poder Concedente e, conseqüentemente, da comunidade em geral. Deve-se ainda, ter extremo cuidado no momento de se redigir o contrato que definirá os serviços, os prazos, a remuneração, restrições à entrada de novos operadores, e métodos de avaliação de desempenho, pois essa é uma oportunidade única para a obtenção de um serviço de transporte adequado com as necessidades locais e com qualidade.

11 CONCLUSÕES

As dificuldades em se avaliar a eficiência de serviços públicos, em especial o de transporte de passageiros por empresas privadas em regime de concessão ou permissão, em âmbito nacional, para subsidiar tomadas de decisão da administração pública, foram devidamente contornadas neste estudo. Dentre os métodos mais utilizados para medir eficiência, a Análise Envoltória de Dados (AED) se mostrou particularmente adequada para o cenário em questão decorrente das vantagens proporcionadas pelo método, ou seja, permite trabalhar com múltiplos produtos, não exige informações sobre os preços dos insumos e produtos e nem se apóia em hipótese de minimização de custos, como é usual em técnicas de Regressão.

A aplicação da técnica AED sobre os dados disponíveis nos Anuários ANTP dos Transportes Urbanos, permitiu o estabelecimento de fronteira de eficiência, identificando referências para unidades relativamente ineficientes, de forma a guiá-las para a esta fronteira. Isso ocorre porque a AED produz um conjunto de níveis de insumo/produto que ilustram práticas produtivas superiores, que servem de benchmarkings para as unidades ineficientes, com vistas à ampliação de suas performances. Assim, foi possível destacar, através dessa técnica, as principais referências para os municípios ineficientes para os anos de 1998 e 2000.

Analisando as folgas existentes em produtos e insumos, determinantes de ineficiência, percebe-se, em relação aos produtos KMSERANO e PASSANO que, para o ano de 1998, em 65% dos casos, o aumento proporcional não seria suficiente para torná-los eficientes. O maior número de folgas residuais se observa na variável KMSERANO. Para o ano de 2000, também se percebe folgas residuais nos produtos KMSERANO e PASSANO, embora, neste caso, as proporções se mostrem equivalentes (65,3% dos municípios). Os ônibus, às vezes, são subutilizados em determinadas linhas pelos passageiros, fato que pode ocorrer por dois motivos: (1) determinação do órgão gestor, para prestação de serviços em linhas que atendam bairros mais distantes, em

benefício das populações mais carentes. Trata-se de linhas que possuem função social, de escassa rentabilidade, onde a operadora não possui autonomia para ajustar a frequência do serviço à demanda observada ou, ainda, (2) municípios que trabalham com câmara de compensação tarifária, onde as operadoras são remuneradas pelos órgãos gestores, que calculam as respectivas remunerações através do número de quilômetros rodados, podem induzir as empresas a aumentarem sua quilometragem, trafegando com ônibus vazios. Esta prática, embora com impacto positivo sobre as receitas, leva, às vezes, a maior congestionamento em determinadas áreas, comprometendo a eficiência e a qualidade do sistema. Neste estudo, as folgas em KM SERANO indicam que deve haver aumento na variável, isto é, o ônibus deve trafegar com maior frequência, como forma de captar um maior número de passageiros, aumentando, assim, a eficiência nesses sistemas. No caso dos insumos, para o ano de 1998, percebe-se maior folga na variável TOTFUNCI (60% dos municípios ineficientes), seguido do insumo N° LINHAS (49% dos municípios ineficientes) e menor folga no insumo TOTONIB (somente 15% dos municípios). Já para o ano de 2000, o maior número de folgas residuais se dá na variável N° LINHAS (39%), seguido da variável TOTFUNCI (16%) e, por último, com menor número de folgas residuais, surge a variável TOTONIB (8%). Essas variações, em relação aos resultados de cada ano, se devem às distintas bases de municípios, pois o método calcula a eficiência de cada município em relação ao conjunto em questão. Em relação ao “número de linhas”, as folgas se devem ao fato, já comentado, de que algumas linhas possuem função social, e não podem ser extintas. No caso de folgas residuais na variável TOTFUNCI, apesar de se estar trabalhando com orientação para produto, onde se pretende aumentar a quantidade de produto, mantendo os insumos constantes, as folgas sugerem ser importante que as empresas analisem seu quadro de funcionários, verificando a possibilidade de remanejamentos.

A redução na eficiência, de 1997 para 1998, na maioria dos municípios analisados, reflete diferenciações de resposta a pressão comum, exercida sobre todos eles, indicando, possivelmente, alguma alteração ocorrida a nível

nacional. Pode-se destacar dois grandes marcos com influência suficiente para determinar estes resultados. O primeiro diz respeito às Leis de Licitações e de Concessões, que se consolidaram a partir de 1997, exigindo que os órgãos gestores as aplicassem no momento de licitar novas linhas. A legislação atual impôs importantes alterações na forma de regulamentação do sistema.

Outro marco importante foi a consolidação do Novo Código Brasileiro de Trânsito, que vigora desde 22/01/98, atribuindo novas competências aos municípios e obrigando os órgãos de gerência a se reestruturarem institucionalmente. Isto implicou em necessidade de qualificação de pessoal, para cumprimento das novas funções de controle do trânsito. As mudanças ocorridas no trânsito podem ter levado as empresas a reestruturarem o seu serviço em relação às linhas ofertadas, à frota existente, ao número de funcionários e, conseqüentemente, à freqüência do serviço.

Alguns municípios, apesar de sofrerem mudanças entre 1998 e 2000, não apenas conseguem se manter eficientes, como também se mostram exemplos de unidades de trabalho que realizam práticas de qualidade superior em seus sistemas de transporte coletivo por ônibus.

Como resultado dessa análise, percebe-se a consistência da técnica de Análise Envoltória de Dados quando se identificam municípios pequenos servindo de referência para municípios com até 100.000 habitantes e municípios grandes, como referência para aqueles que possuem acima de 400.000 habitantes.

Percebe-se, ainda, que aqueles municípios que realizaram licitações para a concessão ou permissão de seus serviços de transporte coletivo, por ônibus, quando não se mostraram eficientes, apresentaram escores de eficiência altos, situando-se próximos da fronteira eficiente. Isso reforça a importância da licitação como instrumento de regulamentação do sistema de transporte coletivo por ônibus. Dentre os aspectos mais relevantes destacam-se a possibilidade de definir o tipo de serviço que deve ser ofertado, bem como sua freqüência, características de sua qualidade, preço, etc. Ainda, através da licitação, pode-se desenvolver dispositivos de fiscalização, como formas de avaliações de desempenho das empresas operadoras, que obriguem as

empresas operadoras a manterem a qualidade de serviço com redução de custos, aumentando a produtividade.

Como os serviços são regulamentados localmente, verificam-se grandes diferenças no tratamento institucional sobre o serviço de transporte, nas diversas cidades. Normalmente, em cidades maiores, o controle do Poder Público sobre as concessionárias tende a ser mais firme, centrado no planejamento e na fiscalização da execução dos serviços de transporte coletivo concedidos. Já nas cidades menores, os Poderes Concedentes apenas administram os direitos dos concessionários, protegendo os interesses dos operadores já instalados, dificultando a entrada de novos operadores. Ou seja, os poderes públicos limitam-se a homologar pleitos e decisões dos empresários.

Apesar de já existirem regulamentos para a realização de licitações na maioria dos municípios, estas ainda não ocorreram, devido às possibilidades de dispensa incluídas nos próprios regulamentos. Quando realizadas, as licitações vêm impondo barreiras à entrada de novas operadoras. Isso determina mercados fechados, sem competição frente a potenciais concorrentes e sem elementos que induzam os operadores a esforços para a obtenção de reduções de custos, de busca de qualidade e, conseqüentemente, de ganhos de produtividade.

A nova legislação, ao exigir a licitação para a atribuição das novas concessões ou permissões, poderá afetar a estabilidade das atuais empresas operadoras, obrigando-as a disputarem o seu próprio mercado, para mantê-lo. Dessa forma, a ameaça de entrada de novas concessionárias constitui importante instrumento para conduzir o mercado de transporte coletivo urbano por ônibus a patamares superiores de eficiência e qualidade, na prestação de serviços.

Este estudo demonstrou que aqueles municípios que já realizaram licitações baseadas nas novas Leis de Concessões e Licitações, se não se mostraram eficientes, estão próximos da fronteira de eficiência. Também mostrou ser importante que as licitações incluam, em seus editais, menores restrições à entrada de novos operadores, com o intuito de aumentar a

competitividade no setor. Ainda, como forma de exigir que as empresas operadoras do sistema mantenham uma determinada qualidade na prestação do serviço, deve-se incluir, nesses contratos, formas de avaliação de desempenho, que sejam aplicadas periodicamente, nas empresas operadoras, sob ameaça das mesmas perderem o direito a exploração do serviço. Para isso, a técnica de Análise Envoltória de Dados, aplicada neste estudo, mostrou-se adequada.

Concluindo, a licitação para exploração de sistemas de transporte coletivo por ônibus constitui momento de extrema importância para obtenção de serviços que atendam às necessidades de deslocamento de seus usuários, reduzindo os problemas de congestionamento, as áreas não atendidas pelo sistema, a poluição, os acidentes e, conseqüentemente, melhorando a qualidade de vida da população local. Porém, essa regulamentação deve levar em consideração as características locais em relação às atividades desenvolvidas, à geografia, ao poder aquisitivo da população, às características dos empresários que atuam no setor, entre outras. Ainda, as operadoras precisam interagir de forma constante com o poder concedente, trocando informações e verificando suas áreas de atuação, como forma de oferecer um serviço que traga retornos não só para ambos, mas, principalmente, para os usuários do sistema e, indiretamente, para toda a população. Assim também se torna importante a participação de grupos sociais no momento de definir as regras para a regulamentação do sistema de transporte, já que o serviço é realizado para atender às necessidades desses grupos.

11.1 Limitações do Estudo

Embora os municípios eleitos para servir como referência na análise tenham sua importância destacada para medir a ineficiência dos demais, tal importância deve ser vista dentro do contexto da avaliação de resultados a partir do modelo desenvolvido que mede a eficiência relativa ao conjunto.

Ainda, conclusões mais detalhadas sobre as variáveis incluídas no modelo não foram possíveis, por dois fatores: (a) os Anuários da ANTP ainda se mostram bastantes incompletos para algumas variáveis, não sendo possível analisá-las em conjunto com aquelas incluídas no modelo e (b) quando foram solicitadas informações sobre as formas de regulamentação para os municípios analisados, alguns não responderam e outros não detalharam suficientemente seus comentários para que se pudesse realizar um estudo mais aprofundado.

Outra limitação, como pode ser verificado no Capítulo 9, percebe-se quando se impõem restrições nos pesos atribuídos pelos municípios às variáveis do modelo. Nessa situação, algumas unidades que operavam em regiões com retornos decrescentes à escala passam a operar em regiões crescentes à escala; o inverso também ocorre. Como o modelo mede a eficiência relativa ao conjunto de unidades avaliado, quando pesos são impostos às variáveis, os escores de eficiência dessas unidades se modificam, alterando suas posições em relação à fronteira envoltória. Com isso, alguns municípios que estavam atuando em regiões com retornos decrescentes à escala podem passar a operar em regiões crescentes e vice-versa. Essa é uma fragilidade encontrada na técnica AED, pois o modelo não resiste às restrições impostas e lê a realidade de forma distinta, quando a mesma não se alterou.

Finalmente, para que se possa aplicar a Análise Envoltória de Dados, esta exige disponibilidade de número relativamente grande de unidades a serem avaliadas, bem como informações detalhadas a respeito de cada uma delas. Porém essa restrição pode ser contornada, se forem incluídos, na análise, empresas de vários municípios, como de uma região metropolitana ou, até, de um mesmo estado.

11.2 Recomendações para a Administração Pública

Como já mencionado em capítulos anteriores, o Estado deve manter suas funções reguladoras sobre o transporte coletivo por ônibus, como forma de manter as condições mínimas de atendimento desse serviço público às

necessidades da população. Contudo, é importante que o mesmo acrescente em seus novos processos de licitação, instrumentos de monitoramento, isto é, formas de avaliação de desempenho.

Através da utilização dos processos de licitações a Administração Pública poderá forçar as empresas operadoras a adotarem estratégias de redução de custos e de aumento na qualidade dos serviços, incluindo-se, nessas licitações, medidas de eficiência para avaliação de desempenho, com repasse desses ganhos para a sociedade, dada a ameaça de entrada de novos concorrentes, no mesmo mercado. Assim, a licitação pode criar outras formas de relacionamento econômico e institucional, entre o Poder Público e as empresas operadoras, pois estabelece as novas regras de atuação de cada um e introduz elementos de competitividade nesse mercado. Essa pode ser a forma mais concreta para se enfrentar a crise existente neste setor.

Mediante sua freqüente realização, o processo de licitação garantirá que ganhos de produtividade sejam efetivamente buscados pelas empresas e repassados à sociedade, mediante o mecanismo da oferta mais vantajosa para a administração. Porém, é importante lembrar que as concessionárias, na tentativa de aumentar seus lucros, buscarão formas de contornar os obstáculos definidos na regulamentação. Assim, é imprescindível que os órgãos gestores executem constante revisão das regras definidas em edital, como forma de verificar se as mesmas estão cumprindo o papel para o qual foram criadas.

Assim, recomenda-se que as leis de licitações e concessões sejam revistas em relação ao prazo máximo permitido para que os órgãos gestores as apliquem, como forma de provocarem uma nova realidade de competição entre as empresas que desejam atuar no mercado de transporte coletivo por ônibus, incluindo nessas licitações, formas de avaliação de desempenho que, conforme demonstrado neste estudo, pode ser a de Análise Envoltória de Dados.

11.3 Recomendações para Estudos Futuros

Neste estudo foi desenvolvido um índice para medir eficiência que se mostrou consistente quando os resultados gerados foram comparados com as regulamentações existentes nos diversos municípios analisados. Como um trabalho incipiente, sugere-se que outros indicadores de eficiência sejam desenvolvidos a partir de bases de dados locais ou regionais, como forma de identificar outras variáveis que não foram aqui incluídas e que se mostrem importantes na análise de eficiência de municípios.

Como já comentado nas limitações desse estudo, é de extrema importância que sejam disponibilizados dados mais completos para que se possa desenvolver, com maior aprofundamento, análises sobre a eficiência do transporte público por ônibus. Com a importante colaboração da ANTP na publicação desses Anuários, tornando possível a realização desse estudo, sugere-se que essa associação incentive os diversos órgãos gestores municipais, responsáveis pelo transporte coletivo por ônibus, a complementarem as informações fornecidas a essa associação em relação às variáveis já incluídas nos Anuários. Essas variáveis são: quilômetros ociosos por ano, quilômetros em quebra, viagem média por passageiro (km), consumo de combustível (km/l), bem como detalhar melhor o número de pessoas que trabalham na administração das operadoras e que trabalham na gestão. É importante que os órgãos gestores dos diversos municípios brasileiros percebam os benefícios que os resultados de avaliações de desempenho, como os desenvolvidos nesse estudo, trarão para a gestão do transporte público por ônibus em seus municípios.

Ainda, é interessante que se aprofunde mais o estudo entre aquelas unidades que se mostraram eficientes, tentando identificar diferenças ou semelhanças em seus processos de regulamentação, como forma de aplicá-los naquelas unidades ineficientes.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. Anuário ANTP dos transportes públicos - 1996. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS – ANTP, São Paulo, 1996. 250p.

_____. Anuário ANTP dos transportes públicos - 1997. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS – ANTP, São Paulo, 1997. 287p.

_____. Anuário ANTP dos transportes públicos – 1998. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS – ANTP, São Paulo, 1998. 333p.

_____. Censo Demográfico do Brasil – 1991. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, São Paulo, 1991.

1 CONSULTING, Inc. **Integrated Data Envelopment Analysis System – IDEAS**: User Guide, USA, versão 5.1, 1995. 54p.

ABEL, Lecir. **Avaliação cruzada da produtividade dos departamentos acadêmicos da UFSC utilizando DEA (Data Envelopment Analysis)**, Florianópolis. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2000.

AFFONSO, Nazareno; HENRY, Etienne & MUNIZ, Maurício. Cidade modernista e duopólio privado no transporte coletivo em Brasília. In: BRASILEIRO, Anísio, HENRY, Etienne & TURMA. **Viação Ilimitada: ônibus das cidades brasileiras**. Cultura Editores Associados, São Paulo, SP, 1999, 636p., p. 491 – 534.

ALI, Agha Iqbal & SEIFORD, Lawrence M. The mathematical programming approach to efficiency analysis. In: FRIED, Harold O.; LOVELL, C. A. Knox; SCHMIDT, Shelton S. **The Measurement of Productive Efficiency - Techniques and Applications**. Oxford, 1993, 423p. p. 120 -159.

AMARAL, Odete dos Santos. **Avaliação da eficiência produtiva das unidades acadêmicas da Universidade do Amazonas, nos anos de 1994 e 1995, empregando análise envoltória de dados**, Florianópolis. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1999.

ANDERSEN, Per & PETERSEN, Niels Christian. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. **Management Science**, Odense, Denmark, v. 39, nº 10, p. 1261-1264, october 1993.

ANDERSON, Shirley C. The effects of government ownership and subsidy on performance: evidence from the bus transit industry. **Transportation Research**, nº 17A, p. 191-200, 1983.

ANTP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS. A escolha dos caminhos do Brasil. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 20, p. 7-24, 3º trimestre 1998.

ARAGÃO, Joaquim José Guilherme de. O Novo direito concessionário nacional: e agora, Ônibus brasileiro?. **Transporte em Transformação**. Confederação Nacional do Transporte – CNT, MAKRON Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, SP, p. 26 – 51, 1996.

ARAGÃO, Joaquim José Guilherme de. O novo direito concessionário nacional: e agora, ônibus brasileiro? In: ORRICO FILHO, Rômulo Dante; BRASILEIRO, Anísio; SANTOS, Enilson Medeiros dos; ARAGÃO, Joaquim José Guilherme de. **Ônibus Urbano: Regulamentação e Mercados**. Brasília, 300p, p. 171 – 187, 1996.

ARAGÃO, Joaquim José Guilherme de. Competição e propriedade em transporte público. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 20, p. 111-122, 3º trimestre 1998.

ARAGÃO, Joaquim José Guilherme de & FIGUEIREDO, Adelaide dos Santos. Produtividade e qualidade em empresas transporte coletivo urbano. **Revista dos Transportes Públicos – ANTP**, São Paulo, ano 15, p. 63 – 82, 1º trimestre 1993.

ARAGÃO, Joaquim & SANTOS, Enilson. Elementos conceituais para uma regulamentação sistêmica do transporte urbano de passageiros. **Transportes em Tempos de Reforma: ensaios sobre a problemática**, LGE Editora, Brasília, DF, 511p., p. 213 – 231, 2000.

ARAGÃO, Joaquim; BRASILEIRO, Anísio; SANTOS, Enilson & ORRICO FILHO, Rômulo. Sacudindo a poeira e construindo o novo ciclo de desenvolvimento do transporte público por ônibus. **Transportes em Tempos de Reforma: ensaios sobre a problemática**, LGE Editora, Brasília, DF, 511p., p. 33 – 52, 2000.

ARAGÃO, Joaquim; BRASILEIRO, Anísio; LIMA NETO, Oswaldo; SANTOS, Enilson & ORRICO FILHO, Rômulo. Construindo modelos de relações institucionais e regulatórias no transporte público urbano: algumas considerações metodológicas. **Transportes em Tempos de Reforma: ensaios sobre a problemática**, LGE Editora, Brasília, DF, 511p., p. 53 – 76, 2000.

- BADIN, Neiva Teresinha. **Análise da Produtividade de Supermercados e seu benchmarking**, Florianópolis. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1997.
- BANKER, R. D., CHARNES, A. & COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, USA, v. 30, nº 9, p. 1978-1092, september 1984.
- BELDA, Rogério. Cidades com qualidade de vida. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP** (Editorial), São Paulo, ano 19, pp. 5-6, 3º Trimestre 1997.
- BELLONI, José Ângelo. **Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidades Federais Brasileiras**, Florianópolis. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2000.
- BENJAMIN, Julian & OBENG, Kofi. The effect of policy and background variables on total factor productivity for public transit. **Transportation Research**, Great Britain, v. 24B, nº 1, p. 1-14, 1990.
- BERECHMAN, Joseph. Costs, economies of scale and factor demand in bus transport: an analysis. **Journal of Transport Economics and Policy**, v. 17, p. 7-24, January 1983.
- BERECHMAN, J. **Public Transit Economics and Regulation Policy**. North-Holland, Amsterdam, 1993, Cap. 5, p. 111-143: Analysis of transit cost and production structure.

- BERECHMAN, J. **Public Transit Economics and Regulation Policy**. North-Holland, Amsterdam, 1993, Cap. 6, p. 145-179: Analysis of transit productivity and efficiency.
- BERECHMAN, Joseph & GIULIANO, Genevieve. Analysis of the cost structure of an urban bus transit property. **Transportation Research**, USA, v. 18B, nº 4/5, p. 273-287, 1984.
- BERNDT, Ernst R. & CHRISTENSEN, Laurits R. The translog function and the substitution of equipment, structures and labor in U.S. manufacturing 1929-68. **Journal of Econometrics** 1, North-Holland Publishing Company, p. 81-113, 1973.
- BERTOZZI, Patrícia Pacheco & LIMA JR., Orlando Fontes. A qualidade no serviço de transporte público sob as óticas do usuário, do operador e do órgão gestor. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 21, p. 53-61, 4º trimestre 1998.
- BICALHO, Marcos. A dívida social no transporte coletivo. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 20, p. 33-41, 3º Trimestre 1998.
- BICALHO, Marcos; FERNANDES, Jurandir & MOUETTE, Dominique. A caminho da qualidade, encontro entre empresas e prefeitura em Campinas. In: BRASILEIRO, Anísio; HENRY, Etienne & TURMA. **Viação Ilimitada: Ônibus das cidades brasileiras**. Cultura Editores Associados, São Paulo, SP, 1999, 636p. p. 431 – 455.
- BLY, P. H. & OLDFIELD, R. H. The effects of public transport subsidies on demand and supply. **Transportation Research**, Great Britain, v. 20A, nº 6, p. 415-427, 1986.

- BODMER, Milena & SAENZ, Miriam Romero. Metodologia quantum de desempenho para empresas de transporte. **Transporte em Transformação**. Confederação Nacional do Transporte – CNT, MAKRON Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, SP, p. 72 – 93, 1996.
- BORTOLUZZI, Odorico Antônio. **Análise estocástica de um sistema macroeconômico brasileiro através de co-Integração e modelo de correção de erro**, Florianópolis. 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1997.
- BOUSSOFIANE, A., DYSON, R. G. & THANASSOULIS, E. Applied data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, North-Holland, nº 52, p. 1-15, 1991.
- BRASILEIRO, Anísio. A moderna empresa de ônibus urbanos no Brasil. **Revistas dos Transportes Públicos – ANTP**, São Paulo, ano 18, p. 39-51, 2º Trimestre 1996.
- BRASILEIRO, Anísio; ORRICO FILHO, Rômulo Dante & FORTES, José Augusto Abreu Sá. Produtividade e competitividade na regulamentação do transporte urbano: nove casos brasileiros. In: ORRICO FILHO, R. D. et al. **Ônibus urbano: regulamentação e mercados**. LGE – Linha Gráfica Editora, Brasília, DF, 1996, p. 155-169.
- BRASILEIRO, Anísio; SANTOS, Enilson Medeiros, ARAGÃO, Joaquim José Guilherme; ORRICO FILHO, Rômulo Dante. Pressupostos básicos para um novo modelo de regulamentação dos transportes por ônibus urbanos no Brasil. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE, XII ANPET, 1998, p. 524-535.

BRASILEIRO, Anísio. Rede integrada e viação diante do modelo urbanístico de Curitiba. In: BRASILEIRO, Anísio, HENRY, Etienne & TURMA. **Viação Ilimitada: ônibus das cidades brasileiras**. Cultura Editores Associados, São Paulo, SP, 1999, 636p., p. 457 – 490.

BRASILEIRO, Anísio e SANTOS, Enilson. Sucesso metropolitano no Recife e influências estatal e empresarial no Nordeste. In: BRASILEIRO, Anísio, HENRY, Etienne & TURMA. **Viação Ilimitada: ônibus das cidades brasileiras**. Cultura Editores Associados, São Paulo, SP, 1999, 636p., p. 187 – 230.

CAMPOS, Luiz Paulo Gião de & SZASZ, Pedro Álvaro. O ônibus urbano operando como sistema de média capacidade. **Revista dos Transportes Públicos – ANTP**, São Paulo, ano 18, p. 21-32, 1º Trimestre 1996.

CANÇADO, Vera L. Índice de desempenho operacional: aplicação e análise do modelo de Belo Horizonte. CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE, XII ANPET, 1998, p. 211-222.

CANÇADO, Vera; CRUZ, Marcus Vinícius; SIQUEIRA, Moema & WATANABE, Fernanda. Capacidade gerencial das empresas de ônibus frente ao órgão gestor em Belo Horizonte. In: BRASILEIRO, Anísio, HENRY, Etienne & TURMA. **Viação Ilimitada: ônibus das cidades brasileiras**. Cultura Editores Associados, São Paulo, SP, 1999, 636p., p. 283 – 314.

CARVALHO, Carlos Henrique R. Resultado da pesquisa da NTU sobre vale transporte. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 20, p. 69-77, 2º Trimestre 1998.

CEDANO, Carlos Alberto. O consenso básico: a problemática do transporte urbano. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 22, , pp. 43-52. 4º Trimestre 1999.

- CEDEÑO, Leivis Malavé & BODMER, Milena. Mudanças no foco gerencial das empresas de transporte. CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, XII ANPET, 1998, p. 64-75.
- CERVERO, Robert. Cost and performance impacts of transit subsidy programs. **Transportation Research**, Great Britain, v.18A, nº 5/6, p. 407-413, 1984.
- CHARNES, Abraham; COOPER, William; LEWIN, Arie Y.; SEIFORD, Lawrence M. **Data envelopment analysis; theory, methodology and applications**. London, Kluwer Academic Publishers, 1996. 511p.
- COELLI, Tim; RAO, D. S. Prasada; BATTESE, George E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. London: Kluwer Academic Publishers. 1997. 275p.
- COSTA, Beatriz; LINDAU, Luis Antonio; NODARI, Christine; SENNA, Luiz e VEIGA, Ivanice. Ônibus e lotação, uma experiência de convívio regulamentado em Porto Alegre. In: BRASILEIRO, Anísio, HENRY, Etienne & TURMA. **Viação Ilimitada: ônibus das cidades brasileiras**. Cultura Editores Associados, São Paulo, SP, 1999, 636p., p. 337 – 370.
- CUNHA FILHO, Otávio Vieira da. Novos modelos de gestão para o transporte urbano. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP (Editorial)**, São Paulo, ano 20, p. 5-6, 3º Trimestre 1998.
- DALMAS, José Carlos. **Fronteiras de eficiência produtiva de cursos de graduação: os cursos de administração da região sul do Brasil**, Florianópolis. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2000.

De BORGHER, Bruno L. Cost and productivity in regional bus transportation: the Belgian case. **The Journal of Industrial Economics**, v. 23, p. 37-54, september 1984.

De MORI, Cláudia. **Mensuração da eficiência produtiva de unidades de produção agrícola considerando aspectos agroeconômicos e agroenergéticos**, Florianópolis. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1998.

DOMINGUES, Luzia de Jesus. **Avaliação da eficiência de supermercados com o uso de DEA, incluindo variáveis qualitativas**, Florianópolis. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1998.

EPSTEIN, Michael K. & HENDERSON, John C. Data envelopment analysis for managerial control and diagnosis. **Decision Science**, Cambridge, v. 20, p. 90-119, 1989.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, series A, v.120, part III, p. 253 – 281, 1957.

FENSTERSEIFER, Jaime Evaldo. Eficiência e eficácia no transporte público urbano. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 9, nº 34, p. 7-24, 1986.

FERNANDES, Fátima Sobral & BODMER, Milena. Gestão empresarial da qualidade nos transportes: aproximação entre teoria e prática. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 18, p. 33-43, 4º Trimestre 1995.

FIELDING, Gordon J., GLAUTHIER, Roy E. & LAVE, Charles A. Performance indicators for transit management. **Transportation**, Netherlands, nº 7, p. 365-379, 1978.

FIELDING, Gordon J., BABITSKY, Timlynn T. & BRENNER, Mary E. Performance Evaluation for Bus Transit. **Transportation Research**, Great Britain, v. 19A, nº 1, p. 73-82, 1985.

FIRMINO, Antonio Carlos. **A estimação de funções-custo tipo translog: aplicação à cabotagem brasileira**. São Paulo, 1982. 219p. Dissertação (Mestrado em Economia). Faculdade de Economia e Administração. USP, 1982.

GATHON, H. J. & PESTIEAU, P. Decomposing efficiency into its managerial and its regulatory componentes: the case of european railways. Department of Economics, University of Liège, p. 1-12, 1992.

GOLANY, B. & ROLL, Y. An application procedure for DEA. **OMEGA Int. Journal of Managment Science**, Great Britain, v. 17, nº 3, p. 237-250, 1989.

GOMIDE, Alexandre de Ávila. Licitações no transporte urbano por ônibus. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 22, p. 7-28, 1º Trimestre, 2000.

GOMIDE, Alexandre & ORRICO FILHO, Rômulo. Concessões de serviços de ônibus urbanos: a necessária introdução da comeptitividade e o papel das licitações **Transportes em Tempos de Reforma: ensaios sobre a problemática**, LGE Editora, Brasília, DF, 511p., p. 139 – 161, 2000.

GREENE, William H. The econometric approach to efficiency analysis. In: FRIED, Harold O., LOVELL, C. A. Knox, SCHMIDT, Shelton S. **The Measurement of Productive Efficiency - Techniques and Applications**. Oxford, 1993, 423p. p. 68 -119.

GRUPO EXECUTIVO DE TRANSPORTE URBANO. Política Nacional para o Transporte Urbano – documento para discussão. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Presidência da República, janeiro de 2001, 44p.

HAUSCHILD, Aurélio & ALCÂNTARA, Lília. A eficácia do vale transporte e a proposta de substituição. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 20, p. 79-86, 2º Trimestre 1998.

HENSHER, David A. Editorial. **Transportation Research**, Great Britain, v. 26A, nº 6, p. 433-434, 1992.

HUSAIN, Nooreha, ABDULLAH, Mokhtar e KUMAN, Suresh. Evaluating public sector efficiency with data envelopment analysis (DEA): a case study in Road Transport Department, Selangor, Malaysia. **Total Quality Management**, vol. 11, nº 4/5&6, p. 830-836, 2000.

JANSSON, Jan Owen. **Transport System Optimization and Pricing**. Great Britain: Pitman Press, Bath. 1984. 280p.

JARA-DIAZ, Sergio R. Transportation product, transportation function e cost functions. **Transportation Science**, vol. 16, nº 4, p. 522-539, november 1982.

JUNQUEIRA, Laurindo & PINTO, Valeska Peres. O trânsito e o desenvolvimento urbano. **Revista dos Transporte Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 22, p. 53-74, 4º Trimestre 1999.

- KEELER, Theodore E. Railroad costs, returns to scale and excess capacity. **The Review of Economics and Statistics**, pp. 201-208, July 1973.
- KERSTENS, K. Technical efficiency measurement and explanation of French urban transit companies. **Transportation Research**, Great Britain, vol. 30A, nº 6, p. 431-452, 1996.
- KIM, Moshe. Total factor productivity in bus transport. **Journal of Transport Economics and Policy**, London, v. XIX, nº 2, p. 173-182, 1985.
- KUMBHAKAR, Subal C. & LOVELL, C. A. Knox. **Stochastic Frontier Analysis**. United Kingdom: Cambridge University Press. 2000. 333p.
- LEI (8.987/95). **Regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos**. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Presidência da República, 13 de fevereiro de 1995. <http://www.art48.adm.br/txleis.htm>.
- LIMA, I. M. O. Eficiência e qualidade em regime de concessão. **Revista dos Transportes Públicos – ANTP**, São Paulo, ano 17, p. 77-95, 4º Trimestre 1994.
- LIMA, Cláudio Vianna de. Os avanços e limites da lei de arbitragem. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 20, p. 105-120, 2º Trimestre 1998.
- LIMA, I. M. O. **O velho e o novo na gestão da qualidade do transporte urbano**. São Paulo: Edipro, 1996.

- LOPES, Ana Lucia Miranda. **Avaliação cruzada da produtividade e qualidade de departamentos acadêmicos de uma Universidade com um modelo de análise envoltória de dados e conjuntos difusos**, Florianópolis. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1998.
- LOVELL, C. A. Knox. Production frontiers and productive efficiency. In: FRIED, Harold O., LOVELL, C. A. Knox, SCHMIDT, Shelton S. **The Measurement of Productive Efficiency - Techniques and Applications**. Oxford, 1993, 423p. p. 3 -67.
- MANSFIELD, E. **Microeconomia: teoria e aplicações**. São Paulo: Campus Ltda, 2ª edição, 1980. 466p.
- MELGAREJO, Leonardo. **Desempenho, eficiência multidimensional e previsão de possibilidade de sucesso em assentamentos de reforma agrária, no Rio Grande do Sul**, Florianópolis. 2000. 2 v. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2000.
- MOHRING, Herbert. Optimization and scale economies in urban bus transportation. *American Economic Review*, vol. 62, p. 591-604, 1972.
- MOITA, Márcia Helena Veleda. **Medindo eficiência relativa de escolas municipais da cidade do Rio Grande (RS) usando a abordagem DEA (Data Envelopment Analysis)**, Florianópolis. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1995.

- MOREIRA, Daniel Augusto. **Medida da Produtividade na Empresa Moderna**. São Paulo: Pioneira, 1991. 147p.
- MÜLLER, Jürgen. On sources of measured technical efficiency: the impact of information. **American Journal of Agricultural Economics**, vol. 56, nº 4, p. 730-738, november, 1974.
- NIEDERAUER, Carlos Alberto Pittaluga. **Avaliação dos bolsistas de produtividade em pesquisa da engenharia de produção utilizando data envelopment analysis**, Florianópolis. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1998.
- NOBRE, Maria da Penha Pereira. O que muda como o novo Código Nacional de Trânsito. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 20, p. 99-104, 2º Trimestre 1998.
- NORMAN, Michael & STOKER, Barry. **Data Envelopment Analysis - The Assessment of Performance**. England: John Wiley & Sons Ltd., 1991. 256p.
- NOVAES, Antonio G. N. & CONSTANTINO, Ademir A. Benchmarking Rapid-Transit Services with Data Envelopment Analysis, Transactions. VIII Chilean Congress on Transportation Engineering, Santiago, Chile, 1997. p. 175 - 187.
- NOVAES, Antonio G. N. Rapid-transit efficiency analysis with the assurance-region DEA method. **Pesquisa Operacional**, v.21, nº2, p. 179 – 197, 2001.

OBENG, Kofi, ASSAR, Nasir & BENJAMIN, Julian. Total factor productivity in transit systems: 1983 - 1988. **Transportation Research**, Great Britain, vol. 26A, nº 6, p. 447 – 455, 1992.

ORRICO FILHO, Rômulo Dante. Ônibus urbanos - custos de capital, manutenção e tarifas. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 18, p. 73-84, 4º Trimestre 1995.

ORRICO FILHO, Rômulo Dante; BRASILEIRO, Anísio e FORTES, José Augusto Abreu Sá. Produtividade e competitividade na regulamentação do transporte urbano: nove casos brasileiros. In: ORRICO FILHO, Rômulo Dante; BRASILEIRO, Anísio; SANTOS, Enilson Medeiros dos; ARAGÃO, Joaquim José Guilherme de. **Ônibus Urbano: Regulamentação e Mercados**. Brasília, 1996, 300p. p. 155 – 169.

ORRICO FILHO, Rômulo Dante e SANTOS, Enilson Medeiros dos. Transporte Coletivo urbano por ônibus: regulamentação e competição. In: ORRICO FILHO, Rômulo Dante; BRASILEIRO, Anísio; SANTOS, Enilson Medeiros dos; ARAGÃO, Joaquim José Guilherme de. **Ônibus Urbano: Regulamentação e Mercados**. Brasília, 1996, 300p. p. 193 – 217.

OUM, Tae H. & YU, Chunyan. **An international comparison of the economic efficiency of passenger railway systems**. Research Division Report nº RES91-21, The Royal Commission on National Passenger Transportation, Ottawa, Canada.

OUM, Tae H., TRETHERWAY, Michael W. & WATERS, W. G. Concepts, methods and purposes of productivity measurement in transportation. **Transportation Research**, Great Britain, v. 26A, nº 6, pp. 493 – 505, 1992.

PAIVA, Francisco Canindé de. **Eficiência produtiva de programas de ensino de pós-Graduação da área das engenharias: uma aplicação do método análise envoltória de dados – DEA**, Florianópolis. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2000.

PAIVA JÚNIOR, Humberto de & LIMA JÚNIOR, Orlando Fontes. Avaliação de desempenho de sistemas e serviços de transportes utilizando a abordagem integrada DEA/AHP. CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE, XIII ANPET, 1999, p. 288-299.

PAREDES, Edijane Barboza. **Análise de componentes principais e procedimento iterativo de Norman e Stoker: técnicas alternativas para identificação dos insumos e produtos relevantes no emprego da análise envoltória de dados para avaliação da eficiência técnica de instituições de ensino superior**, Florianópolis. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1999.

PEARSON, Kate. Data envelopment analysis: an explanation. **Bureaus of Industry Economics** (Working Paper), Canberra, nº 83, p.1 – 44, 1993.

PEREIRA, Willian Alberto de Aquino; CRUZ, Denise Cadete Guazzinelli & BRUNI, Bernadete Ballarin. Aspectos dos transportes urbanos entre 1998 e 1999. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 22, p. 19-27, 4º Trimestre 1999.

PIRES, Ailton Brasiliense. A implantação do novo Código (Editorial). **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 21, p. 5-6, 4º Trimestre 1998.

- PORTES, Antônio Alberto Grossi. Novo código impõe mudanças de gestão. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 20, p. 99-110, 3º Trimestre 1998.
- POZDENA, Randall J. & MEREWITZ, Leonard. Estimating cost functions for rail rapid transit properties. **Transportation Research**, Great Britain, v. 12, p. 73-78, 1978.
- PUCHER, John & ANDERS, Markstedt. Consequences of public ownership and subsidies for mass transit: evidence from case studies and regression analysis. **Transportation**, n° 11, p. 323-345, 1983.
- PUCHER, John. Allocating federal transit subsidies: a critical analysis of alternatives. **Transportation Research Record**, n° 967, p. 14-23, 1984.
- ROLL, Y. & GOLANY, B. Alternate methods of treating factor weights in DEA. **OMEGA Int. Journal of Management Science**, Great Britain, v. 21, n° 1, p. 99-109, 1993.
- SANTOS, Enilson Medeiros dos & ORRICO FILHO, Rômulo Dante. Licitação como estratégia regulatória em mercados de transporte urbano por ônibus. Anais do VII ANPET – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE, São Carlos, v.2, 1996, p. 675 – 687.
- SANTOS, Enilson Medeiros dos & ORRICO FILHO, Rômulo Dante. Regulamentação do transporte urbano por ônibus: elementos do debate teórico. In: ORRICO FILHO, Rômulo Dante; BRASILEIRO, Anísio; SANTOS, Enilson Medeiros dos; ARAGÃO, Joaquim José Guilherme de. **Ônibus Urbano: Regulamentação e Mercados**. Brasília, 1996, 300p. p. 25 – 43.

- SANTOS, Enilson & ORRICO FILHO, Rômulo Dante. Estratégias regulatórias para o setor de ônibus urbanos: licitações como garantia de competitividade. In: CNT/ ANPET (orgs.), p. 160-181, 1998.
- SEIFORD, Lawrence M., THRALL, Robert M. Recent developments in DEA: the mathematical programming approach to frontier analysis. **Journal of Econometrics**, North-Holand, nº 46, p. 7-38, 1990.
- SEIFORD, Lawrence M. Data envelopment analysis: a evolution of the state-of-the-art (1978-1995). **The Efficiency Measurement Research Workshop**, Denmark, 1995. 44p.
- SILVA, Edwin Pinto de la Sota. **Função de custo das empresas de transporte rodoviário de carga em rota fixa**. Rio de Janeiro, 1987. Dissertação (mestrado em Engenharia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 1987.
- SILVA, Edwin Pinto de la Sota; MONTOYA, Carlos A. Contreras; CASTRO, Newton R. de Castro e CONSENZA, Carlos Alberto N. Estimación híbrida de funciones de producción/costo para empresas de transporte de pasajeros. CONGRESO LATINOAMERICANO DE TRANSPORTE PÚBLICO Y URBANO, VIII CLAPTU, Curitiba, 1996. 12p.
- SIQUEIRA, Moema Miranda. Regulamentação: implicações políticas e gerenciais. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 20, p. 7-23, 2º Trimestre 1998.
- SMALL, Kenneth A. **Urban Transportation Economics**. Pennsylvania, USA: Harwood Academic Publishers, 1992. 185p.

SPADY, Richard & FRIEDLAENDER, Ann F. Econometric estimation of cost functions in the transportation industries. **Document Information Sheet**. Massachusetts: Center for Transportation Studies, Massachusetts Institute of Technology. September, 1976. 98p.

STATSOFT, Inc. **STATISTICA for windows**. General Conventions and Statistics I, USA, v. 6.0, 98 Edition, 1998.

STURION, Leonardo. **Avaliação do potencial de análise de envoltória de dados do diagnóstico da produtividade de unidades de produção agropecuária**, Florianópolis. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1996.

TALLEY, Wayne K. An economic theory of public transit firm. **Transportation Research**, Great Britain, v. 22B, nº 1, p. 45 – 54, 1988.

TALLEY, Wayne K. & ANDERSON Pamela P. Effectiveness e efficiency in transit performance: a theoretical perspective. **Transportation Research**, Great Britain, v. 15A, nº 6, p. 431-436, 1981.

THANASSOULLIS, E. A comparison of regression analysis and data envelopment analysis as alternative methods for performance assessments. **Journal Operational Research Society Ltd.**, Great Britain, v. 44, nº 11, p. 1129-1144, 1993.

TORESAN, Luiz. **Sustentabilidade e desempenho produtivo na agricultura: uma abordagem multidimensional aplicada a empresas agrícolas**. Florianópolis, 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1998.

TRAVASSOS, Germano. Por que falam tão mal desse nosso transporte? Imagem e realidade dos sistemas de transporte público de passageiros. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, ano 22, p. 77-93, 1º Trimestre 2000.

VERA, Luis Alberto Noriega. Qualidade do serviço versus cultura organizacional sob a ótica das empresas de transporte público. CONGRESO LATINOAMERICANO DE TRANSPORTE PÚBLICO Y URBANO, X, 1999, p. 577-580.

VERA, Luis Alberto Noriega & FISCHMANN, Adalberto A. Aspectos organizacionais e institucionais relevantes na gestão e operação do sistema de transporte urbano da cidade de Curitiba - Brasil. CONGRESO LATINOAMERICANO DE TRANSPORTE PÚBLICO Y URBANO, X, 1999, p. 462-469.

VITON, Philip A. On the economics of rapid-transit operations. **Transportation Research**, Great Britain, v. 14A, p. 247 – 253, 1980.

VITON, Philip A. A translog cost function for urban bus transit. **The Journal of Industrial Economics**, v. XXIX, nº 3, p. 287-304, march 1981.

VITON, Philip. Consolidations of scale and scope in urban transit. **Regional Science and Urban Economics**, North- Holland, v. 22, p. 25-49, 1992.

WAISMAN, J. **Avaliação de desempenho de sistemas de ônibus, em cidades de porte médio, em função de sua produtividade, eficiência operacional e qualidade dos serviços**. São Carlos, 1985. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, USP, 1985.

WILHELM, Volmir Eugênio. **Análise da eficiência técnica em ambiente difuso**, Florianópolis. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2000.

ANEXOS

ANEXO 1: Bases de Dados utilizadas dos Anuários ANTP dos Transportes Urbanos

Como o Anuário ANTP dos Transportes Urbanos de 1998 foi o que se apresentou mais completo em relação às informações disponíveis, este foi utilizado para desenvolver o modelo apresentado neste estudo. Para tal foram analisadas as 23 variáveis disponíveis. Na Tabela 25 são apresentadas as variáveis incluídas no modelo. As demais podem ser encontradas no próprio Anuário.

Tabela 25: Base de Dados Referente ao Anuário ANTP dos Transportes Urbanos - 1998

Município	Estado	Nº de Linhas	Kms em Serviço Ano	Passageiros Ano	Nº Total de Funcionários	Nº Total de Ônibus
ANÁPOLIS	GO	77		21630213		181
ANGRA DOS REIS	RJ	17	1647189	13680061	477	84
ARACAJU	SE	42	24376889	60884603		299
BARUERI	SP	17	4354283	10520720	339	82
BELÉM	PA		204299912	424273692	7266	1931
BELO HORIZONTE	MG	281	215670074	518638310	21943	2978
BETIM	MG	27	5620560	20350814	676	79
BLUMENAU	SC	74	15903244	39425906	1008	247
BOA VISTA	RR			10000000	528	65
BRASÍLIA	DF	628	182357600	219686800	10260	2088
CAÇAPAVA	SP	11	2263163	4793176	147	26
CACHOEIRA DO SUL	RS	12	2198381	4788000	135	35
CAMARAGIBE	PE	8		3721892		43
CAMPINA GRANDE	PB	9	13854458	47951888	972	191
CAMPINAS	SP	176	61242361	116746267	6086	800
CAMPO GRANDE	MS	142	31799159	92685158		449
CANOAS	RS	46				111
CARAPICUIBA	SP	24	11214024	23716153	350	89

Continuação da Tabela 25.

Município	Estado	Nº de Linhas	Kms em Serviço Ano	Passageiros Ano	Nº Total de Funcionários	Nº Total de Ônibus
CARUARU	PE	19	5180427	17025588	371	75
CASCAVEL	PR	41	8498566	21949719	703	120
CAUCAIA	CE	18	2889801	4633151	134	35
CAXIAS DO SUL	RS	63	12600000	40000000	960	213
CORUMBÁ	MS	8		2363688	171	29
CUIABÁ	MT	99	30558123	53905639	2062	399
CURITIBA	PR	276	103280960	291924445	9921	1677
CURVELO	MG	8		1352790	84	10
DIADEMA	SP	19	4649902	12939954	489	84
ERECHIM	RS	32	984049	4028801	82	30
FEIRA DE SANTANA	BA	84	12106396	31274842	1254	208
FERNANDÓPOLIS	SP	5	259200	489325	19	6
FLORIANÓPOLIS	SC	138	27193545	63411800		380
FORTALEZA	CE	212	122719652	290262841	9732	1637
FOZ DO IGUAÇU	PR	54	15389273	33973400	1022	205
FRANCA	SP	58	7997964	17600000	450	105
FRANCISCO MORATO	SP	21	4308095	8908476	306	71
GARÇA	SP	2	101132	305969	15	11
GOIÂNIA	GO	187	71215435	194544810	6097	1192
GOVERNADOR VALADARES	MG	23	5632276	18163280	629	94
GUARAPUAVA	PR	33	2934006	8155380	298	53
GUARULHOS	SP	58	28938789	54510713	2988	517
ILHÉUS	BA	48	8829720	22296000	615	120
IMPERATRIZ	MA	22	3218400	6000000		42
JABOATÃO DOS GUARARAPES	PE	24	5869960	9419724		61
JACAREÍ	SP		8657800	21663100	34	127
JOÃO PESSOA	PB	70	37160220	106936204	2806	454
JUAZEIRO	BA	10	345000	7068940		42
JUIZ DE FORA	MG	209	41202465	130382806	2789	484
JUNDIAÍ	SP	69	17530121	40714961	1126	229
LEME	SP	5	454060	462515	32	11
LIMEIRA	SP	22	12000000	25000000	1071	135
LONDRINA	PR	78	16357614	51043798		310
MACEIÓ	AL	125	52784247	108125387		611
MANAUS	AM	171	126852823	223316050	4688	1139
MARINGÁ	PR	44	7310508	17125405	542	162
MAUÁ	SP	43	9448122	29640000		147
MOGI DAS CRUZES	SP	61	12777721	18866285	1723	150
MONTES CLAROS	MG	37		30000000	527	98

Continuação da Tabela 25.

Município	Estado	Nº de Linhas	Kms em Serviço Ano	Passageiros Ano	Nº Total de Funcionários	Nº Total de Ônibus
NATAL	RN	87	46544537	125136649	3365	632
NITERÓI	RJ		45834551			580
NOVO HAMBURGO	RS	58	8291052	24232726		192
OLINDA	PE	17	8202127	20649307		110
PETROLINA	PE	16	6676008	14898113		73
PETROPOLIS	RJ	153	23551038	67650122	1719	310
PIRACICABA	SP	92	16238061	29711562	1222	206
PORTO ALEGRE	RS	284	110891548	345567563	7566	1916
PORTO VELHO	RO	48	15914586	34130227	809	201
PRESIDENTE PRUDENTE	SP	46	12242864	21551638	695	142
RECIFE	PE	144	99820032	226906278	8837	1344
RIBEIRÃO PRETO	SP	75	19781873	56352900	1440	283
RIO DE JANEIRO	RJ	453	620188812	1017498000	42312	7765
RIO DO SUL	SC	16	730922	1810265	79	18
SALVADOR	BA	417	218374075	500070246	12813	2524
SANTA BÁRBARA D'OESTE	SP	18	2207586	5436657	153	36
SANTA CRUZ DO SUL	RS	22	1646600	5340827	99	35
SANTA LUZIA	MG	65	23441640	34718400	1342	253
SANTARÉM	PA	30	9795794	18914922	463	119
SANTO ANDRÉ	SP	52	26401447	61995577	2663	369
SANTOS	SP	48	19984930	46709467	1753	358
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	51	25669983	57224717	1726	300
SÃO CAETANO DO SUL	SP	7	3906581	7470170	248	55
SÃO GONÇALO	RJ	69	36905818	63468600	2406	444
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	78	24783674	53203531	2107	297
SÃO LUIS	MA	128	70541628	138108653		664
SÃO PAULO	SP	820	714967751	1436091727	55437	11892
SOROCABA	SP	81	25208068	57296448	1644	346
SUZANO	SP	9		1618805	180	34
TERESINA	PI	90	41420710	97078147	2587	550
TIMÓTEO	MG	12	2400000	6240000	167	38
UBÁ	MG	24	1788000	3096000	103	32
UBERABA	MG	29	7996668	16394056	534	97
UBERLÂNDIA	MG	80	25454598	58173095	1929	340
UMUARAMA	PR	13	1670506	3763607	109	26
VIAMÃO	RS	17	2857932	5168356	132	46
VITÓRIA DA CONQUISTA	BA	23	5603852	19858913	443	76
VOLTA REDONDA	RJ	44	14831971	56434091		225

O modelo desenvolvido a partir do Anuário ANTP dos Transportes Urbanos - 1998, foi aplicado às bases de dados dos Anuários ANTP dos Transportes Urbanos – 1997 e 2000. As Tabelas 26 e 27 apresentam os valores das variáveis que compõem o modelo.

Tabela 26: Base de Dados Referente ao Anuário ANTP dos Transportes Urbanos – 1997

MUNICÍPIO	Estado	Nº de Linhas	Kms em Serviço Ano	Passageiros Ano	Nº de Funcionários	Nº de Ônibus
ARACAJU	SE		20296079	64636043		299
BARUERI	SP	5	3246000	6888360	254	52
BELÉM	PA		152485380	396641892	7132	1703
BELO HORIZONTE	MG	273	184713152	532532320	21307	2797
BLUMENAU	SC	71	14180871	40019100	1025	241
BOA VISTA	RR		6335434	8533260	528	68
BRASÍLIA	DF	655	184169962	240851874	10006	2105
CAMPINA GRANDE	PB	10	13829208	53256072	919	171
CAMPINAS	SP	177	65502508	133842735	6322	873
CAMPO GRANDE	MS	142	30729042	86564275		446
CANOAS	RS	46				112
CARAPICUIBA	SP	24	10739241	24596153	1001	170
CARUARU	PE	19	5274617	17339143	371	81
CASCADEL	PR	41	8559277	22535167	747	120
CAXIAS DO SUL	RS	63	12604800	40596000	913	202
CUIABÁ	MT	96	29112822	64236000	2062	315
CURITIBA	PR	275	106401084	303979665		1533
DIADEMA	SP	19		14445800	473	87
FLORIANÓPOLIS	SC	130	23187918	65325411		368
FORTALEZA	CE	212	119800000	267109550	9732	1641
FOZ DO IGUAÇU	PR	58	14835790	40598096	1042	204
FRANCA	SP		9204960	21680052	450	103
GOIÂNIA	GO	181	67475760	186395932	5784	1104
GOVERNADOR VALADARES	MG	22	6806552	18563768	668	95
GUARULHOS	SP	58	30037179	61879006	3333	494
ILHÉUS	BA	50	11740680	14814000	625	112
IMPERATRIZ	MA	20	3144807	5816862	358	48
JABOATÃO DOS GUARARAPES	PE	24	9729690	14593392	501	121
JOÃO PESSOA	PB	67	35984750	110378055	2960	429

Continuação da Tabela 26.

MUNICÍPIO	Estado	Nº de Linhas	Kms em Serviço Ano	Passageiros Ano	Nº de Funcionários	Nº de Ônibus
JUAZEIRO	BA	8	3000000	7979808		40
JUIZ DE FORA	MG	192	38072156	131677578	2580	458
JUNDIAÍ	SP	71	17031868	43375838	1099	226
LIMEIRA	SP	22	10000000	27900000	1041	135
MACEIÓ	AL	135	51334000	99590439		575
MANAUS	AM	162	101819111	210788076	5416	998
MARINGÁ	PR	41	6403932	17684934	684	162
MAUÁ	SP	41	11771570	20140348	935	153
MOGI DAS CRUZES	SP	60	12725427	19422889	1653	143
MONTES CLAROS	MG	37	6775628	26778737	527	98
NATAL	RN	91	49864357	126680182	2984	569
NITERÓI	RJ	47	40561550			580
NOVO HAMBURGO	RS	58	7785401	25208235		182
OLINDA	PE	17		16271991		108
PETROLINA	PE	16	5645778	15263712		53
PETROPOLIS	RJ	146	20534761	70400000	1512	262
PIRACICABA	SP	91	16842930	30727673	1201	206
PORTO ALEGRE	RS	260	109012947	316693829	7580	1860
PORTO VELHO	RO	46	16139946	36172571		200
RECIFE	PE	146	96529812	247178396	9044	1338
RIBEIRÃO PRETO	SP	75	20069000	60594300	1451	283
RIO DE JANEIRO	RJ	453	654149000	1175308000	42312	7235
SALVADOR	BA	420	212751749	476601574	12764	2481
SANTA BÁRBARA D'OESTE	SP	17	2118000	5803009	161	34
SANTA LUZIA	MG	14	2170007	3554578	169	30
SANTO ANDRÉ	SP	41	25068525	64685839	2325	342
SANTOS	SP	50	25264265	64691708	2450	338
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	51	24234470	60497414	1978	319
SÃO CAETANO DO SUL	SP	7	3957658	8006752	257	56
SÃO GONÇALO	RJ	43	17525000	39049716	1960	425
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	65	23338298	56754599	1980	252
SÃO LUIS	MA	123	70898112	152675904		734
SÃO PAULO	SP	829	768837178	1611024762	57794	11496
SOROCABA	SP	82	24959809	60514586	1737	342
SUZANO	SP	9	496320	1512902	180	34
TERESINA	PI	87	39196553	100643608	2146	517
UBERABA	MG	28	7220400	16560000	513	97
UBERLÂNDIA	MG	78	24184000	67500000	1947	330

Tabela 27: Base de Dados Referente ao Anuário ANTP dos Transportes Urbanos - 2000

MUNICÍPIO	N° Linhas	TOTFUNCI	TOTONIB	KMSERANO	PASSANO
ARARAQUARA	14	505	110	7764000	13689570
BELO HORIZONTE	292	19345	3001	199518542	446192301
BETIM	28	747	83	5732971	18378816
BLUMENAU	84	1129	246	16771149	40706640
BRASÍLIA	628	12637	2360	196160000	196880000
CAÇAPAVA	9	152	28	2503834	4281899
CAMPINA GRANDE	19	972	192	17017124	41256613
CAMPINAS	186	6085	757	58707475	111208762
CAMPO GRANDE	150	2227	481	35576937	83226791
CARAPICUIBA	25	635	161	10340927	20603818
CARUARU	19	393	80	5383892	20996938
CUIABÁ	98	2024	404	26738877	58142321
CURITIBA	286	7677	1557	104737374	269541185
ERECHIM	35	99	31	1263312	4437364
FORTALEZA	480	10443	1703	129020355	284771094
FOZ DO IGUAÇU	56	1040	197	14629758	31782509
GOIÂNIA	187	4215	1219	85697972	202301302
GUARULHOS	57	2542	354	40160245	40316609
JOÃO PESSOA	97	3356	485	43204506	104913537
JUIZ DE FORA	231	2804	498	44845639	125932190
JUNDIAÍ	62	1302	243	18150029	39085517
LAGES	28	241	54	2823238	8438676
MACEIÓ	128	3491	618	50718124	114388749
MANAUS	174	5811	1088	99888552	229127739
MAUÁ	50	1069	184	13997532	40744044
NATAL	79	3593	675	54917838	132884946
NOVO HAMBURGO	58	595	193	7771912	21451798
PETROPOLIS	191	1813	340	27550380	65247008
PIRACICABA	94	1055	216	15791684	26740823
PORTO ALEGRE	312	7728	1958	113236886	328906008
PORTO VELHO	49	830	195	15689721	29976524
RECIFE	163	8997	1531	110874650	207633590
RIBEIRÃO PRETO	76	1231	276	19907810	50602211
RIO CLARO	18	178	37	2738429	4602720
RIO DO SUL	16	82	23	750922	1876695
SALVADOR	410	12456	2597	207718846	501971851
SANTO ANDRÉ	43	1475	377	25428501	59762373

Continuação da Tabela 27.

MUNICÍPIO	N° Linhas	TOTFUNCI	TOTONIB	KMSERANO	PASSANO
SANTOS	48	1753	356	26698141	55646390
SÃO BERNARDO DO CAMPO	61	1675	355	28900366	59921975
SÃO CAETANO DO SUL	7	220	59	3876343	6066871
SOROCABA	88	1759	352	25295574	55855949
TERESINA	90	2631	563	46480876	111141232
TIMÓTEO	14	198	38	2052000	6230000
UBERABA	29	507	99	8261981	10215572
UBERLÂNDIA	87	2176	351	27959713	49697853
VIAMÃO	17	308	68	3944327	7756066
VITÓRIA	47	2131	300	21027118	50465581
VITÓRIA DA CONQUISTA	27	501	93	7795204	24700724
VOLTA REDONDA	44	1519	219	16778254	44593590

A Tabela 28 apresenta a Renda Familiar per Capita Média Mensal por Município para o ano de 1991, para diversos municípios brasileiros. Esta informação foi analisada conjuntamente com os resultados gerados pelo modelo.

Tabela 28: Renda Familiar per Capita Média Mensal por Município -1991

Município	Estado	Renda per Capita Mensal (salários mínimos)
ANÁPOLIS	GO	1,41
ANGRA DOS REIS	RJ	1,40
ARACAJU	SE	1,73
BARUERI	SP	2,24
BELÉM	PA	1,69
BELO HORIZONTE	MG	2,65
BETIM	MG	1,08
BLUMENAU	SC	2,37
BOA VISTA	RR	2,91
BRASÍLIA	DF	2,97
ÇAÇAPAVA	SP	1,96
CACHOEIRA DO SUL	RS	1,36
CAMARAGIBE	PE	0,77
CAMPINA GRANDE	PB	1,01
CAMPINAS	SP	3,28

Continuação da Tabela 28.

Município	Estado	Renda per Capita Mensal (salários mínimos)
CAMPO GRANDE	MS	2,00
CANOAS	RS	1,68
CARAPICUIBA	SP	1,76
CARUARU	PE	1,02
CASCADEL	PR	1,70
CAUCAIA	CE	0,66
CAXIAS DO SUL	RS	2,44
CORUMBÁ	MS	1,30
CUIABÁ	MT	2,09
CURITIBA	PR	2,87
CURVELO	MG	1,00
DIADEMA	SP	1,82
ERECHIM	RS	1,87
FEIRA DE SANTANA	BA	1,07
FERNANDÓPOLIS	SP	1,71
FLORIANÓPOLIS	SC	3,20
FORTALEZA	CE	1,47
FOZ DO IGUAÇU	PR	1,85
FRANCA	SP	2,07
FRANCISCO MORATO	SP	1,37
GARÇA	SP	1,38
GOIÂNIA	GO	2,18
GOVERNADOR VALADARES	MG	1,39
GUARAPUAVA	PR	1,15
GUARULHOS	SP	2,08
ILHÉUS	BA	0,78
IMPERATRIZ	MA	0,81
JABOATÃO DOS GUARARAPES	PE	1,17
JACAREÍ	SP	1,90
JOÃO PESSOA	PB	1,62
JUAZEIRO	BA	0,71
JUIZ DE FORA	MG	2,04
JUNDIAÍ	SP	2,57
LEME	SP	1,61
LIMEIRA	SP	1,85
LONDRINA	PR	2,09
MACEIÓ	AL	1,50
MANAUS	AM	1,82
MARINGÁ	PR	2,06
MAUÁ	SP	1,75
MOGI DAS CRUZES	SP	2,07
MONTES CLAROS	MG	1,11

Continuação da Tabela 28.

Município	Estado	Renda per Capita Mensal (salários mínimos)
NATAL	RN	1,67
NITERÓI	RJ	3,48
NOVO HAMBURGO	RS	2,09
OLINDA	PE	1,40
PETROLINA	PE	0,93
PETROPOLIS	RJ	1,84
PIRACICABA	SP	2,39
PORTO ALEGRE	RS	3,37
PORTO VELHO	RO	1,71
PRESIDENTE PRUDENTE	SP	2,18
RECIFE	PE	1,96
RIBEIRÃO PRETO	SP	2,86
RIO DE JANEIRO	RJ	2,87
RIO DO SUL	SC	1,73
SALVADOR	BA	1,92
SANTA BÁRBARA D'OESTE	SP	1,66
SANTA CRUZ DO SUL	RS	1,64
SANTA LUZIA	MG	0,95
SANTARÉM	PA	0,72
SANTO ANDRÉ	SP	2,69
SANTOS	SP	3,37
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	3,10
SÃO CAETANO DO SUL	SP	3,45
SÃO GONÇALO	RJ	1,29
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	2,48
SÃO LUIS	MA	1,23
SÃO PAULO	SP	9,07
SOROCABA	SP	2,30
SUZANO	SP	1,74
TERESINA	PI	1,15
TIMÓTEO	MG	1,46
UBÁ	MG	1,11
UBERABA	MG	1,72
UBERLÂNDIA	MG	1,91
UMUARAMA	PR	1,36
VIAMÃO	RS	1,28
VITÓRIA DA CONQUISTA	BA	0,94
VOLTA REDONDA	RJ	1,97

ANEXO 2: Notas Explicativas dos termos utilizados nos Anuários ANTP

1. *Extensão das linhas*: soma das extensões de todas as linhas, medidas de cada terminal inicial ao final; quando os itinerários de ida e de volta não forem coincidentes, considera-se a média; em linhas circulares de um só sentido, considera-se a metade da extensão.

2. *Terminal*: área reservada para embarque/desembarque ou transferência de volume elevado de passageiros para onde confluem linhas troncais e alimentadoras, possuindo estrutura de abrigo e outros equipamentos específicos.

3. *Corredor de ônibus*: via ou faixa de tráfego com alguma separação física, especialmente preparada para o tráfego de ônibus.
 - *Corredor de ônibus totalmente segregado*: via ou faixa de tráfego isolada com defesa, mureta ou algum anteparo que impeça fisicamente sua invasão por veículos particulares.

 - *Corredor de ônibus em faixa exclusiva*: via ou faixa de tráfego demarcada com taxão e/ou sinalização horizontal, porém possível de invasão por veículos particulares.

 - *Transporte troncalizado*: serviço de transporte (realizado com veículos de grande capacidade) entre terminais que recebem linhas alimentadoras.

4. *MDU*: média das quantidades registradas nos dias úteis do ano (devem ser excluídos os sábados, domingos, feriados e outros dias de operação anormal).
MSA: média das quantidades registradas nos sábados do ano.
MDO: média das quantidades registradas nos domingos do ano.
5. *Ônibus programado no pico*: quantidade de ônibus necessária para cumprir o programa do pico (manhã ou média dos picos), nos dias úteis.
6. *Ônibus em operação no pico*: quantidade de ônibus que efetivamente prestou serviço nos picos, na média dos dias úteis do ano (quando houver uma variação significativa do serviço estabelecido durante o ano, considere-se o valor do último estágio no ano).
7. *Quilômetros em serviço*: quilometragem rodada pela frota efetivamente prestando serviço comercial (na média do dia útil e no total do ano).
8. *Quilômetros ociosos*: quilometragem rodada pela frota no ano fora da prestação do serviço ao usuário mas em função da operação.
9. *Viagens programadas*: total de viagens programadas para a prestação de serviço no ano.
10. *Viagens realizadas*: total de viagens efetivamente realizadas na prestação do serviço comercial, sem interrupção, no ano.
11. *Velocidade comercial*: velocidade desenvolvida pelos ônibus na prestação do serviço, considerando-se a extensão e o tempo de viagem do ponto inicial ao final.

12. *Quilometragem média entre quebras*: média da quilometragem rodada pela frota em serviço comercial entre quebras (falhas) que impliquem em transbordo de passageiro ou retirada do veículo do serviço.
13. *Passageiros*: total de passageiros transportados, incluídos os pagantes e os não pagantes (na média dos dias úteis e no total do ano).
14. *Tarifa básica*: tarifa paga por um passageiro comum numa viagem simples.
15. *Viagens médias dos passageiros*: média da extensão da viagem do passageiro dentro do ônibus.
16. *Arrecadação tarifária*: total da arrecadação devida à venda de bilhetes e a recebida diretamente nas catracas.
17. *Custo operacional*: custo realizado na operação do sistema (custo considerado no cálculo da tarifa).
18. *Composição da demanda*: distribuição da demanda conforme o tipo de tarifa paga;
- *Tarifa básica - pagantes*: total de passageiros que viajaram pagando a tarifa básica do sistema, no ano.
 - *Resgatado*: bilhete (passe) utilizado, pelo passageiro, como direito à viagem, recolhido na catraca do ônibus ou no seu acesso (ponto).
 - *Vale Transporte - resgatados*: total de bilhetes de Vale Transporte resgatados no ano.

- *Vale Transporte - vendidos*: total de bilhetes de Vale Transporte vendidos no ano.
- *Bilhetes escolares - resgatados*: total de bilhetes escolares resgatados no ano.
- *Bilhetes escolares - fração da T.B.*: tarifa de bilhete escolar em relação à tarifa básica.
- *Bilhetes integrados - resgatados*: total de bilhetes de integração resgatados no ano, especificado por tipo de integração.
- *Bilhetes integrados - composição*: forma da composição da tarifa de integração em relação às tarifas dos sistemas integrados.

19. Frota: quantidade de ônibus considerados próprios para a prestação do serviço comercial, no final do ano (desconsidere-se veículos em processo de baixa, em reforma profunda, em serviço de oficina, etc).

Reformado: veículo que, para voltar a operar normalmente, teve que sofrer uma reforma profunda no chassi e na carroceria.

ANEXO 3: Algumas Notas Explicativas sobre Procedimentos Analíticos utilizados pelo Software IDEAS nas Avaliações de Eficiência

3.1 Modelos apresentados no software IDEAS

Retornos de Escala Constantes (Primal):

$$\begin{aligned}
 \text{CRS}_p(Y_\ell, X_\ell, u^\ell, v^\ell) : \min & \quad (u^\ell s + v^\ell e) \\
 & \quad Y\lambda - s = Y_\ell \\
 & \quad -X\lambda - e = -X_\ell \\
 & \quad \lambda \geq 0, e \geq 0, s \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

Retornos de Escala Variáveis (Primal):

$$\begin{aligned}
 \text{VRS}_p(Y_\ell, X_\ell, u^\ell, v^\ell) : \min & \quad (u^\ell s + v^\ell e) \\
 & \quad Y\lambda - s = Y_\ell \\
 & \quad -X\lambda - e = -X_\ell \\
 & \quad \bar{1}\lambda = 1 \\
 & \quad \lambda \geq 0, e \geq 0, s \geq 0
 \end{aligned} \tag{2}$$

Os valores ótimos das variáveis para a UTD " ℓ " são denotados pelo vetor de produto s^ℓ , o vetor de insumo e^ℓ e o vetor das " n " DMUs λ^ℓ . Uma solução ótima dual é dada pelo vetor de insumo v^ℓ , o vetor de produto μ^ℓ , e, para o modelo VRS (retornos de escala variáveis), a variável ω^ℓ . Os vetores (μ^ℓ, v^ℓ) englobam os princípios da avaliação e definem os limites inferiores, referentes aos preços relativos ou multiplicadores. Quando $\mu_r^\ell = 1, r = 1, \dots, s$ e $v_i^\ell = 1, i = 1, \dots, m$ os modelos são referidos como sendo "*standard*" (ou limites iguais).

Quando $\mu_r^\ell = 1/y_{r\ell}$, $r = 1, \dots, s$ e $v_i^\ell = 1/x_{i\ell}$, $i = 1, \dots, m$ os modelos são referidos como sendo "*unidades invariantes*".

Cada um dos "n" conjuntos de valores dados por $\mu^\ell, v^\ell, (\omega^\ell)$, $\ell = 1, \dots, n$, são os coeficientes dos hiperplanos que definem as facetas da superfície de envelopamento. Uma unidade de tomada de decisão " ℓ ", é eficiente se fica sobre uma faceta que define o hiperplano da superfície de envelopamento: um hiperplano para envelopamento com retornos de escala constantes (CRS) é da forma:

$$\mu^\ell y - v^\ell x = 0 \quad (3)$$

ou um hiperplano para envelopamento com retornos de escala variáveis (VRS), da forma:

$$\mu^\ell y - v^\ell x + \omega^\ell = 0 \quad (4)$$

A seguir, mostra-se uma saída do software IDEAS que fornece várias informações.

Ex.:

DEA REPORT

DEA: ONIBUS16

NAME: ANGRADOS MODEL: VRS/O/STA/EPS

Unit: 1 Number of Units in Analysis: 67

	DATA	PROJECTED INEFFICIENCY		PRICE
Outputs				
KMSERANO (D)	0.75	4.08	3.32	EPS
PASSANO (D)	2.64	4.18	1.54	
	.37912			
Inputs				
LINHAS (D)	2.71	2.71	.00	
	.05157			
FUNCIONA (D)	2.17	1.65	-.52	EPS
ONIBUS (D)	2.82	2.82	.00	
	.55320			

Analysis of Projection-----

Proportional Residual..

KMSERANO	.440	2.882
PASSANO	1.538	.000
LINHAS	.000	.000
FUNCIONA	.000	.520
ONIBUS	.000	.000

Omicron: 1.583+EPS(3.402) Phi: 1.58327
Delta: .583+EPS(3.402) Sigma: .000+EPS(3.402)
V-input: 1.700+EPS(4.097) V-output:1.000+EPS(.000)
Omega: .117+EPS(.695)

Comparison Set:

FERNANDO .24788 CAMPINAG .15269 CARAPICU .59943

No exemplo acima, a faceta que define a superfície de envelopamento para o município de ANGRA DOS REIS é:

$$0,37912 \text{ PASSANO} - 0,05157 \text{ LINHAS} - 0,55320 \text{ TOTONIB} + 0,117 = 0$$

Substituindo o ponto projetado para as ineficiências deste município, se encontraria:

$$0,37912 (4,18) - 0,05157 (2,71) - 0,55320 (2,82) + 0,117 = 0$$

O vetor λ^1 define um ponto sobre a superfície de envelopamento e é dado por:

$$(\hat{Y}_1, \hat{X}_1) = \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j^1 Y_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j^1 X_j \right) \quad (5)$$

Este ponto é uma combinação linear para o modelo com retornos de escala constantes (CRS), ou uma combinação convexa para o modelo com retornos escala variáveis (VRS), de unidades que ficam sobre a superfície de envelopamento. A DMU "1" que fica sobre a superfície de envelopamento tem $\lambda_1^1 = 1$. Para a DMU "1" que é ineficiente, isto é, não fica sobre a superfície de envelopamento, o ponto (\hat{Y}_1, \hat{X}_1) é referido como o *ponto projetado*.

Por exemplo, o ponto projetado para ANGRA DOS REIS é uma combinação convexa dos municípios de FERNANDÓPOLIS (0,24788), CAMPINA GRANDE (0,15269) e CARAPICUÍBA (0,59943). Assim, o ponto projetado será:

$$(4,18; 2,71; 2,82) = 0,24788 (0,09; 0,80; 0,20) + 0,15269 (9,25; 1,43; 6,41) + 0,59943 (4,57; 3,82; 2,99)$$

O ponto projetado pode também ser escrito como:

$$(\hat{Y}_1, \hat{X}_1) = (Y_1 + s^1, X_1 - e^1) \quad (6)$$

Isto define o vetor s^1 como o vetor de *folgas de produto* e o vetor e^1 como o vetor de *excesso de insumos*. Os preços relativos ótimos formam um *insumo virtual*, $v^1 X_1$ denotado por ξ^1 e um *produto virtual* $\mu^1 Y_1$ denotado por χ^1 . O termo $\mu^1 s^1 + v^1 e^1$ é exatamente o valor objetivo ótimo $\mu^1 s^1 + v^1 e^1$ denotado Σ^1 . Assim:

$$\Sigma^1 = \mu^1 s^1 + v^1 e^1 \quad (7)$$

ou seja, a ponderação dos valores de folga de produto e excesso de insumo pelos correspondentes preços (ou pesos).

A medida de ineficiência para a unidade "1" aplica-se à discrepância entre o ponto (Y_1, X_1) e o ponto projetado (\hat{Y}_1, \hat{X}_1) . Dada a projeção, define-se:

$$\Delta_s^1 = \hat{Y}_1 - Y_1 \quad (8)$$

$$\Delta_e^1 = \hat{X}_1 - X_1$$

Assim, Delta (Δ) é a agregação ponderada das diferenças entre os pontos observados e projetados.

O princípio da avaliação para modelos base é inteiramente pela escolha dos vetores μ^1, v^1 . A medida da distância que reflete a magnitude da discrepância entre o ponto observado (Y_1, X_1) e o ponto projetado (\hat{Y}_1, \hat{X}_1) com relação à avaliação representada por μ^1, v^1, ω^1 é:

$$\Delta^1 = \mu^1 \Delta_s^1 + v^1 \Delta_e^1 \quad (9)$$

Os modelos base determinam as avaliações μ^1, v^1 e um ponto projetado (\hat{Y}_1, \hat{X}_1) tal que Δ^1 é minimizado. Para os modelos base:

$$\Delta^1 = \Sigma^1 \quad (10)$$

As mudanças em insumos e produtos prescritas pelo ponto projetado pode consistir de três componentes: uma redução proporcional de insumos, um aumento proporcional de todos os produtos, e redução de insumo e aumento de produto residuais (adicionais). Isto é declarado matematicamente como:

$$\begin{aligned} \hat{Y}_1 - Y_1 &= \Delta_s^1 = \rho Y_1 + \delta_s^1 \\ X_1 - \hat{X}_1 &= \Delta_e^1 = \gamma X_1 + \delta_e^1 \end{aligned} \quad (11)$$

onde ρ é o máximo aumento proporcional possível de produtos e γ é o máximo decréscimo proporcional possível de insumos, ambos com relação ao ponto projetado obtido, e são dados por:

$$\rho = \min_{r=1, \dots, s} \frac{\Delta_{s_r}^1}{y_{rl}} \quad (12)$$

$$\gamma = \min_{i=1, \dots, m} \frac{\Delta_{e_i}^1}{X_{il}} \quad (13)$$

As reduções residuais em insumos é dada por δ_e^1 (pelo menos um elemento deste vetor é zero) e aumentos residuais em produtos são dados por δ_s^1 (pelo menos um elemento deste vetor é zero).

A medida Δ^1 é expressa em termos de mudanças proporcional e residual prescritas por \hat{Y}_1, \hat{X}_1 como segue:

$$\Delta^1 = \rho(\mu^1 Y_1) + \gamma(v^1 X_1) + \mu^1 \delta_s^1 + v^1 \delta_e^1 \quad (14)$$

Assim, a discrepância total consiste de uma componente devida à redução proporcional em insumos, uma componente devida ao aumento proporcional em produtos, uma componente devida ao aumento não proporcional em produtos, e uma à redução não proporcional em insumos.

Por exemplo, o valor de Δ para ANGRA DOS REIS seria:

$$\underbrace{\mu_2^1}_{0,37912}(\underbrace{\rho Y_2}_{1,538} + \underbrace{\delta_{s_2}^1}_{0,000}) + \underbrace{v_1^1}_{0,05157}(\underbrace{\gamma X_1}_{0,000} + \underbrace{\delta_{e_1}^1}_{0,000}) + \underbrace{v_3^1}_{0,55320}(\underbrace{\gamma X_3}_{0,000} + \underbrace{\delta_{e_3}^1}_{0,000}) = \underbrace{\Delta}_{0,583}$$

onde:

$\mu_1^1, \mu_2^1, v_1^1, v_2^1, v_3^1$ - pesos ou preços;

$\rho Y_1, \rho Y_2$ - máximo aumento proporcional possível de produtos;

$\gamma X_1, \gamma X_2$ e γX_3 - máximo decréscimo proporcional possível de insumo;

$\delta_{s_1}^1, \delta_{s_2}^1$ - aumentos residuais nos produtos;

$\delta_{e_1}^1, \delta_{e_2}^1, \delta_{e_3}^1$ - decréscimo residual no insumo.

Neste exemplo, os pesos μ_1^1 e v_2^1 assumem valores de ε .

O ponto projetado pode ser imaginado como sendo obtido primeiro identificando um ponto intermediário $(\Phi Y_1, \theta X_1)$, onde:

$$\Phi = 1 + \rho$$

(15)

$$\theta = 1 - \gamma$$

obtendo, então, o ponto projetado (\hat{Y}_1, \hat{X}_1) .

Os modelos base produzem os pontos projetados que minimizam a medida de distância Δ^1 .

Se, por exemplo, Φ (PHI) = 1,58327, representando o aumento proporcional dos produtos para alcançar os valores de produto projetado, então:

$$\text{PASSANO} = 2,64 \times 1,58327 = 4,18$$

$$\text{KMSERANO} = 0,75 \times 1,58327 = 1,18 < 4,08 \rightarrow \text{existem 2,89 unidades residuais do KMSERANO que não podem ser consideradas por aumento proporcional}$$

$$\text{Como } \Phi = 1,58327 \text{ e } \Phi = 1 + \rho \therefore \rho = \Phi - 1 \rightarrow \rho = 0,58327$$

Δ^1 é uma medida total de discrepância entre os pontos observados e projetados que incorporam preços relativos. Esta medida não é padronizada, de maneira que diferentes sistemas de avaliação podem ser utilizadas em diferentes DMUs, com implicações sobre os resultados. Como tal, alguma forma de padronização de Δ^1 é necessário para obter uma medida total de ineficiência. Podem ser usados para padronização o produto virtual e o insumo virtual, usando o mesmo sistema de avaliação de forma agregada.

Insumo Padronizado: o insumo padronizado mede a distância total Δ^1 em insumos virtuais e é dado por:

$$\Delta_1^1 = \frac{\Delta^1}{v^1 X_1} = (\varphi - 1) \frac{\mu^1 Y_1}{v^1 X_1} + (1 - \theta) + \frac{\mu^1 \delta_s^1 + v^1 \delta_e^1}{v^1 X_1} \quad (16)$$

Produto Padronizado: o produto padronizado mede a distância total Δ^1 em produtos virtuais e é dado por:

$$\Delta_o^1 = \frac{\Delta^1}{\mu^1 Y_1} = (\varphi - 1) + (1 - \theta) \frac{v^1 X_1}{\mu^1 Y_1} + \frac{\mu^1 \delta_s^1 + v^1 \delta_e^1}{\mu^1 Y_1} \quad (17)$$

Os insumos e produtos padronizados estão relacionados à medida de ineficiência. A relação é obtida da expressão:

$$\mu^1 Y_1 - v^1 X_1 + \omega^1 = -\Sigma^1 \quad (18)$$

Assim:

$$IOTA = \frac{\text{PRODUTO VIRTUAL} + \text{OMEGA}}{\text{INSUMO VIRTUAL}}$$

ou seja:

$$\iota^1 = \frac{\mu^1 Y_1 + \omega^1}{v^1 X_1} = 1 - \Delta_1^1 = 1 - \frac{\Sigma^1}{\xi^1} \quad (19)$$

A relação entre IOTA e DELTA é:

$$IOTA = 1 - \frac{\text{DELTA}}{\text{INSUMO VIRTUAL}} = 1 - \Delta_1^1 = 1 - \frac{\Delta^1}{v^1 X_1} \quad (20)$$

Da relação (66) pode-se ver que IOTA é obtido pela padronização da distância ponderada total entre os pontos observado e projetado pelo insumo virtual. O valor de IOTA será 1 se a unidade for eficiente, isto é, o ponto observado fica sobre a superfície de envelopamento. Por exemplo, para ANGRA DOS REIS:

$$IOTA = 1 - \frac{\overbrace{0,583}^{\text{DELTA}}}{\underbrace{1,700}_{\text{INSUMOVIRTUAL}}} = 0,343 \rightarrow \text{Redução proporcional nos insumos}$$

$$OMICRON = \frac{\text{INSUMO VIRTUAL} - \text{OMEGA}}{\text{PRODUTO VIRTUAL}}$$

ou seja:

$$o^1 = \frac{v^1 X_1 - \omega^1}{\mu^1 Y_1} = 1 + \Delta_o^1 = 1 + \frac{\Sigma^1}{\chi^1} \quad (21)$$

A relação entre OMICRON e DELTA é:

$$OMICRON = 1 + \frac{\text{DELTA}}{\text{PRODUTO VIRTUAL}} = 1 + \Delta_o^1 = 1 + \frac{\Sigma^1}{\chi^1} \quad (22)$$

O OMICRON é obtido pela padronização da distância ponderada total, entre os pontos observado e projetado, pelo produto virtual. O valor de OMICRON será 1 se a unidade for eficiente, isto é, o ponto observado fica sobre a superfície de envelopamento. Por exemplo, para ANGRA DOS REIS:

OMICRON = 1,583 → aumento proporcional em seus produtos de, aproximadamente, 58,3%.

Cada uma das medidas Δ_1^1 , Δ_o^1 , τ^1 , o^1 , são avaliações da ineficiência total das "I's" unidades. Elas são obtidas com relação às taxas de mudanças representadas pelos preços relativos μ^1 , v^1 , (ω^1) . Ambos Δ_1^1 e τ^1 fornecem uma

avaliação da ineficiência total com relação a insumos, uma vez que são obtidos pela padronização com relação ao insumo virtual. Similarmente Δ_o^1 e o^1 fornecem uma avaliação da ineficiência total com relação aos produtos. Esses escores explicam a ineficiência total.

O ponto projetado (\hat{Y}_1, \hat{X}_1) fica sobre o segmento de um hiperplano que compreende uma faceta da superfície de envelopamento. Visto que o ponto pode necessitar mudanças residuais, quando a ineficiência é avaliada pelas medidas τ^1 e o^1 , ela se dá com relação aos preços relativos obtidos, isto é, com relação a todo o plano que define a faceta. O ponto (Y_1, X_1) fica sobre o plano que define a faceta $\mu^1 y - v^1 x + \omega^1 = 0$ se e somente se $\tau^1 = 1$ e $o^1 = 1$. Conseqüentemente, $\tau^1 = 1$ e $o^1 = 1$ se e somente se a unidade de tomada de decisão é eficiente. Para modelos com retornos de escala variáveis (VRS) $\tau^1 \leq 1$ e $o^1 \geq 1$. Para modelos com retornos de escala constantes (CRS), $0 \leq \tau^1 \leq 1$ e $o^1 \geq 1$.

Podem ser obtidos diferentes pontos projetados quando o objetivo primário é maximizar também o aumento proporcional em produtos ou o decréscimo proporcional em insumos. Uma orientação para insumo identifica um ponto projetado que minimiza o valor de θ (maximiza γ). Isto é, de todas as projeções possíveis, é identificada uma que maximiza a redução proporcional de insumos. Similarmente, para a orientação para produto, de todas as projeções possíveis, é identificada uma que maximiza o aumento proporcional de produtos.

Quando θ ou Φ são obtidos usando a projeção orientada correspondente, eles podem ser usados como medidas de ineficiência. Contudo, o aumento proporcional de produto, como representado por Φ , e as reduções proporcionais de insumo, como representado por θ não levam em consideração os preços relativos, nem consideram mudanças residuais. Eles levam em consideração somente uma componente da discrepância total entre os pontos observado e projetado, em termos somente de quantidades.

As orientações para insumo e para produto não aplicam Δ^l diretamente e realizam as projeções em dois passos, enquanto que os modelos base aplicam as projeções em um passo. Para projeções orientadas, em geral, $\Delta^l \neq \Sigma^l$.

As orientações para insumo e produto subscrevem um sistema de avaliação diferente. A orientação para insumo busca um ponto intermediário projetado tal que a redução proporcional em insumos (γ) seja maximizada. Similarmente, aquela orientada para produto busca um ponto intermediário projetado tal que o aumento proporcional em produtos (ρ) seja maximizado. Pode-se, ainda, representar as orientações para insumo e produto, buscando as proporções de vetores de insumo e produto após o aumento ou decréscimo ter sido realizado. Isto é, maximizar γ é equivalente a minimizar $\theta = 1 - \gamma$ e maximizar ρ é equivalente a maximizar $\Phi = 1 + \rho$. Após a identificação deste ponto intermediário ($Y_1, \theta X_1$) para a orientação para insumo ou um ponto ($\Phi Y_1, X_1$) para a orientação para produto, faz-se a redução residual em insumos ou produtos.

Para modelos com orientação para insumo, o ponto projetado é dado por:

$$(\hat{Y}_1, \hat{X}_1) = (Y_1 + s^l, \theta^l X_1 - e^l) \quad (23)$$

$$\Delta_s^l = s^l \quad \text{e} \quad \Delta_e^l = (1 - \theta^l) X_1 + e^l$$

Assim:

$$\begin{aligned} \Delta^l &= v^l (1 - \theta^l) X_1 + \mu^l s^l + v^l e^l \\ \Delta_1^l &= (1 - \theta^l) + \frac{1}{\xi^l} (\mu^l s^l + v^l e^l) \\ i^l &= \theta^l - \left(\frac{1}{\xi^l} \right) (\mu^l s^l + v^l e^l) = \theta^l - \frac{\Sigma^l}{\xi^l} \end{aligned} \quad (24)$$

Tanto THETA como IOTA são medidas de ineficiência de insumo. THETA mede somente aquela porção de ineficiência que pode ser realizada por uma redução proporcional de insumos. IOTA mede a ineficiência total em termos de redução de insumo proporcional.

Para os modelos com orientação para produto, o ponto projetado obtido é dado por:

$$(\hat{Y}_1, \hat{X}_1) = (\varphi^1 Y_1 + s^1, X_1 - e^1) \quad (25)$$

$$\Delta_s^1 = (\varphi^1 - 1)Y_1 + s^1 \quad e \quad \Delta_e^1 = e^1$$

Assim:

$$\Delta^1 = \mu^1 (\varphi^1 - 1)Y_1 + \mu^1 s^1 + v^1 e^1$$

$$\Delta_o^1 = (\varphi^1 - 1) + \frac{1}{\chi^1} (\mu^1 s^1 + v^1 e^1) \quad (26)$$

$$O^1 = \varphi^1 - \left(\frac{1}{\chi^1} \right) (\mu^1 s^1 + v^1 e^1) = \varphi^1 - \frac{\Sigma^1}{\chi^1}$$

Tanto PHI como OMICRON são medidas de ineficiência de produto. PHI mede somente aquela porção da ineficiência que pode ser realizada por um aumento proporcional de produtos. OMICRON mede a ineficiência total em termos de aumento de produto proporcional.

APÊNDICE: Processo de Estimação do Modelo de Eficiência de Gestão do Transporte Urbano por Ônibus pelos Municípios

1 Escolha das Variáveis na Avaliação AED

A escolha das variáveis para a aplicação do Método AED (Análise Envoltória de Dados), para a avaliação da eficiência dos diversos municípios na sua gestão do transporte público por ônibus, foi feita através de Análise Estatística, utilizando, para isto, o software Statistica - versão 6.0, da verificação de sua importância no fornecimento de um sistema de transporte eficiente, e de programação matemática, utilizando o software IDEAS – versão 5.1.

Em um primeiro momento foi feita uma análise de correlação entre a variável N° de Passageiros transportados por Ano (PASSANO – principal produto das empresas de transporte urbano) e todas as demais variáveis disponíveis. A Tabela 29 mostra as diversas correlações desta variável com as demais.

Tabela 29: Correlações Altas e Significativas entre a Variável N° de Passageiros transportados por Ano e as demais variáveis (significância de 5%)

Variáveis	PASSANO
POPULAÇÃO	0,98
RENDA	0,85
OPERADOR	0,90
N° LINHAS	0,99
EXTLINHAS	0,98
TOTTERMI	0,66
ONIOPMDU	0,99
KMSERMDU	0,99
KMSERANO	1,00
VIAREANO	0,98

Continuação da Tabela 29.

Variáveis	PASSANO
PASSMDU	1,00
PASSMSA	0,99
PASSMDO	0,99
TOTFUNCI	0,99
TOTONIB	0,99
TOTIDADE	0,50

As variáveis PASSMDU, PASSMSA E PASSMDO são altamente correlacionadas por se tratarem de médias diárias do N° Total de Passageiros Transportados por Ano. As variáveis ONIOPMDU, KMSERMDU, KMSERANO, VIAREANO são variáveis que representam produtos oferecidos pelas empresas dos municípios. Como o primeiro produto escolhido foi N° de Passageiros Transportados por Ano (PASSANO) é de interesse, nesse momento se definir o primeiro insumo, para que se possa, através da relação PRODUTO/INSUMO, se medir o primeiro Índice de Eficiência. Entre os insumos: OPERADOR, N° LINHAS, EXTLINHAS, TOTFUNCI, TOTONIB e TOTIDADE, escolheu-se o insumo TOTONIB. Esta escolha foi baseada no alto índice de municípios que forneceram essa informação no Anuário da ANTP, como, também, por ser uma variável que pode representar o capital disponível da empresa. Algumas variáveis não puderam ser incluídas devido à maioria dos municípios não fornecer as informações. As variáveis: POPULAÇÃO, RENDA e TOTTERMI serão utilizadas para definirem características dos municípios na análise dos resultados.

Dividindo a variável PASSANO pela variável TOTONIB define-se o primeiro Índice de Eficiência. Esta relação foi calculada para cada município e é apresentada na Tabela 30, em ordem decrescente de eficiência.

Tabela 30: Primeiro Índice de Eficiência (EF1)

MUNICIPIO	ESTADO	$EF1 = \frac{PASSANO}{TOTONIB}$	RANKING
MONTES CLAROS	MG	306122,45	1

Continuação da Tabela 30.

MUNICIPIO	ESTADO	$EF1 = \frac{PASSANO}{TOTONIB}$	RANKING
JUIZ DE FORA	MG	269385,96	0,8800
CARAPICUIBA	SP	266473,63	0,8705
VITÓRIA DA CONQUISTA	BA	261301,49	0,8536
BETIM	MG	257605,24	0,8415
CAMPINA GRANDE	PB	251057,01	0,8201
VOLTA REDONDA	RJ	250818,18	0,8193
JOÃO PESSOA	PB	235542,30	0,7694
CARUARU	PE	227007,84	0,7416
BELÉM	PA	219717,09	0,7177
PETROPOLIS	RJ	218226,20	0,7129
SÃO LUIS	MA	207994,96	0,6795
CAMPO GRANDE	MS	206425,74	0,6743
PETROLINA	PE	204083,74	0,6667
ARACAJU	SE	203627,43	0,6652
MAUÁ	SP	201632,65	0,6587
RIBEIRÃO PRETO	SP	199126,86	0,6505
SALVADOR	BA	198126,09	0,6472
NATAL	RN	198001,03	0,6468
MANAUS	AM	196063,26	0,6405
GOVERNADOR VALADARES	MG	193226,38	0,6312
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	190749,06	0,6231
CAXIAS DO SUL	RS	187793,43	0,6135
OLINDA	PE	187720,97	0,6132
ILHÉUS	BA	185800,00	0,6069
LIMEIRA	SP	185185,19	0,6049
CAÇAPAVA	SP	184352,92	0,6022
CASCADEL	PR	182914,33	0,5975
PORTO ALEGRE	RS	180358,85	0,5892
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	179136,47	0,5852
JUNDIAÍ	SP	177794,59	0,5808
FORTALEZA	CE	177313,89	0,5792
MACEIÓ	AL	176964,63	0,5781
TERESINA	PI	176505,72	0,5766
BELO HORIZONTE	MG	174156,58	0,5689

Continuação da Tabela 30.

MUNICIPIO	ESTADO	$EF1 = \frac{PASSANO}{TOTONIB}$	RANKING
CURITIBA	PR	174075,40	0,5686
UBERLÂNDIA	MG	171097,34	0,5589
JACAREÍ	SP	170575,59	0,5572
PORTO VELHO	RO	169802,12	0,5547
UBERABA	MG	169010,89	0,5521
RECIFE	PE	168829,08	0,5515
JUAZEIRO	BA	168308,10	0,5498
SANTO ANDRE	SP	168009,69	0,5488
FRANCA	SP	167619,05	0,5476
FLORIANÓPOLIS	SC	166873,16	0,5451
FOZ DO IGUAÇÚ	PR	165723,90	0,5414
SOROCABA	SP	165596,67	0,5409
LONDRINA	PR	164657,41	0,5379
TIMÓTEO	MG	164210,53	0,5364
GOIÂNIA	GO	163208,73	0,5331
ANGRA DOS REIS	RJ	162857,87	0,5320
BLUMENAU	SC	159619,05	0,5214
SANTARÉM	PA	158948,92	0,5192
JABOATÃO DOS GUARARAPES	PE	154421,70	0,5044
DIADEMA	SP	154047,07	0,5032
GUARAPUAVA	PR	153875,09	0,5027
BOA VISTA	RR	153846,15	0,5026
SANTA CRUZ DO SUL	RS	152595,06	0,4985
PRESIDENTE PRUDENTE	SP	151772,10	0,4958
SANTA BÁRBARA DÓESTE	SP	151018,25	0,4933
FEIRA DE SANTANA	BA	150359,82	0,4912
CAMPINAS	SP	145932,83	0,4767
UMUARAMA	PR	144754,12	0,4729
PIRACICABA	SP	144230,88	0,4712
SÃO GONÇALO	RJ	142947,30	0,4670
IMPERATRIZ	MA	142857,14	0,4667
SANTA LUZIA	MG	137226,88	0,4483
CACHOEIRA DO SUL	RS	136800,00	0,4469
SÃO CAETANO DO SUL	SP	135821,27	0,4437

Continuação da Tabela 30.

MUNICIPIO	ESTADO	$EF1 = \frac{PASSANO}{TOTONIB}$	RANKING
CURVELO	MG	135279,00	0,4419
CUIABÁ	MT	135101,85	0,4413
ERECHIM	RS	134293,37	0,4387
CAUCAIA	CE	132375,74	0,4324
SANTOS	SP	130473,37	0,4262
BARUERI	SP	128301,46	0,4191
NOVO HAMBURGO	RS	126212,11	0,4123
MOGI DAS CRUZES	SP	125775,23	0,4109
FRANCISCO MORATO	SP	125471,49	0,4099
ANÁPOLIS	GO	119503,94	0,3904
VIAMÃO	RS	112355,57	0,3670
MARINGÁ	PR	105712,38	0,3453
GUARULHOS	SP	105436,58	0,3444
BRASÍLIA	DF	105213,98	0,3437
RIO DO SUL	SC	100570,28	0,3285
UBÁ	MG	96750,00	0,3161
CAMARAGIBE	PE	86555,63	0,2827
FERNANDÓPOLIS	SP	81554,17	0,2664
CORUMBÁ	MS	81506,48	0,2663
SUZANO	SP	47611,91	0,1555
LEME	SP	42046,82	0,1374
GARÇA	SP	27815,36	0,0909
EFICIÊNCIA MÉDIA			0,5369

Dos 95 municípios apresentados no Anuário ANTP (Associação Nacional de Transportes Públicos) dos Transportes Urbanos - 1998, foi preciso eliminar, a princípio, 2 municípios, por falta de informação. Estes são: Canoas (RS) e Niterói (RJ). Os municípios do Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP) foram também retirados da análise por se tratarem de outliers, como será mostrado posteriormente.

Através deste primeiro índice, como seria de esperar, apenas um município aparece como eficiente. Este é o município de Montes Claros, que possui um pouco mais de 40 anos, localizado no Estado de Minas Gerais.

Possui em torno de 280.000 habitantes e desenvolve atividades relacionadas à agropecuária e indústria de transformação. As informações disponíveis não permitem maiores discussões sobre as particularidades desse município.

Após ter-se definido a relação PRODUTO/INSUMO com as variáveis PASSANO/TOTONIB, examinou-se como este quociente se correlaciona com as demais variáveis. Verificou-se que a única correlação alta, e significativa, dessa relação se encontrava com a variável Distância entre Pontos (DISTPONT), com correlação igual a 0,50. Através dos gráficos de correlações de matrizes apresentados no Statistica, também se pode perceber a existência de "outliers" no banco de dados, o que será revisado mais adiante.

Após a retirada dos outliers, novamente foi verificada a correlação do índice PASSANO/TOTONIB com as demais variáveis. A Tabela 31 mostra essas correlações.

Tabela 31: Correlações altas e significativas entre EF1 e as demais variáveis (nível de significância de 5%)

Variáveis	PASSANO/TOTONIB
POPULAÇÃO	0,59
Nº LINHAS	0,56
EXTLINHAS	0,64
DISTPONT	0,53
KMSERMDU	0,63
KMSERANO	0,59

A variável de correlação mais elevada com a relação PASSANO/TOTONIB é EXTLINHAS. Como esta informação não é disponível para muitos municípios, optou-se por não utilizá-la. As duas variáveis seguintes são POPULAÇÃO e KMSERANO. Optou-se por incluir no modelo de eficiência a variável KMSERANO como produto adicional, porque POPULAÇÃO é uma variável ambiental (fora de controle), enquanto KMSERANO é uma variável de decisão gerencial, isto é, sua quantificação é definida dentro da empresa, sendo, também importante, para a definição do IPK.

Alguns dos 91 municípios analisados anteriormente foram excluídas neste passo, por não possuírem a informação sobre esta última variável. O número de municípios analisados passou a ser de 84, com eliminação de Anápolis (GO), Boa Vista (RR), Camaragibe (PE), Corumbá (MS), Curvelo (MG), Montes Claros (MG) e Suzano (SP). Para o cálculo do escore de eficiência, no modelo com dois produtos (PASSANO E KMSERANO) e um insumo, foi utilizado o software IDEAS - Integrated Data Envelopment Analysis System - versão 5.1, desenvolvido por 1 CONSULTING, Inc., USA.

Os dados inseridos no software IDEAS foram normalizados, isto é, os valores das variáveis foram divididos pelo máximo valor encontrado para cada variável e multiplicados por 100. Isto facilita a interpretação dos dados, pois os mesmos são analisados através de aumentos ou reduções percentuais.

Os escores de eficiência gerados pelo software IDEAS são apresentados na Tabela 32:

Tabela 32: Escores de Eficiência (EF2) para os 84 municípios analisados

MUNICIPIO	ESTADO	$EF 2 = \frac{PASSANO + KMSERANO}{TOTONIB}$
ANGRA DOS REIS	RJ	0,6130
ARACAJU	SE	0,8105
BARUERI	SP	0,4835
BELÉM	PA	1,0000
BELO HORIZONTE	MG	1,0000
BETIM	MG	0,9729
BLUMENAU	SC	0,6294
BRASÍLIA	DF	0,8766
CAÇAPAVA	SP	0,7876
CACHOEIRA DO SUL	RS	0,5565
CAMPINA GRANDE	PB	0,9355
CAMPINAS	SP	0,6971
CAMPO GRANDE	MS	0,7879
CARAPICUIBA	SP	1,0000
CARUARU	PE	0,8599

Continuação da Tabela 32.

MUNICIPIO	ESTADO	EF 2 = $\frac{\text{PASSANO+ KM SERANO}}{\text{TOTONIB}}$
CASCAVEL	PR	0,6841
CAUCAIA	CE	0,7071
CAXIAS DO SUL	RS	0,6993
CUIABÁ	MT	0,6738
CURITIBA	PR	0,7833
DIADEMA	SP	0,5798
ERECHIM	RS	0,5591
FEIRA DE SANTANA	BA	0,5750
FERNANDÓPOLIS	SP	1,0000
FLORIANÓPOLIS	SC	0,6930
FORTALEZA	CE	0,7962
FOZ DO IGUAÇÚ	PR	0,6775
FRANCA	SP	0,6348
FRANCISCO MORATO	SP	0,4874
GARÇA	SP	0,1620
GOIÂNIA	GO	0,7096
GOVERNADOR VALADARES	MG	0,7246
GUARAPUAVA	PR	0,5979
GUARULHOS	SP	0,5019
ILHÉUS	BA	0,6948
IMPERATRIZ	MA	0,6423
JABOATÃO DOS GUARARAPES	PE	0,7807
JACAREÍ	SP	0,6376
JOÃO PESSOA	PB	0,9039
JUAZEIRO	BA	0,6692
JUIZ DE FORA	MG	1,0000
JUNDIAÍ	SP	0,7170
LEME	SP	0,4939
LIMEIRA	SP	0,7463
LONDRINA	PR	0,6121
MACEIÓ	AL	0,7969
MANAUS	AM	1,0000
MARINGÁ	PR	0,4116

Continuação da Tabela 32.

MUNICIPIO	ESTADO	EF 2 = $\frac{\text{PASSANO+ KM SERANO}}{\text{TOTONIB}}$
MAUÁ	SP	0,7527
MOGI DAS CRUZES	SP	0,7126
NATAL	RN	0,7895
NOVO HAMBURGO	RS	0,4703
OLINDA	PE	0,7027
PETROLINA	PE	0,7744
PETROPOLIS	RJ	0,8226
PIRACICABA	SP	0,6738
PORTO ALEGRE	RS	0,8204
PORTO VELHO	RO	0,7022
PRESIDENTE PRUDENTE	SP	0,7180
RECIFE	PE	0,7438
RIBEIRÃO PRETO	SP	0,7489
RIO DO SUL	SC	0,4705
SALVADOR	BA	1,0000
SANTA BÁRBARA D'OESTE	SP	0,6119
SANTA CRUZ DO SUL	RS	0,6207
SANTA LUZIA	MG	0,8007
SANTARÉM	PA	0,6747
SANTO ANDRE	SP	0,6946
SANTOS	SP	0,5397
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	0,7980
SÃO CAETANO DO SUL	SP	0,5808
SÃO GONÇALO	RJ	0,7336
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	0,7619
SÃO LUIS	MA	0,9700
SOROCABA	SP	0,6923
TERESINA	PI	0,7424
TIMÓTEO	MG	0,6608
UBÁ	MG	0,4845
UBERABA	MG	0,6612
UBERLÂNDIA	MG	0,7129
UMUARAMA	PR	0,6184

Continuação da Tabela 32.

MUNICIPIO	ESTADO	$EF 2 = \frac{PASSANO+ KMSERANO}{TOTONIB}$
VIAMÃO	RS	0,5160
VITÓRIA DA CONQUISTA	BA	0,9891
VOLTA REDONDA	RJ	0,9337
EFICIÊNCIA MÉDIA		0,7150

O município de Montes Claros (MG), que aparecia como eficiente no primeiro Índice de Eficiência, não foi mantido neste passo, por não possuir a informação sobre KMSERANO.

Com o segundo Índice de Eficiência, os municípios que aparecem como eficientes são: Belém (PA), Belo Horizonte (MG), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP), Juiz de Fora (MG), Manaus (AM) e Salvador (BA).

Analisando, novamente, a correlação entre o Índice de Eficiência $EF 2 = \frac{PASSANO+ KMSERANO}{TOTONIB}$ com as demais variáveis do Anuário, encontrou-se os resultados mostrados na Tabela 33.

Tabela 33: Correlações altas e significativas entre o Índice de Eficiência EF2 e as demais variáveis (nível de significância de 5%)

VARIÁVEIS	$EF 2 = \frac{PASSANO+ KMSERANO}{TOTONIB}$
POPULAÇÃO	0,85
OPERADOR	0,63
Nº LINHAS	0,80
EXTLINHA	0,86
DISTPONT	0,57
ONIOPMDU	0,78
VIAREANO	0,74
TOTFUNC1	0,74

Como a variável EXTLINHA está muito incompleta no Anuário, optou-se por inserir, como segundo Insumo, no Índice de Eficiência, a variável N°

LINHAS. Essa variável pode representar a infra-estrutura disponível no município para o atendimento do serviço de transporte público por ônibus.

Assim, o terceiro Índice de Eficiência será $EF3 = \frac{PASSANO + KM SERANO}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS}$.

Mais dois municípios precisaram ser eliminados por não apresentarem o N^o LINHAS. Estes são: Belém (PA) e Jacareí (SP), passando-se a trabalhar com 82 municípios.

Avaliando os novos escores de eficiência, encontraram os resultados apresentados na Tabela 34.

Tabela 34: Escores de Eficiência para os 82 municípios analisados

MUNICIPIO	ESTADO	$EF3 = \frac{PASSANO + KM SERANO}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS}$
ANGRA DOS REIS	RJ	0,6316
ARACAJU	SE	0,8825
BARUERI	SP	0,4974
BELO HORIZONTE	MG	1,0000
BETIM	MG	0,9729
BLUMENAU	SC	0,6413
BRASÍLIA	DF	0,9620
CAÇAPAVA	SP	0,7876
CACHOEIRA DO SUL	RS	0,5565
CAMPINA GRANDE	PB	1,0000
CAMPINAS	SP	0,7060
CAMPO GRANDE	MS	0,8161
CARAPICUIBA	SP	1,0000
CARUARU	PE	0,8688
CASCAVEL	PR	0,6841
CAUCAIA	CE	0,7071
CAXIAS DO SUL	RS	0,7118
CUIABÁ	MT	0,6738
CURITIBA	PR	0,8603
DIADEMA	SP	0,5913
ERECHIM	RS	0,5591

Continuação da Tabela 34.

MUNICIPIO	ESTADO	$EF3 = \frac{PASSANO + KM SERANO}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS}$
FEIRA DE SANTANA	BA	0,5774
FERNANDÓPOLIS	SP	1,0000
FLORIANÓPOLIS	SC	0,7048
FORTALEZA	CE	0,9278
FOZ DO IGUAÇÚ	PR	0,6887
FRANCA	SP	0,6358
FRANCISCO MORATO	SP	0,4874
GARÇA	SP	1,0000
GOIÂNIA	GO	0,7942
GOVERNADOR VALADARES	MG	0,7302
GUARAPUAVA	PR	0,5979
GUARULHOS	SP	0,5975
ILHÉUS	BA	0,6948
IMPERATRIZ	MA	0,6423
JABOATÃO DOS GUARARAPES	PE	0,7807
JOÃO PESSOA	PB	1,0000
JUAZEIRO	BA	0,6931
JUIZ DE FORA	MG	1,0000
JUNDIAÍ	SP	0,7256
LEME	SP	0,6549
LIMEIRA	SP	0,8502
LONDRINA	PR	0,6437
MACEIÓ	AL	0,8227
MANAUS	AM	1,0000
MARINGÁ	PR	0,4196
MAUÁ	SP	0,7610
MOGI DAS CRUZES	SP	0,7126
NATAL	RN	0,9169
NOVO HAMBURGO	RS	0,4772
OLINDA	PE	0,7618
PETROLINA	PE	0,8322
PETROPOLIS	RJ	0,8244
PIRACICABA	SP	0,6738

Continuação da Tabela 34.

MUNICIPIO	ESTADO	$EF3 = \frac{PASSANO+ KM SERANO}{TOTONIB+ N^{\circ} LINHAS}$
PORTO ALEGRE	RS	0,9223
PORTO VELHO	RO	0,7177
PRESIDENTE PRUDENTE	SP	0,7180
RECIFE	PE	0,9131
RIBEIRÃO PRETO	SP	0,7878
RIO DO SUL	SC	0,4705
SALVADOR	BA	1,0000
SANTA BÁRBARA DÓESTE	SP	0,6119
SANTA CRUZ DO SUL	RS	0,6207
SANTA LUZIA	MG	0,8007
SANTARÉM	PA	0,6747
SANTO ANDRE	SP	0,7513
SANTOS	SP	0,5849
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	0,8454
SÃO CAETANO DO SUL	SP	0,8625
SÃO GONÇALO	RJ	0,7495
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	0,7771
SÃO LUIS	MA	0,9895
SOROCABA	SP	0,7169
TERESINA	PI	0,7971
TIMÓTEO	MG	0,6633
UBÁ	MG	0,4845
UBERABA	MG	0,6612
UBERLÂNDIA	MG	0,7384
UMUARAMA	PR	0,6184
VIAMÃO	RS	0,5160
VITÓRIA DA CONQUISTA	BA	0,9891
VOLTA REDONDA	RJ	0,9707
EFICIÊNCIA MÉDIA		0,7524

O município de Belém (PA), que apareceu como eficiente no segundo Índice de Eficiência, teve de ser excluído da amostra porque não dispunha de informação sobre o N° LINHAS. Com este terceiro Índice, os seguintes

municípios apareceram como eficientes: Belo Horizonte (MG), Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP), Garça (SP), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Manaus (AM), Salvador (BA). Pode-se observar que todos os municípios que eram eficientes com o Índice de Eficiência

$$EF2 = \frac{PASSANO + KMSERANO}{TOTONIB}, \text{ se mantiveram eficientes após acrescentar-se}$$

o Insumo N° LINHAS. Além desses, se tornaram eficientes Campina Grande (PB), Garça (SP) e João Pessoa (PB). Como seria de esperar, à medida que se acrescenta uma nova variável no Índice de Eficiência, o número de unidades eficientes tende a aumentar, pois aos municípios é dada a oportunidade de atribuir pesos que lhes são favoráveis às variáveis acrescentadas. A discussão sobre esses pesos será feita mais adiante. Pode-se perceber, ainda, que o escore de eficiência média, para o terceiro Índice de Eficiência, passou de 0,7150 para 0,7524.

Novamente é realizada uma análise de correlação entre o Índice de Eficiência $EF3 = \frac{PASSANO + KMSERANO}{TOTONIB + N^\circ \text{ LINHAS}}$, para verificar a existência de outras variáveis que sejam altamente correlacionadas e significativas em relação a este Índice. A Tabela 35 apresenta essas correlações.

Tabela 35: Correlações altas e significativas entre o Índice de Eficiência EF3 e as demais variáveis (nível de significância de 5%)

VARIÁVEIS	$EF3 = \frac{PASSANO + KMSERANO}{TOTONIB + N^\circ \text{ LINHAS}}$
POPULAÇÃO	0,77
IDADE MUNICIPIO	0,54
OPERADOR	0,55
EXTLINHA	0,75
ONIOPMDU	0,70
VIAREANO	0,64
TOTFUNC1	0,68

Neste quarto passo, acrescentou-se a variável ONIOPMDU como um Produto no Índice de Eficiência 4, ou seja, $EF4 = \frac{PASSANO+ KM SERANO+ ONIOPMDU}{TOTONIB+ N^{\circ} LINHAS}$. A variável ONIOPMDU, representa a disponibilidade de ônibus a serviço de seus usuários nos diversos horários, nos dias úteis, que pode, também, representar a frequência do serviço. Para o cálculo deste Índice de Eficiência, foi necessário se eliminar mais três municípios: Diadema (SP), Mogi das Cruzes (SP) e Viamão (RS), por falta de informação, reduzindo para 79 o número de municípios.

Os escores de eficiência para EF4, para os 79 municípios são:

Tabela 36: Escores de Eficiência para os 79 municípios analisados

MUNICIPIO	Estado	$EF4 = \frac{PASSANO+ KM SERANO+ ONIOPMDU}{TOTONIB+ N^{\circ} LINHAS}$
ANGRA DOS REIS	RJ	0,6316
ARACAJU	SE	0,8839
BARUERI	SP	0,6745
BELO HORIZONTE	MG	1,0000
BETIM	MG	0,9729
BLUMENAU	SC	0,6996
BRASÍLIA	DF	1,0000
CAÇAPAVA	SP	0,7876
CACHOEIRA DO SUL	RS	0,5565
CAMPINA GRANDE	PB	1,0000
CAMPINAS	SP	0,9575
CAMPO GRANDE	MS	0,8820
CARAPICUIBA	SP	1,0000
CARUARU	PE	0,8688
CASCADEL	PR	0,6841
CAUCAIA	CE	0,7071
CAXIAS DO SUL	RS	0,7389
CUIABÁ	MT	0,7085
CURITIBA	PR	0,8877
ERECHIM	RS	0,5591

Continuação da Tabela 36.

MUNICIPIO	Estado	EF 4 = $\frac{\text{PASSANO+ KM SERANO+ ONIOPMDU}}{\text{TOTONIB+ N}^\circ \text{ LINHAS}}$
FEIRA DE SANTANA	BA	0,6875
FERNANDÓPOLIS	SP	1,0000
FLORIANÓPOLIS	SC	0,8108
FORTALEZA	CE	0,9626
FOZ DO IGUAÇÚ	PR	0,6899
FRANCA	SP	0,6358
FRANCISCO MORATO	SP	0,4874
GARÇA	SP	1,0000
GOIÂNIA	GO	0,8375
GOVERNADOR VALADARES	MG	0,7302
GUARAPUAVA	PR	0,5979
GUARULHOS	SP	0,9908
ILHÉUS	BA	0,6948
IMPERATRIZ	MA	0,6423
JABOATÃO DOS GUARARAPES	PE	0,7807
JOÃO PESSOA	PB	1,0000
JUAZEIRO	BA	0,7169
JUIZ DE FORA	MG	1,0000
JUNDIAÍ	SP	0,7465
LEME	SP	0,6549
LIMEIRA	SP	0,8635
LONDRINA	PR	0,7688
MACEIÓ	AL	0,8960
MANAUS	AM	1,0000
MARINGÁ	PR	0,7200
MAUÁ	SP	0,7610
NATAL	RN	0,9283
NOVO HAMBURGO	RS	0,7605
OLINDA	PE	0,7618
PETROLINA	PE	0,8322
PETROPOLIS	RJ	0,8637
PIRACICABA	SP	0,6893
PORTO ALEGRE	RS	0,9223

Continuação da Tabela 36.

MUNICIPIO	Estado	EF 4 = $\frac{\text{PASSANO} + \text{KMSERANO} + \text{ONIOPMDU}}{\text{TOTONIB} + \text{N}^\circ \text{LINHAS}}$
PORTO VELHO	RO	0,7186
PRESIDENTE PRUDENTE	SP	0,7180
RECIFE	PE	0,9583
RIBEIRÃO PRETO	SP	0,8268
RIO DO SUL	SC	0,8437
SALVADOR	BA	1,0000
SANTA BÁRBARA DÓESTE	SP	0,6119
SANTA CRUZ DO SUL	RS	0,6207
SANTA LUZIA	MG	0,8212
SANTARÉM	PA	0,6747
SANTO ANDRE	SP	0,8573
SANTOS	SP	0,8446
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	0,8792
SÃO CAETANO DO SUL	SP	0,9033
SÃO GONÇALO	RJ	0,8808
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	0,8537
SÃO LUIS	MA	1,0000
SOROCABA	SP	0,8306
TERESINA	PI	0,8125
TIMÓTEO	MG	0,6633
UBÁ	MG	0,5071
UBERABA	MG	0,6612
UBERLÂNDIA	MG	0,7559
UMUARAMA	PR	0,6184
VITÓRIA DA CONQUISTA	BA	0,9891
VOLTA REDONDA	RJ	0,9707
EFICIÊNCIA MÉDIA		0,7739

Os municípios eficientes para o Índice de Eficiência EF 4 = $\frac{\text{PASSANO} + \text{KMSERANO} + \text{ONIOPMDU}}{\text{TOTONIB} + \text{N}^\circ \text{LINHAS}}$ são: Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP),

Garça (SP), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Manaus (AM), Salvador (BA) e São Luís (MA).

Agora, no conjunto eficiente, foram incluídos os municípios de Brasília (DF) e São Luís (MA). O escore de Eficiência Média também aumentou de 0,7524 para 0,7739.

Realizando uma nova análise de correlação entre $EF4 = \frac{PASSANO+ KM SERANO+ ONIOPMDU}{TOTONIB+ N^{\circ} LINHAS}$ e as demais variáveis, encontrou-se as seguintes correlações, apresentados na Tabela 37.

Tabela 37: Correlações altas e significativas entre o Índice de Eficiência EF4 e as demais variáveis (nível de significância de 5%)

VARIÁVEIS	$EF4 = \frac{PASSANO+ KM SERANO+ ONIOPMDU}{TOTONIB+ N^{\circ} LINHAS}$
POPULAÇÃO	0,79
OPERADOR	0,56
EXTLINHA	0,72
VIAREANO	0,62
TOTFUNC1	0,67

Inclui-se, nesse quinto Índice de Eficiência, o insumo TOTFUNC1. A variável TOTFUNC1 representa um dos principais dispêndios das empresas de transporte. O Índice de Eficiência passa a ser $EF5 = \frac{PASSANO+ KM SERANO+ ONIOPMDU}{TOTONIB+ N^{\circ} LINHAS+ TOTFUNC1}$. A inclusão dessa nova variável no quinto Índice de Eficiência, exigiu eliminação de 15 municípios, devido a falta desta informação. Esses são: Aracaju (SE), Campo Grande (MS), Florianópolis (SC), Franca (SP), Imperatriz (MA), Jaboatão dos Guararapes (PE), Juazeiro (BA), Londrina (PR), Maceió (AL), Mauá (SP), Novo Hamburgo (RS), Olinda (PE), Petrolina (PE), São Luís (MA) e Volta Redonda (RJ), permanecendo 64 municípios. Os escores de eficiência para esse novo Índice de Eficiência são apresentados na Tabela 38.

Tabela 38: Escores de Eficiência para os 64 municípios analisados

MUNICÍPIO	ESTADO	$EF5 = \frac{PASSANO + KMSERANO + ONIOPMDU}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS + TOTFUNCI}$
ANGRA DOS REIS	RJ	0,6316
BARUERI	SP	0,6759
BELO HORIZONTE	MG	1,0000
BETIM	MG	0,9729
BLUMENAU	SC	0,7480
BRASÍLIA	DF	1,0000
CAÇAPAVA	SP	0,7876
CACHOEIRA DO SUL	RS	0,5565
CAMPINA GRANDE	PB	1,0000
CAMPINAS	SP	0,9575
CARAPICUIBA	SP	1,0000
CARUARU	PE	0,8688
CASCADEL	PR	0,6841
CAUCAIA	CE	0,7108
CAXIAS DO SUL	RS	0,7899
CUIABÁ	MT	0,7597
CURITIBA	PR	0,8912
ERECHIM	RS	0,8077
FEIRA DE SANTANA	BA	0,6905
FERNANDÓPOLIS	SP	1,0000
FORTALEZA	CE	0,9947
FOZ DO IGUAÇÚ	PR	0,6974
FRANCISCO MORATO	SP	0,4874
GARÇA	SP	1,0000
GOIÂNIA	GO	0,8659
GOVERNADOR VALADARES	MG	0,7302
GUARAPUAVA	PR	0,5979
GUARULHOS	SP	1,0000
ILHÉUS	BA	0,6948
JOÃO PESSOA	PB	1,0000
JUIZ DE FORA	MG	1,0000
JUNDIAÍ	SP	0,7593

Continuação da Tabela 38.

MUNICÍPIO	ESTADO	$EF5 = \frac{PASSANO + KMSERANO + ONIOPMDU}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS + TOTFUNCI}$
LEME	SP	0,6655
LIMEIRA	SP	0,8635
MANAUS	AM	1,0000
MARINGÁ	PR	0,8307
NATAL	RN	0,9475
PETROPOLIS	RJ	0,8676
PIRACICABA	SP	0,7098
PORTO ALEGRE	RS	1,0000
PORTO VELHO	RO	0,7612
PRESIDENTE PRUDENTE	SP	0,7180
RECIFE	PE	0,9948
RIBEIRÃO PRETO	SP	0,8336
RIO DO SUL	SC	0,8437
SALVADOR	BA	1,0000
SANTA BÁRBARA DÓESTE	SP	0,6119
SANTA CRUZ DO SUL	RS	0,8648
SANTA LUZIA	MG	0,8486
SANTARÉM	PA	0,6886
SANTO ANDRE	SP	0,8584
SANTOS	SP	0,9269
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	0,8934
SÃO CAETANO DO SUL	SP	0,9033
SÃO GONÇALO	RJ	0,9123
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	0,8646
SOROCABA	SP	0,8454
TERESINA	PI	0,8509
TIMÓTEO	MG	0,6633
UBÁ	MG	0,6125
UBERABA	MG	0,6612
UBERLÂNDIA	MG	0,7736
UMUARAMA	PR	0,6184
VITÓRIA DA CONQUISTA	BA	0,9891
EFICIÊNCIA MÉDIA		0,6437

O município de São Luís (MA), que apareceu como eficiente no Índice de Eficiência 4 (EF4) foi excluído deste último passo por não possuir a variável TOTFUNCI.

Os municípios que são eficientes com Índice de Eficiência EF5 = $\frac{\text{PASSANO} + \text{KMSERANO} + \text{ONIOPMDU}}{\text{TOTONIB} + \text{N}^\circ \text{LINHAS} + \text{TOTFUNCI}}$ são: Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP), Garça (SP), Guarulhos (SP), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Manaus (AM), Porto Alegre (RS) e Salvador (BA). Além dos que já eram eficiente no passo anterior, os municípios de Guarulhos (SP) e Porto Alegre (RS) apareceram como eficientes neste novo Índice de Eficiência (EF5). O escore de Eficiência Média, para o Índice de EF5, diminuiu para 0,6437.

Novamente é realizada uma análise de correlação entre o EF5 = $\frac{\text{PASSANO} + \text{KMSERANO} + \text{ONIOPMDU}}{\text{TOTONIB} + \text{N}^\circ \text{LINHAS} + \text{TOTFUNCI}}$ e as demais variáveis. O resultado é apresentado na Tabela 39.

Tabela 39: Correlações altas e significativas entre o Índice de Eficiência EF5 e as demais variáveis (nível de significância de 5%)

VARIÁVEIS	EF5 = $\frac{\text{PASSANO} + \text{KMSERANO} + \text{ONIOPMDU}}{\text{TOTONIB} + \text{N}^\circ \text{LINHAS} + \text{TOTFUNCI}}$
POPULAÇÃO	0,79
OPERADOR	0,56
EXTLINHA	0,71
VIAREANO	0,62

Das variáveis apresentadas na Tabela 39, optou-se em acrescentar a variável VIAREANO como o próximo Produto. Assim, o Índice de Eficiência passou a ser EF6 = $\frac{\text{PASSANO} + \text{KMSERANO} + \text{ONIOPMDU} + \text{VIAREANO}}{\text{TOTONIB} + \text{N}^\circ \text{LINHAS} + \text{TOTFUNCI}}$.

Para incluir a variável VIAREANO, foi necessário excluir da base de dados os municípios: Angra dos Reis (RJ), Caçapava (SP), Cachoeira do Sul

(RS), Cascavel (PR), Caxias do Sul (RS), Curitiba (PR), Feira de Santana (BA), Francisco Morato (SP), Governador Valadares (MG), Ilhéus (BA), Presidente Prudente (SP), Ribeirão Preto (SP) e Vitória da Conquista (BA), restando 51 municípios.

Os escores para o Índice de Eficiência $EF_6 = \frac{PASSANO + KMSERANO + ONIOPMDU + VIAREANO}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS + TOTFUNC I}$ são apresentados na Tabela 40.

Tabela 40: Escores de Eficiência para os 51 municípios analisados

MUNICIPIO	ESTADO	$EF_6 = \frac{PASSANO + KMSERANO + ONIOPMDU + VIAREANO}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS + TOTFUNC I}$
BARUERI	SP	0,6759
BELO HORIZONTE	MG	1,0000
BETIM	MG	0,9729
BLUMENAU	SC	0,8090
BRASÍLIA	DF	1,0000
CAMPINA GRANDE	PB	1,0000
CAMPINAS	SP	1,0000
CARAPICUIBA	SP	1,0000
CARUARU	PE	0,8688
CAUCAIA	CE	0,7108
CUIABÁ	MT	0,7599
ERECHIM	RS	1,0000
FERNANDÓPOLIS	SP	1,0000
FORTALEZA	CE	1,0000
FOZ DO IGUAÇÚ	PR	0,7005
GARÇA	SP	1,0000
GOIÂNIA	GO	0,8723
GUARAPUAVA	PR	0,5979
GUARULHOS	SP	1,0000
JOÃO PESSOA	PB	1,0000
JUIZ DE FORA	MG	1,0000
JUNDIAÍ	SP	0,7593

Continuação da Tabela 40.

MUNICÍPIO	ESTADO	$EF_6 = \frac{PASSANO+ KMSERANO+ ONIOPMDU+ VIAREANO}{TOTONIB+ N^{\circ} LINHAS+ TOTFUNC}$
LEME	SP	0,8326
LIMEIRA	SP	0,8635
MANAUS	AM	1,0000
MARINGÁ	PR	1,0000
NATAL	RN	0,9475
PETROPOLIS	RJ	1,0000
PIRACICABA	SP	0,9968
PORTO ALEGRE	RS	1,0000
PORTO VELHO	RO	0,7612
RECIFE	PE	0,9948
RIO DO SUL	SC	0,8437
SALVADOR	BA	1,0000
SANTA BÁRBARA DÓESTE	SP	0,9237
SANTA CRUZ DO SUL	RS	0,8648
SANTA LUZIA	MG	0,8529
SANTARÉM	PA	0,6886
SANTO ANDRE	SP	0,8584
SANTOS	SP	0,9269
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SP	0,9230
SÃO CAETANO DO SUL	SP	0,9033
SÃO GONÇALO	RJ	0,9123
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	0,8646
SOROCABA	SP	1,0000
TERESINA	PI	0,8509
TIMÓTEO	MG	0,6633
UBÁ	MG	0,6125
UBERABA	MG	0,6612
UBERLÂNDIA	MG	0,8080
UMUARAMA	PR	1,0000
EFICIÊNCIA MÉDIA		0,5522

Para o Índice de Eficiência os seguintes

$$EF_6 = \frac{PASSANO+ KMSERANO+ ONIOPMDU+ VIAREANO}{TOTONIB+ N^{\circ} LINHAS+ TOTFUNC}$$

municípios se mostraram eficientes: Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Campina Grande (PB), Campinas (SP), Carapicuíba (SP), Erechim (RS), Fernandópolis (SP), Fortaleza (CE), Garça (SP), Guarulhos (SP), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Manaus (AM), Maringá (PR), Petrópolis (RJ), Porto Alegre (RS), Salvador (BA), Sorocaba (SP) e Umuarama (PR). Além dos municípios já identificados como eficientes no Índice de Eficiência anterior, acrescentou-se a esses municípios Campinas (SP), Erechim (RS), Fortaleza (CE), Maringá (PR), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP) e Umuarama (PR).

Definido o número de municípios finais que possuíam informações sobre todas as variáveis incluídas neste modelo, pode-se calcular a eficiência média para cada Índice de Eficiência. Esta eficiência média será mostrada na Tabela 41.

Tabela 41: Eficiência Média calculada para cada Índice de Eficiência para os 51 municípios

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6
MUNICÍPIOS					
BARUERI	0,4835	0,4974	0,6745	0,6759	0,6759
BELO HORIZONTE	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
BETIM	0,9729	0,9729	0,9729	0,9729	0,9729
BLUMENAU	0,6350	0,6413	0,7071	0,7480	0,8090
BRASILIA	0,9620	0,9620	1,0000	1,0000	1,0000
CAMPINA GRANDE	0,9355	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CAMPINAS	0,7060	0,7060	0,9575	0,9575	1,0000
CARAPICUIBA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CARUARU	0,8599	0,8688	0,8688	0,8688	0,8688
CAUCAIA	0,7071	0,7071	0,7071	0,7108	0,7108
CUIABA	0,6738	0,6738	0,7597	0,7597	0,7599
ERECHIM	0,5591	0,5591	0,5591	0,8077	1,0000
FERNANDOPOLIS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
FORTALEZA	0,8589	0,9278	0,9672	0,9947	1,0000
FOZ DO IGUAÇU	0,6868	0,6887	0,6974	0,6974	0,7005
GARÇA	0,1620	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
GOIANIA	0,7520	0,7942	0,8446	0,8659	0,8723

Continuação da Tabela 41.

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6
MUNICÍPIOS					
GUARAPUAVA	0,5979	0,5979	0,5979	0,5979	0,5979
GUARULHOS	0,5059	0,5975	0,9908	1,0000	1,0000
JOAO PESSOA	0,9087	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
JUIZ DE FORA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
JUNDIAI	0,7256	0,7256	0,7593	0,7593	0,7593
LEME	0,4940	0,6549	0,6549	0,6655	0,8326
LIMEIRA	0,7523	0,8502	0,8635	0,8635	0,8635
MANAUS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
MARINGA	0,4142	0,4196	0,7200	0,8307	1,0000
NATAL	0,8113	0,9169	0,9290	0,9475	0,9475
PETROPOLIS	0,8244	0,8244	0,8676	0,8676	1,0000
PIRACICABA	0,6738	0,6738	0,7098	0,7098	0,9968
PORTO ALEGRE	0,8863	0,9223	0,9223	1,0000	1,0000
PORTO VELHO	0,7129	0,7177	0,7228	0,7612	0,7612
RECIFE	0,8110	0,9131	0,9628	0,9948	0,9948
RIO DO SUL	0,4705	0,4705	0,8437	0,8437	0,8437
SALVADOR	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
SANTA BARBARA DOESTE	0,6119	0,6119	0,6119	0,6119	0,9237
SANTA CRUZ DO SUL	0,6207	0,6207	0,6207	0,8648	0,8648
SANTA LUZIA	0,8007	0,8007	0,8486	0,8486	0,8529
SANTAREM	0,6747	0,6747	0,6747	0,6886	0,6886
SANTO ANDRE	0,7060	0,7513	0,8584	0,8584	0,8584
SANTOS	0,5486	0,5849	0,8446	0,9269	0,9269
SÃO BERNARDO	0,8121	0,8454	0,8934	0,8934	0,9230
SÃO CAETANO	0,5808	0,8625	0,9033	0,9033	0,9033
SÃO GONÇALO	0,7336	0,7495	0,9038	0,9123	0,9123
SÃO JOSE DOS CAMPOS	0,7771	0,7771	0,8646	0,8646	0,8646
SOROCABA	0,7046	0,7169	0,8335	0,8454	1,0000
TERESINA	0,7567	0,7971	0,8294	0,8509	0,8509
TIMOTEO	0,6608	0,6633	0,6633	0,6633	0,6633
UBA	0,4845	0,4845	0,5071	0,6125	0,6125
UBERABA	0,6612	0,6612	0,6612	0,6612	0,6612
UBERLANDIA	0,7252	0,7384	0,7736	0,7736	0,8080
UMUARAMA	0,6184	0,6184	0,6184	0,6184	1,0000

Continuação da Tabela 41.

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF2	EF3	EF4	EF5	EF6
MUNICÍPIOS					
EFICIENCIA MÉDIA	0,7259	0,7695	0,8269	0,8490	0,8879

Pode-se perceber, pela Tabela 41, que, a cada inclusão de uma nova variável no modelo, os escores de eficiência média aumentam. Trata-se de uma característica do modelo: quanto maior o número de variáveis, maior a possibilidade das unidades se tornarem eficientes.

O modelo $EF6 = \frac{PASSANO + KM SERANO + ONIOPMDU + VIAREANO}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS + TOTFUNC}$ foi o

primeiro estimado. Mas, para a decisão do melhor modelo, para representar a eficiência dos diversos municípios na gestão do seu transporte público por ônibus, foram avaliados outros aspectos, além das correlações altas e significativas das variáveis. Quanto aos insumos, uma empresa de transporte deve possuir condições mínimas de trabalho (representado pelo número de funcionários), capital (representado, neste estudo, pela frota de ônibus), para operar as linhas existentes, concedidas pelo órgão gestor, através de licitação. A concessão ou permissão define o serviço que deve ser ofertado à população, onde a empresa deve cumprir os requisitos de frequência e horários. Para isso, precisa colocar seus veículos operando nessas linhas, que são representados, neste índice, por KM SERANO. Ainda, a empresa tem, como principal objetivo, a captação do maior número possível de passageiros como forma de aumentar a sua receita, sendo seu principal produto PASSANO. As correlações altas e significativas entre as variáveis incluídas no modelo, só confirmam a importância das mesmas para o oferecimento de um serviço que atenda às necessidades do usuário. Outra variável testada foi o Consumo Médio de Combustível (TOTCONS). Apesar desta não possuir correlações altas ou significativas com os Índices de Eficiência, acreditava-se que poderia ser uma variável-insumo importante para as empresas e, conseqüentemente, para o município, pois poderia identificar algum tipo de congestionamento enfrentado pela empresa em determinada linha. Verificou-se, porém, que nenhum município atribuiu peso significativamente elevado a esta variável. A atribuição

de pesos às variáveis foi outra questão analisada, e será discutida posteriormente.

2 Verificação de Outliers

A verificação de outliers foi realizada, primeiramente, através das matrizes de correlações e análise de agrupamento do software Statistica. Pode-se identificar estes outliers, plotando em um gráfico, no eixo y, a variável PASSANO e no eixo x, a variável TONIB, como mostrado na Figura 25, no Capítulo 9.

Na Figura 25, percebe-se que dois municípios possuem valores altos de PASSANO e TONIB, relativamente aos observados nos demais municípios. O município mais extremo é São Paulo; o segundo município com valores altos é o Rio de Janeiro. Assim, esses dois municípios foram descartados da análise, por fugirem muito da média geral dos demais municípios. Na Figura 26, apresentam-se as relações PASSANO / TONIB para os demais municípios, após a retirada desses outliers.

3 Definição dos Pesos para as Variáveis

Após a definição do primeiro modelo de Eficiência $EF_6 = \frac{PASSANO + KMSERANO + ONIOPMDU + VIAREANO}{TONIB + N^{\circ}LINHAS + TOTFUNCI}$, começou-se à analisar os pesos atribuídos às diversas variáveis pelos municípios.

Neste primeiro modelo, os municípios atribuíram pesos baixos para as variáveis KMSERANO e VIAREANO em relação às demais variáveis incluídas no modelo, como pode ser visto na Tabela 42.

Tabela 42: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis

VARIÁVEIS	INTERVALO DE PESOS	
KMSERANO	0,00001	0,75569
Nº LINHAS	0,00001	9,75294
ONIOPMDU	0,00001	9,03342
PASSANO	0,00001	10,60445
TOTFUNCI	0,00001	11,46513
TOTONIB	0,00001	15,47387
VIAREANO	0,00001	2,62398

Pode-se perceber, através da Tabela 42, pelos pesos atribuídos às variáveis KMSERANO e PASSANO, que é necessário percorrer 100 Kms para compensar o transporte de 7 passageiros. Ademais, as variáveis KMSERANO e VIAREANO podem ser redundantes em relação aos seus efeitos sobre o escore de eficiência.

Os valores máximos dos pesos das variáveis, mostrados na Tabela 42, revelam que estes valores foram atribuídos àquela variável, por um único município, de forma a torná-lo eficiente. Apesar de se perceber este artifício, optou-se em conservar as variáveis com pesos mais altos como forma de permitir que estes municípios se tornem eficientes, garantindo uma das vantagens da técnica AED de liberdade na escolha dos pesos.

Retirando as variáveis com pesos máximos baixos por, a princípio, indicarem pouca importância para o processo de produção, testou-se o seguinte modelo: $EF7 = \frac{PASSANO + ONIOPMDU}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS + TOTFUNCI}$. Os resultados encontrados para os 66 municípios analisados foram:

Tabela 43: Escores de Eficiência para os 66 municípios analisados para o Modelo de Eficiência EF7

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF7A	EF7B	EF7
MUNICÍPIOS			
ANGRA DOS REIS	0,6316	0,6316	0,6316

Continuação da Tabela 43.

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF7A	EF7B	EF7
MUNICÍPIOS			
BARUERI	0,4974	0,6745	0,6759
BELO HORIZONTE	1,0000	1,0000	1,0000
BETIM	0,9729	0,9729	0,9729
BLUMENAU	0,6055	0,7071	0,7442
BRASILIA	0,5217	1,0000	1,0000
CAÇAPAVA	0,7876	0,7876	0,7876
CACHOEIRA DO SUL	0,5565	0,5565	0,5565
CAMPINA GRANDE	1,0000	1,0000	1,0000
CAMPINAS	0,6522	0,9575	0,9575
CARAPICUIBA	1,0000	1,0000	1,0000
CARUARU	0,8688	0,8688	0,8688
CASCADEL	0,6841	0,6841	0,6841
CAUCAIA	0,5384	0,5442	0,5470
CAIXAS DO SUL	0,7118	0,7397	0,7899
CORUMBA	0,3543	0,4818	0,4818
CUIABA	0,5397	0,7004	0,7094
CURITIBA	0,8603	0,8912	0,8912
CURVELO	0,8410	0,8410	0,8410
ERECHIM	0,5591	0,5591	0,8077
FEIRA DE SANTANA	0,5600	0,6905	0,6905
FERNANDOPOLIS	1,0000	1,0000	1,0000
FORTALEZA	0,9254	0,9672	0,9927
FOZ DO IGUAÇU	0,6320	0,6732	0,6752
FRANCISCO MORATO	0,4769	0,4777	0,4777
GARÇA	1,0000	1,0000	1,0000
GOIANIA	0,7942	0,8446	0,8659
GOVERNADOR VALADARES	0,7302	0,7302	0,7302
GUARAPUAVA	0,5979	0,5979	0,5979
GUARULHOS	0,4951	0,9908	1,0000
ILHEUS	0,6948	0,6948	0,6948
JOAO PESSOA	1,0000	1,0000	1,0000
JUIZ DE FORA	1,0000	1,0000	1,0000
JUNDIAÍ	0,6737	0,7524	0,7524
LEME	0,2688	0,6271	0,6360

Continuação da Tabela 43.

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF7A	EF7B	EF7
MUNICÍPIOS			
LIMEIRA	0,7164	0,7634	0,7634
MANAUS	0,9600	0,9600	1,0000
MARINGÁ	0,4012	0,7200	0,8307
NATAL	0,9158	0,9290	0,9475
PETROPOLIS	0,8112	0,8676	0,8676
PIRACICABA	0,5372	0,6578	0,6578
PORTO ALEGRE	0,9223	0,9223	1,0000
PORTO VELHO	0,6506	0,6943	0,7612
PRESIDENTE PRUDENTE	0,5689	0,6332	0,6332
RECIFE	0,9006	0,9452	0,9776
RIBEIRAO	0,7615	0,8297	0,8336
RIO DO SUL	0,4705	0,8437	0,8437
SALVADOR	1,0000	1,0000	1,0000
SANTA BARBARA DOESTE	0,6119	0,6119	0,6119
SANTA CRUZ DO SUL	0,6207	0,6207	0,8648
SANTA LUZIA	0,5251	0,7585	0,7591
SANTAREM	0,6025	0,6025	0,6541
SANTO ANDRE	0,7038	0,8584	0,8584
SANTOS	0,5467	0,8446	0,9269
SÃO BERNARDO	0,7680	0,8763	0,8763
SÃO CAETANO	0,5674	0,9033	0,9033
SÃO GONÇALO	0,6053	0,8500	0,8764
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	0,6878	0,8598	0,8598
SOROCABA	0,6565	0,8328	0,8454
TERESINA	0,7724	0,8127	0,8491
TIMOTEO	0,6633	0,6633	0,6633
UBA	0,3987	0,5071	0,6125
UBERABA	0,6336	0,6336	0,6336
UBERLANDIA	0,6766	0,7618	0,7618
UMUARAMA	0,6184	0,6184	0,6184
VITORIA DA CONQUISTA	0,9891	0,9891	0,9891
EFICIENCIA MÉDIA	0,7015	0,7881	0,8082

onde:

$$EF7A = \frac{PASSANO}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS};$$

$$EF7B = \frac{PASSANO + ONIOPMDU}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS}.$$

Os seguintes municípios apareceram como eficientes: Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP), Garça (SP), Guarulhos (SP), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Manaus (AM), Porto Alegre (RS) e Salvador (BA).

Pode-se perceber que o escore de Eficiência Média do Modelo EF7 (Eficiência Média = 0,8082) é menor que o escore do Modelo EF6 (Eficiência Média = 0,8879).

Os pesos atribuídos as variáveis do novo modelo são mostrados na Tabela 44.

Tabela 44: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo EF7

VARIÁVEIS	INTERVALO DE PESOS	
Nº LINHAS	0,00001	9,75294
ONIOPMDU	0,00001	9,03342
PASSANO	0,00001	10,60445
TOTFUNC1	0,00001	14,49466
TOTONIB	0,00001	17,03995

O intervalo de pesos para as variáveis Nº LINHAS, ONIOPMDU e PASSANO continuaram iguais àqueles atribuídos no Modelo EF6, aumentando o intervalo de pesos para as variáveis TOTFUNC1 e TOTONIB.

Outras combinações de variáveis foram testadas para verificar a variação de pesos atribuídos às mesmas. Um desses testes foi a retirada de VIAREANO do Modelo EF6, gerando $EF8 = \frac{PASSANO + KMSERANO + ONIOPMDU}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS + TOTFUNC1}$. Os escores de eficiência são mostrados na Tabela 45.

Tabela 45: Escores de Eficiência para os 64 municípios analisados para o Modelo de Eficiência EF8

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF8A	EF8B	EF8C	EF8
MUNICÍPIOS				
ANGRA DOS REIS	0,6130	0,6316	0,6316	0,6316
BARUERI	0,4835	0,4974	0,6745	0,6759
BELO HORIZONTE	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
BETIM	0,9729	0,9729	0,9729	0,9729
BLUMENAU	0,6350	0,6413	0,7071	0,7480
BRASILIA	0,9620	0,9620	1,0000	1,0000
CAÇAPAVA	0,7876	0,7876	0,7876	0,7876
CACHOEIRA DO SUL	0,5565	0,5565	0,5565	0,5565
CAMPINA GRANDE	0,9355	1,0000	1,0000	1,0000
CAMPINAS	0,7060	0,7060	0,9575	0,9575
CARAPICUIBA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CARUARU	0,8599	0,8688	0,8688	0,8688
CASCADEL	0,6841	0,6841	0,6841	0,6841
CAUCAIA	0,7071	0,7071	0,7071	0,7108
CAIXAS DO SUL	0,6993	0,7118	0,7397	0,7899
CUIABA	0,6738	0,6738	0,7597	0,7597
CURITIBA	0,8423	0,8603	0,8912	0,8912
ERECHIM	0,5591	0,5591	0,5591	0,8077
FEIRA DE SANTANA	0,5774	0,5774	0,6905	0,6905
FERNANDOPOLIS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
FORTALEZA	0,8589	0,9278	0,9672	0,9947
FOZ DO IGUAÇU	0,6868	0,6887	0,6974	0,6974
FRANCISCO MORATO	0,4874	0,4874	0,4874	0,4874
GARÇA	0,1620	1,0000	1,0000	1,0000
GOIANIA	0,7520	0,7942	0,8446	0,8659
GOVERNADOR VALADARES	0,7246	0,7302	0,7302	0,7302
GUARAPUAVA	0,5979	0,5979	0,5979	0,5979
GUARULHOS	0,5059	0,5975	0,9908	1,0000
ILHÉUS	0,6948	0,6948	0,6948	0,6948
JOÃO PESSOA	0,9087	1,0000	1,0000	1,0000
JUIZ DE FORA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Continuação da Tabela 45.

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF8A	EF8B	EF8C	EF8
MUNICÍPIOS				
JUNDIAÍ	0,7256	0,7256	0,7593	0,7593
LEME	0,4939	0,6549	0,6549	0,6655
LIMEIRA	0,7523	0,8502	0,8635	0,8635
MANAUS	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
MARINGÁ	0,4142	0,4196	0,7200	0,8307
NATAL	0,8113	0,9169	0,9290	0,9475
PETROPOLIS	0,8244	0,8244	0,8676	0,8676
PIRACICABA	0,6738	0,6738	0,7098	0,7098
PORTO ALEGRE	0,8863	0,9223	0,9223	1,0000
PORTO VELHO	0,7129	0,7177	0,7228	0,7612
PRESIDENTE PRUDENTE	0,7180	0,7180	0,7180	0,7180
RECIFE	0,8110	0,9131	0,9628	0,9948
RIBEIRAO	0,7502	0,7878	0,8297	0,8336
RIO DO SUL	0,4705	0,4705	0,8437	0,8437
SALVADOR	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
SANTA BARBARA DOESTE	0,6119	0,6119	0,6119	0,6119
SANTA CRUZ DO SUL	0,6207	0,6207	0,6207	0,8648
SANTA LUZIA	0,8007	0,8007	0,8486	0,8486
SANTAREM	0,6747	0,6747	0,6747	0,6886
SANTO ANDRE	0,7060	0,7513	0,8584	0,8584
SANTOS	0,5486	0,5849	0,8446	0,9269
SÃO BERNARDO	0,8121	0,8454	0,8934	0,8934
SÃO CAETANO	0,5808	0,8625	0,9033	0,9033
SÃO GONÇALO	0,7336	0,7495	0,9038	0,9123
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	0,7771	0,7771	0,8646	0,8646
SOROCABA	0,7046	0,7169	0,8335	0,8454
TERESINA	0,7567	0,7971	0,8294	0,8509
TIMOTEO	0,6608	0,6633	0,6633	0,6633
UBA	0,4845	0,4845	0,5071	0,6125
UBERABA	0,6612	0,6612	0,6612	0,6612
UBERLANDIA	0,7252	0,7384	0,7736	0,7736
UMUARAMA	0,6184	0,6184	0,6184	0,6184
VITORIA DA CONQUISTA	0,9891	0,9891	0,9891	0,9891

Continuação da Tabela 45.

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF8A	EF8B	EF8C	EF8
MUNICÍPIOS				
EFICIENCIA MÉDIA	0,7210	0,7572	0,8063	0,8247

Os Índices de Eficiência EF8A, EF8B e EF8C representam modelos intermediários representados por:

$$EF8A = \frac{PASSANO + KMSERANO}{TOTONIB};$$

$$EF8B = \frac{PASSANO + KMSERANO}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS};$$

$$EF8C = \frac{PASSANO + KMSERANO + ONIOPMDU}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS}.$$

Os seguintes municípios apareceram como eficientes neste modelo: Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP), Garça (SP), Guarulhos (SP), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Manaus (AM), Porto Alegre (RS) e Salvador (BA).

O escore de Eficiência Média do Modelo EF8 = 0,8247 aumentou um pouco em relação ao escore do Modelo EF7 = 0,8082.

Os pesos atribuídos às variáveis no modelo EF8 são mostrados na Tabela 46.

Tabela 46: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo EF8:

VARIÁVEIS	INTERVALO DE PESOS	
KMSERANO	0,00001	4,81000
Nº LINHAS	0,00001	9,75294
ONIOPMDU	0,00001	9,03342
PASSANO	0,00001	10,60445
TOTFUNCI	0,00001	15,73707

Continuação da Tabela 46.

VARIÁVEIS	INTERVALO DE PESOS	
TOTONIB	0,00001	17,03995

O intervalo de pesos para as variáveis N° LINHAS, ONIOPMDU e PASSANO continuaram iguais àqueles atribuídos nos Modelos EF6 e EF7, aumentando o intervalo de pesos para as variáveis TOTFUNCI e TOTONIB em relação aos dois modelos anteriores e também aumentando o peso da variável KMSERANO em relação ao modelo EF6.

Outro modelo testado foi $EF9 = \frac{PASSANO + KMSERANO}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS + TOTFUNCI}$. Os escores de eficiência encontrados são mostrados na Tabela 47.

Tabela 47: Escores de Eficiência para os 67 municípios analisados para o Modelo de Eficiência EF9

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF9A	EF9B	EF9
MUNICÍPIOS			
ANGRA DOS REIS	0,6130	0,6316	0,6316
BARUERI	0,4835	0,4974	0,5061
BELO HORIZONTE	1,0000	1,0000	1,0000
BETIM	0,9729	0,9729	0,9729
BLUMENAU	0,6350	0,6413	0,7307
BRASILIA	0,9620	0,9620	0,9620
CAÇAPAVA	0,7876	0,7876	0,7876
CACHOEIRA DO SUL	0,5564	0,5564	0,5564
CAMPINA GRANDE	0,9355	1,0000	1,0000
CAMPINAS	0,7060	0,7060	0,7060
CARAPICUIBA	1,0000	1,0000	1,0000
CARUARU	0,8599	0,8688	0,8688
CASCAVEL	0,6841	0,6841	0,6841
CAUCAIA	0,7071	0,7071	0,7109
CAXIAS DO SUL	0,6993	0,7118	0,7826
CUIABA	0,6738	0,6738	0,6738

Continuação da Tabela 47.

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF9A	EF9B	EF9
MUNICÍPIOS			
CURITIBA	0,8423	0,8603	0,8603
DIADEMA	0,5798	0,5913	0,5913
ERECHIM	0,5591	0,5591	0,8077
FEIRA DE SANTANA	0,5774	0,5774	0,5774
FERNANDOPOLIS	1,0000	1,0000	1,0000
FORTALEZA	0,8589	0,9278	0,9328
FOZ DO IGUAÇU	0,6868	0,6887	0,6887
FRANCISCO MORATO	0,4874	0,4874	0,4874
GARÇA	0,1620	1,0000	1,0000
GOIANIA	0,7520	0,7942	0,8001
GOVERNADOR VALADARES	0,7246	0,7302	0,7302
GUARAPUAVA	0,5978	0,5978	0,5978
GUARULHOS	0,5059	0,5975	0,5975
ILHEUS	0,6948	0,6948	0,6948
JOAO PESSOA	0,9087	1,0000	1,0000
JUIZ DE FORA	1,0000	1,0000	1,0000
JUNDIAÍ	0,7256	0,7256	0,7256
LEME	0,4940	0,6550	0,6653
LIMEIRA	0,7523	0,8502	0,8502
MANAUS	1,0000	1,0000	1,0000
MARINGÁ	0,4142	0,4196	0,5261
MOGI DAS CRUZES	0,7126	0,7126	0,7126
NATAL	0,8113	0,9169	0,9318
PETROPOLIS	0,8244	0,8244	0,8244
PIRACICABA	0,6738	0,6738	0,6738
PORTO ALEGRE	0,8863	0,9223	1,0000
PORTO VELHO	0,7129	0,7177	0,7612
PRESIDENTE PRUDENTE	0,7180	0,7180	0,7180
RECIFE	0,8110	0,9131	0,9131
RIBEIRAO	0,7502	0,7878	0,7961
RIO DO SUL	0,4705	0,4705	0,4705
SALVADOR	1,0000	1,0000	1,0000
SANTA BARBARA DOESTE	0,6119	0,6119	0,6119
SANTA CRUZ DO SUL	0,6207	0,6207	0,8648

Continuação da Tabela 47.

ÍNDICES DE EFICIÊNCIA	EF9A	EF9B	EF9
MUNICÍPIOS			
SANTA LUZIA	0,8007	0,8007	0,8007
SANTAREM	0,6747	0,6747	0,6886
SANTO ANDRE	0,7060	0,7513	0,7513
SANTOS	0,5485	0,5849	0,5849
SÃO BERNARDO	0,8121	0,8455	0,8455
SÃO CAETANO	0,5808	0,8625	0,8625
SÃO GONÇALO	0,7336	0,7495	0,7495
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	0,7771	0,7771	0,7771
SOROCABA	0,7046	0,7169	0,7169
TERESINA	0,7567	0,7971	0,8140
TIMOTEO	0,6607	0,6633	0,6633
UBA	0,4844	0,4844	0,5883
UBERABA	0,6611	0,6611	0,6611
UBERLANDIA	0,7252	0,7384	0,7384
UMUARAMA	0,6184	0,6184	0,6184
VIAMÃO	0,5160	0,5160	0,7146
VITORIA DA CONQUISTA	0,9891	0,9891	0,9891
EFICIENCIA MÉDIA	0,7157	0,7504	0,7694

Os Índices de Eficiência EF9A e EF9B representam modelos intermediários, que são:

$$EF9A = \frac{PASSANO + KM SERANO}{TOTONIB};$$

$$EF9B = \frac{PASSANO + KM SERANO}{TOTONIB + N^{\circ} LINHAS}.$$

Os municípios eficientes com este modelo foram: Belo Horizonte (MG), Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP), Garça (SP), João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG), Manaus (AM), Porto Alegre (RS) e Salvador (BA).

O escore de Eficiência Média EF9 = 0,7695, diminuiu em relação aos escores dos modelos anteriores.

Os pesos atribuídos às variáveis no modelo EF9 são mostrados na Tabela 48.

Tabela 48: Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo EF9

VARIÁVEIS	INTERVALO DE PESOS	
KMSERANO	0,00001	17,81998
Nº LINHAS	0,00001	14,44611
PASSANO	0,00001	10,59883
TOTFUNCI	0,00001	15,73674
TOTONIB	0,00001	20,40668

Os pesos atribuídos às variáveis neste último modelo estão mais equilibrados e mostram que, quando a variável ONIOPMDU não é incluída no modelo de eficiência, a variável KMSERANO torna-se importante. Optou-se por este modelo porque a variável KMSERANO parece explicar melhor a oferta de produto do que a variável ONIOPMDU que pode ser confundida com o tamanho da frota, representado pela variável TOTONIB.

4 Restrição dos Pesos

Para restringir a variação nos pesos foram aplicadas restrições que os confirmam limites, compatíveis com a realidade. Para isso foi utilizada a técnica Cone Ratio, como descrita no capítulo 6.

Após se encontrar os resultados em relação à eficiência e pesos atribuídos pelos respectivos municípios, sem adicionar restrições nesses pesos, observou-se o intervalo de variação dos mesmos para cada variável. De posse dessa informação, foi possível limitar esses intervalos de variação. As relações entre os insumos, definidas pela técnica Cone Ratio, foram:

$$1,0 \leq \frac{\text{TOTFUNCI}}{\text{N}^\circ \text{LINHAS}} \leq 5,0$$

$$0,2 \leq \frac{\text{N}^\circ \text{LINHAS}}{\text{TOTONIB}} \leq 1,43$$

$$0,6 \leq \frac{\text{TOTFUNCI}}{\text{TOTONIB}} \leq 4,0$$

A relação entre os produtos é:

$$0,4 \leq \frac{\text{KMSERANO}}{\text{PASSANO}} \leq 6,0$$

A Tabela 12, no Capítulo 9, mostra o intervalo de variação dos pesos após a imposição das restrições, bem como os municípios que atribuem maior peso, a cada variável.

Após a aplicação dessas restrições, novos escores de eficiência foram gerados. Esses escores são apresentados na Tabela 13, no Capítulo 9.

Como pode ser verificado na Tabela 13 (Capítulo 9), o modelo BCC, após as restrições nos pesos das variáveis, definiu como eficiente os seguintes municípios, divididos por grupos:

Grupo 1 - Manaus (AM);

Grupo 2 - Campina Grande (PB), Carapicuíba (SP), Fernandópolis (SP), Garça (SP);

Grupo 3 - Belo Horizonte (MG) e Salvador (BA).

Com a imposição de restrições nos pesos, como era de se esperar, houve uma redução nos escores de eficiência para todos os municípios ineficientes. Ainda, alguns municípios que se mostravam eficientes antes das restrições, não conseguiram manter essa condição após essas imposições. Esses municípios foram: João Pessoa (PB), Juiz de Fora (MG) e Porto Alegre (RS).

Como pode ser verificado na Tabela 11 (Capítulo 9), o município de Porto Alegre só servia de referência para si mesmo. O município de João Pessoa, além de servir de referência para si mesmo, era referência para o município de Curitiba (PR). O município de Juiz de Fora (MG) era referência para Petrópolis (RJ) e Ribeirão Preto (SP). As novas referências principais, após as restrições de pesos, são apresentadas na Tabela 14 (Capítulo 9).

5. Fluxograma utilizado para definição do Modelo de Eficiência

O fluxograma abaixo mostra, de forma esquemática, os diversos passos seguidos para a definição do modelo final, podendo-se observar as várias tomadas de decisões realizadas durante esse processo.

