

PEDRO AKISHINO

Um Processo Sintetizado para Planejamento de Transportes Urbanos

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

São Paulo
2002

PEDRO AKISHINO

Um Processo Sintetizado para Planejamento de Transportes Urbanos

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de concentração:
Engenharia de Transportes

Orientador:
Prof. Dr. Hugo Pietrantonio

São Paulo
2002

Akishino, Pedro

Um Processo Sintetizado para Planejamento de Transportes Urbanos. São Paulo, 2002.

195 p.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

1. Transportes – Planejamento 2. Modelos de Demanda (Transportes) I. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes. II. t

À Marina e a nossos filhos
Juliana e Robinsom

AGRADECIMENTOS

Agradeço sinceramente a todos que me ajudaram a realizar este trabalho, em especial:

Ao Prof. Dr. Hugo Pietrantonio, professor extremamente dedicado ao estudo e ao trabalho, que não mede esforços para atender aos seus orientados, trabalhando além do horário normal de expediente, mesmo nos finais de semana, para liberar material de trabalho aos alunos, dotado de elevado conhecimento que permite debate em alto nível técnico, o que deixa o orientado seguro e confiante, dando uma orientação competente, prontificando-se, incansavelmente, a se reunir tantas vezes quanto necessárias para discussões do trabalho;

Ao LPT/EPUSP pela cessão de dados coletados de pesquisas e levantamentos;

Aos meus pais, por toda a força transmitida, principalmente pelo orgulho emocionante que sentiram ao saber de minha decisão pela pós-graduação;

À minha tia Umeko, que me acolheu em sua casa por um ano inteiro, para que eu tivesse um abrigo e um outro lar, distante do meu próprio, tendo que levantar mais cedo para que eu pudesse sair para as aulas com o café da manhã servido, mesmo indo recolher-se no mesmo horário habitual, dirigindo-me palavras de incentivo para continuar na luta;

À minha esposa e meus filhos, que se privaram de tantas coisas, no momento em que me enclausurei no escritório durante cinco anos, dando-me toda a compreensão e força.

SUMÁRIO

Dedicatória
Agradecimentos
Índice
Lista de Figuras
Lista de Quadros
Lista de Tabelas
Resumo
Abstract

1. INTRODUÇÃO	Pág.
1.1 Contexto do Planejamento de Transportes Urbanos	1
1.2 Iniciativas de Formulação de Processos Sintetizados	2
1.3 Processos Sintetizados/Simplificados de Planejamento de Transportes	5
1.4 Objetivos do Trabalho	6
1.5 Estrutura do trabalho	7
2. LEVANTAMENTO DE PROPOSTAS DE PROCESSOS SINTETIZADOS	
2.1 Introdução	8
2.2 Comparação entre o Processo Tradicional e Sintetizado	9
2.3 Levantamento de Trabalhos sobre Processos Sintetizados	15
2.3.1 <i>Levantamento de Elangovan e Crouch</i>	15
2.3.2 <i>Levantamento Complementar</i>	18
2.4 Características Básicas dos Métodos Consultados	20
2.4.1 <i>Trabalhos com Estrutura Tradicional de 4 Etapas</i>	21

A.	NCHRP 187	21
B.	HAJJ, KHASNABIS, ZARYOUNI	23
C.	TEPLY	24
D.	NCHRP 365	26
E.	GEIPOT	26
F.	SANCHES	27
2.4.2	<i>Trabalhos com Estrutura Parcial em Relação às 4 Etapas</i>	28
A.	Trabalhos que Calibraram Modelos de Regressão	28
B.	Trabalhos que Determinaram ou Utilizaram Taxas de Viagens de Pólos Geradores	30
2.4.3	<i>Trabalhos com Estrutura Distintas às 4 Etapas</i>	33
A.	Métodos que Determinam Taxas de Viagens a Partir de Contagens Volumétricas	33
B.	Métodos que Determinam Matrizes de Viagens a Partir de Contagens Volumétricas	34
C.	Outros Métodos com Características Peculiares	34
2.5	Breve Discussão das Metodologias Identificadas	37
2.6	Credibilidade e Transferabilidade de Taxas de Geração de Viagens	42
3.	ANÁLISE DAS METODOLOGIAS SELECIONADAS	44
3.1	Introdução	44
3.2	Geração de Viagens – Produções e Atrações	45
3.2.1	<i>Conteúdo dos Métodos Seleccionados</i>	45
A.	NCHRP 187	45
B.	NCHRP 365	53
C.	GEIPOT, 1985 e SANCHES, 1987/88/95	62
D.	ITE	65
E.	OUTROS	73
3.2.2	<i>Análise Comparativa</i>	74
3.3	Distribuição de Viagens	77

3.3.1	<i>Conteúdo dos Métodos Seleccionados</i>	78
	A. NCHRP 187 e NCHRP 365	78
	B. GEIPOT, 1985 e SANCHES, 1987/88/95	83
3.3.2	<i>Análise Comparativa</i>	84
3.4	Divisão Modal	87
3.4.1	<i>Conteúdo dos Métodos Seleccionados</i>	88
	A. NCHRP 187	88
	B. NCHRP 365	92
	C. GEIPOT, 1985 e SANCHES, 1987/88/95	94
	D. CET/SP, 1977	96
3.4.2	<i>Análise Comparativa</i>	97
3.5	Alocação de Tráfego	99
3.5.1	<i>Conteúdo dos Métodos Seleccionados</i>	99
	A. NCHRP 187	99
	B. NCHRP 365	100
	C. NCHRP 387	104
	D. GEIPOT, 1985 e SANCHES, 1987/88/95	105
3.5.2	<i>Análise Comparativa</i>	107
3.6	Fatores de Ocupação de Automóveis e Distribuição Horária de Viagens	112
3.7	Relação entre Atividades e Área Construída e Atividades e Empregos	115
3.8	Procedimentos de Ajustes	117

4. ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	
4.1 Dados do Estudo de Caso	118
4.1.1. Descrição da Área de Estudo	118
4.1.2. Dados Disponíveis para Aplicação	124
4.1.3. Preparo de Dados para Aplicação	134
4.2 Definição da Metodologia Face aos Dados Disponíveis	136
4.2.1. Metodologia Aplicada	136
4.2.2 Procedimentos de Ajustes	138
4.2.3 Levantamentos Complementares	138
4.3 Simulações Alternativas e Análise dos Resultados	139
4.3.1 Geração de Viagens	139
4.3.2 Matrizes de Viagens	161
4.3.3 Alocação de Tráfego	165
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	173
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Estrutura de Processo de Planejamento Segundo ITE/1992	10
Figura 2.2	Processo de Previsão de Viagens Urbanas	11
Figura 2.3	Estrutura de Processo de Planejamento Sintetizado	13
Figura 3.1	Exemplo de Dados de Taxas de Geração de Viagens do ITE	67
Figura 3.2	Zonas Adjacentes	80
Figura 3.3	Fatores de Fricção Método de Sanches	86
Figura 3.4	Fatores de Fricção Método de NCHRP 187 e NCHRP 365	86
Figura 3.5	Fatores de Fricção – Comparação (NCHRP 187 - NCHRP 365 – Sanches)	86
Figura 4.1	Mapa de Acessos Rodoviários de Alphaville	120
Figura 4.2	Mapa Geral de Alphaville	121
Figura 4.3	Mapa de Uso Predominante por Zona de Tráfego	122
Figura 4.4	Mapa do Centro Comercial de Alphaville	123
Figura 4.5	Mapa de Zonas de Tráfego e Macro Zonas de Alphaville	126
Figura 4.6	Mapa da Rede Viária Atual e Divisão Zonal - Alphaville	129
Figura 4.7	Mapa de Grau de Ocupação das Zonas de Tráfego	130
Figura 4.8	Mapa de Pontos de Contagens Seleccionadas para Análise	166

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1	Tamanho da Amostra Mínimo e Recomendado	4
Quadro 2.1	Técnicas Simplificadas de Demanda de Viagens Analisadas por Elangovan e Crouch	17
Quadro 2.2	Trabalhos Citados por Elangovan e Crouch	18
Quadro 2.3	Trabalhos Brasileiros	20
Quadro 3.1	Comparação de Taxas Residenciais do NCHRP 187 e 365	54
Quadro 3.2	Taxas de Viagens do ITE (por Código)	69
Quadro 3.3	Taxas de Geração de Viagens – Projeto AMUZO (CET)	74
Quadro 3.4	Comparação de Taxas do Boletim Técnico 32 com Projeto AMUZO – CET	75
Quadro 3.5	Taxas de Geração de Viagens – Quadro Comparativo	76
Quadro 3.6	Valores de λ (NCHRP 187)	89
Quadro 3.7	Dados de Entrada Necessários à Análise de Divisão Modal	90
Quadro 3.8	Coefficientes Calibrados – Projeto MUT/77	97
Quadro 3.9	Velocidades Utilizadas em Asheville	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Tabela 1 do NCHRP 187 – Taxas Médias de Viagens Veiculares e Outras Características dos Geradores	46
Tabela 3.2	Tabela 2 do NCHRP 187 – Características Detalhadas da Geração de Viagens	50
Tabela 3.3	Tabela 3 do NCHRP 187 – Parâmetros da Geração de Viagens	52
Tabela 3.4	Tabela 4 do NCHRP 365 Porcentagem de Domicílios por Posse de Autos e Renda	55
Tabela 3.5	Tabela 5 do NCHRP 365 – Viagens Pessoais Diárias Médias por Domicílio por Pessoas por Domicílio e Renda	56
Tabela 3.6	Tabela 6 do NCHRP 365 – Viagens Pessoais Diárias Médias por Pessoas por Domicílio e Posse de Autos	57
Tabela 3.7	Tabela 7 do NCHRP 365 – Viagens Pessoais Diárias Médias por Domicílio por Renda e Posse de Autos	58
Tabela 3.8	Tabela 9 do NCHRP 365 – “Variáveis de Estimação de Viagens por Tamanho de Área Urbana”	59
Tabela 3.9	Tabela 8 do NCHRP 365 – “Atrações de Viagens Pessoais Diárias”	60
Tabela 3.10	Cidades-Tipo de Porte Médio – Parâmetros	63
Tabela 3.11	Valores dos Parâmetros do Modelo de Geração de Viagens	64
Tabela 3.12	Fatores de Fricção do NCHRP 187	79
Tabela 3.13	Coeficientes da Função Gama (NCHRP 365)	81
Tabela 3.14	Fatores de Fricção (NCHRP 365)	82
Tabela 3.15	Valores do Parâmetro λ (Sanches)	84
Tabela 3.16	Equações de Cálculo da Impedância para Automóveis e Ônibus (NCHRP 187)	91
Tabela 3.17	Coeficientes “Default” para Viagens Base Domiciliar Motivo Trabalho – Divisão Modal	94
Tabela 3.18	Divisão Modal nas Cidades Médias	95
Tabela 3.19	Velocidades (km/h) por Tipo de Via, por Sub Região e por Tamanho da Área Urbanizada	100

Tabela 3.20	Coeficientes BPR	101
Tabela 3.21	Velocidades (km/h) nos Links por Tipo de Via e Tipo de Área	101
Tabela 3.22	Capacidade Inicial para Vias de Múltiplas Faixas (por faixa de tráfego)	102
Tabela 3.23	Capacidade Inicial para Vias Expressas (por faixa de tráfego)	102
Tabela 3.24	Capacidade Inicial para Vias com 2 Faixas Mão Dupla (Pista Simples)	103
Tabela 3.25	Capacidade Inicial para Aproximações em Interseções Semaforizadas (Capacidade Última) – NCHRP 365	103
Tabela 3.26	Capacidade para Vias com Sinal de Pare – NCHRP 365	104
Tabela 3.27	Exemplo de “Default” de Velocidade em Fluxo Livre – NCHRP 387	106
Tabela 3.28	Exemplo de Cálculo de Capacidade com Valores em “Default” – NCHRP 387	106
Tabela 3.29	Taxas Médias Diárias de Auto-Ocupação (NCHRP 365)	112
Tabela 3.30	Taxas Médias Diárias de Auto-Ocupação (NCHRP 187)	112
Tabela 3.31	Distribuição Percentual Horária de Viagens Veiculares (NCHRP 365)	113
Tabela 4.1	Descrição de Macro e Micro Zonas	127
Tabela 4.2	Matriz de Movimentação Externa Definida pelo LPT/EPUSP	132
Tabela 4.3	Veículos que Entram na Zona de Tráfego 792	133
Tabela 4.4	Contagem Volumétrica Realizada Entre 7-8 horas	133
Tabela 4.5	Velocidades (km/h) Utilizadas pelo LPT/EPUSP	133
Tabela 4.6	Taxas de Emprego por m2 do AMUZO	134
Tabela 4.7	Taxas de Emprego por m2 do ITE	135
Tabela 4.8	Dados do Cadastro Técnico por Código do ITE e AMUZO	140
Tabela 4.9	O/D Obtidas pelas Taxas do ITE – Sem Ajuste	145
Tabela 4.10	O/D Obtidas pelas Taxas do AMUZO – Sem Ajuste	146
Tabela 4.11	Comparação entre Produções Observadas e Calculadas	147

Tabela 4.12	O/D Obtidas pelas Taxas do ITE –Ajuste 1	149
Tabela 4.13	O/D Obtidas pelas Taxas do AMUZO – Ajuste 1	150
Tabela 4.14	O/D Obtidas pelas Taxas do ITE –Ajuste 2	151
Tabela 4.15	O/D Obtidas pelas Taxas do AMUZO – Ajuste 2	152
Tabela 4.16	O/D Determinados pelo LPT/EPUSP	154
Tabela 4.17	Produções e Atrações Determinados por Macro Zonas	156
Tabela 4.18	Erros Médios Quadráticos Resultantes da Comparação Entre O/D Calculados e os do LPT/EPUSP	158
Tabela 4.19	Erros Médios Quadráticos por Macro Zonas	160
Tabela 4.20	Simulações a Serem Realizadas	162
Tabela 4.21	Comparação de Matrizes Obtidas com as do LPT/EPUSP	163
Tabela 4.22	Fluxos Calculados para as Diversas Alternativas	168
Tabela 4.23	Fluxos Calculados para as Diversas Alternativas	169
Tabela 4.24	Erro Médio Quadrático-Fluxos Calculados/Observados	170
Tabela 4.25	Erro Médio Quadrático-Fluxos Calculados/Observados	171

LISTA DE PLANILHAS

Planilha 3.1	Comparação do Tempo Total de Percurso Conforme o Método	110
--------------	--	-----

RESUMO

O principal objetivo desta Dissertação foi o de se definir uma metodologia de planejamento de transportes que fosse sintetizada e menos onerosa que a do processo tradicional e, principalmente, que permitisse dispensar a pesquisa domiciliar, atividade demorada, trabalhosa e cara.

O trabalho consistiu de uma análise superficial de diversos trabalhos existentes, elegendo quatro deles para uma análise mais detalhada, o que permitiu definir a metodologia proposta.

O método baseia-se na determinação de produções e atrações de viagens a partir do conhecimento do número de unidades de uso de solos (residências, lojas, escritórios, indústrias, etc.) existentes na área de estudo, com suas respectivas características, aplicando-se-lhes taxas transferidas de outros estudos.

As produções e atrações de viagens são distribuídas utilizando-se o modelo gravitacional, com parâmetros da função impedância transferidos de outros estudos.

A divisão modal e a alocação de tráfego seguem o padrão tradicional, tendo sido indicada a utilização de programas de computador para a realização de alocação de equilíbrio.

Segue o modelo de quatro etapas, onde a diferença fundamental está no fato de que, por não se dispor de dados completos, por causa da não realização das entrevistas de O/D domiciliares, são realizados diversos procedimentos de ajustes com o objetivo de se verificar o grau de compatibilidade das taxas transferidas utilizadas.

O trabalho restringiu-se à alocação de tráfego na rede viária para o ano base, e à comparação com o fluxo observado, verificando-se que o processo conduz a um resultado aceitável.

ABSTRACT

The main aim of this work was the definition of a transportation planning methodology that was synthesized and less expensive than the one presented by the traditional process, and, more than this, which could be done without household research.

A superficial analysis of several works was conducted, and four of them were chosen for a more detailed analysis, which allowed to define the proposed methodology.

The method is based on the determination of trip production and trip attraction once the number of houses, shops, offices, industries, etc. present in the area of study is known, as well as their respective characteristics, and taxes from other studies were used.

The trip distribution was performed using the gravitational model, applying parameters of the impedance function transferred from other studies.

The modal split and the traffic assignment follow the traditional standard and the use of computational programs to perform the equilibrium assignment has been indicated.

It follows the four steps model, where the fundamental difference is that, because complete data were not available, once household O/D interviews were not performed, several adjusting procedures were performed, to verify the degree of compatibility of the used transferred taxes.

The work is limited to traffic assignment in the road network for the base year, and to the comparison with the observed flow, and it was verified that the process leads to an acceptable result.