

# Capítulo 2. LEVANTAMENTO DE PROPOSTAS DE PROCESSOS SINTETIZADOS

## 2.1 Introdução

O processo tradicional tem pelo menos um aspecto crítico para sua aplicação: o volume de dados necessários (ou o custo e prazo envolvidos na sua obtenção). Em decorrência disso, têm sido propostos diversos métodos que buscam contornar este problema.

Em geral, a motivação destas propostas vem da tentativa de eliminar a necessidade de levantamentos de dados onerosos e conceber um processo mais expedito.

A necessidade de levantamento de dados onerosos está intimamente relacionada com a realização de pesquisas origem/destino e de velocidade e retardamento, que são utilizadas para caracterizar a demanda e oferta no sistema de transportes, na situação existente. Os dados obtidos são também utilizados para calibrar as relações

utilizadas para projeção (isto é, os modelos de demanda e as funções de desempenho viário).

De princípio, o interesse deste trabalho está limitado aos métodos que mantêm a estrutura dos modelos de 4 etapas e utilizam a estratégia baseada na transferência dos parâmetros dos modelos de demanda e das funções de desempenho viário.

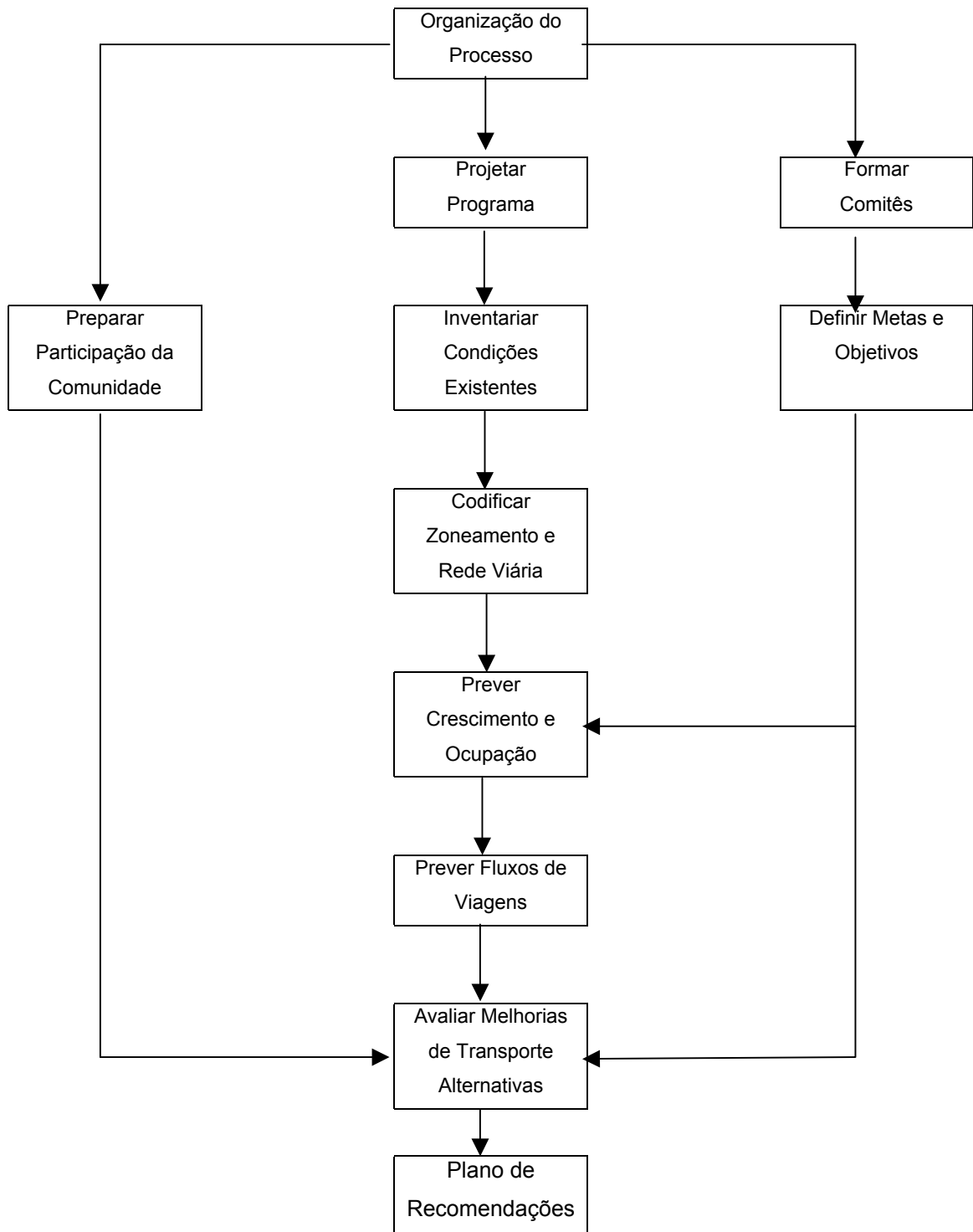
Portanto, qualquer método de planejamento que vise eliminar a necessidade de coletar estes dados deve também prover uma fonte alternativa para as informações obtidas (ou uma informação alternativa).

Nesse sentido, diversos são os autores que elaboraram trabalhos diversificados com esse objetivo, utilizando sistemáticas diversas como métodos baseados em contagens volumétricas, métodos que propõem a transferência de modelos (normalmente utilizando dados sócio-econômicos), ou métodos baseados na análise de pólos geradores (com dados sócio-econômicos ou área construída).

O objetivo deste capítulo é citar alguns trabalhos realizados sobre procedimentos sintetizados, mostrar algumas características básicas que possam identificar ou descrever, sucintamente, a metodologia por eles utilizada e fazer uma breve discussão dos diversos métodos analisados.

## **2.2 Comparação entre o Processo Tradicional e Sintetizado**

A estrutura do processo sintetizado, dentro do interesse do presente trabalho, deverá ser semelhante ao do processo tradicional, apresentada adiante, na Figura 2.1 e Figura 2.2 (melhor detalhamento da interrelação entre as atividades técnicas) e seguir os mesmos passos até à tomada de decisões.

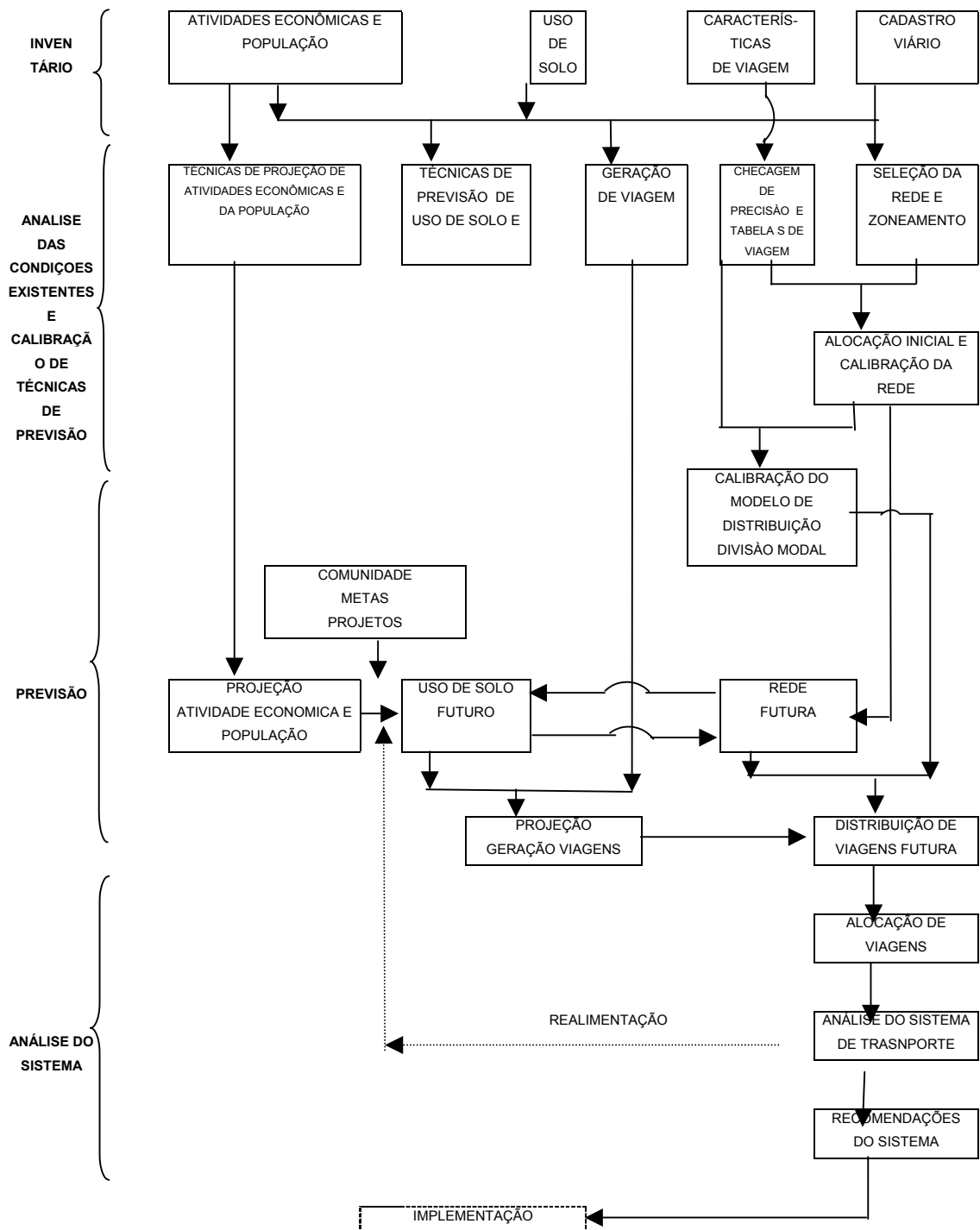


**Figura 2.1 – Estrutura do Processo de Planejamento segundo ITE/1992**

Fonte: Transportation Planning Handbook, 1992, Institute of Transportation Engineers, Prentice Hall, pp90.

Ou

Garber e Hoel (1997) – Traffic and Highway Engineering – 2ª Edição, pp 487



**Figura 2.2 – Processo de Previsão de Viagens Urbanas (Processo Tradicional)**

FONTE: *Computer Programs for Urban Transportation Planning*, 1977-Department of Transportation, Washington, D.C.

Ou

Garber e Hoel (1997) – *Traffic and Highway Engineering* – 2ª Edição, pp 489

Entretanto, sendo diferente a base do processo, pois não há, neste caso, a entrevista domiciliar, as diferenças surgem no item previsão de viagens, no que concerne às tarefas, embora as etapas do processo continuem sendo as mesmas.

Um fluxograma correspondente está proposto na Figura 2.3, baseado nos apresentados por Sosslau et alli (1978a, p.17) e por Bates (1974, p.102) .

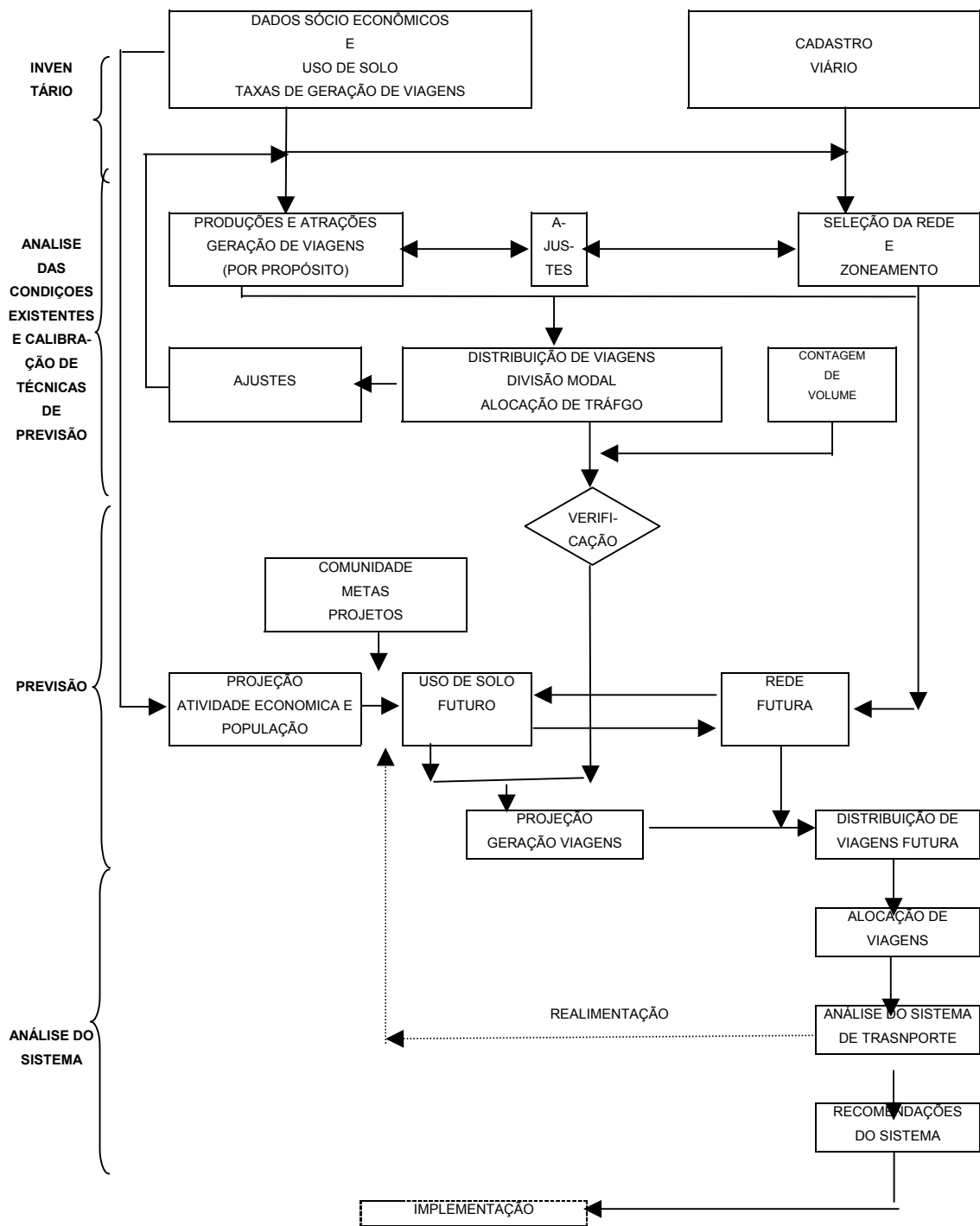
Observa-se pela comparação entre as Figuras 2.1/2.2 e Figura 2.3 que as etapas continuam as mesmas, mas mudam as formas de conduzir o processo e de se obter os elementos, como pode-se ver abaixo:

(1) coleta de dados (ou inventário)

A partir de dados sobre domicílios/empregos, ou área construída aplicam-se taxas, ou equações de geração de viagens, com parâmetros transferidos obtendo-se as produções e atrações de viagens. Os dados de domicílios/empregos podem ser obtidos pelos censos. Os dados de área construída podem ser obtidos do cadastro de uso do solo (do Imposto Predial e Territorial Urbano - IPTU e/ou do Imposto sobre Serviços - ISS). Estas fontes de dados, que seriam auxiliares no processo tradicional como informação complementar à pesquisa O/D, agora são fonte essencial. São também mais importantes, no processo sintetizado, a coleta de dados para permitir verificar e/ou ajustar a qualidade dos modelos empregados.

(2) análise das condições existentes

São realizados procedimentos de ajustes, que devem verificar o grau de compatibilidade das taxas ou equações utilizadas. As demais atividades são iguais às do processo tradicional, embora um tanto prejudicadas pelo fato de os dados não serem tão completos por causa da não realização das pesquisas de O/D domiciliar. São iguais as atividades como a análise da população e economia, determinando a extensão e magnitude das atividades na área urbana, o diagnóstico sobre os problemas da rede e dos serviços de transporte.



**Figura 2.3 – Estrutura do Processo de Planejamento Sintetizado**

FONTE: Adaptado dos fluxogramas de Bates (1974, p. 102) e Sosslau et al. (1978 a, p. 16 –17)

### (3) previsão da demanda futura

São iguais às atividades do processo tradicional, assim como na análise de condições existentes, que inclui a previsão da demanda futura (realizada com base nas características de uso de solo, características sócio-econômicas e na qualidade da oferta disponível de transportes).

### (4) análise dos resultados

Essencialmente similar ao processo tradicional, a menos da diferença na estrutura dos modelos (e das variáveis utilizadas), incluindo a análise do desempenho do sistema de transportes (em diferentes configurações e/ou cenários) que permitirá definir as recomendações do planejador.

Portanto, a preparação do estudo no processo sintetizado segue os mesmos passos daqueles do processo tradicional, quais sejam:

- delimitação da área de estudo;
- zoneamento;
- codificação

Delimitada a área de estudo, realizada a divisão zonal e a codificação necessária, faz-se levantamento das características sócio-econômicas, como por exemplo, cadastro de domicílios, ou cadastro de uso do solo.

O cadastro de domicílio pode ser obtido pelo censo do IBGE- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística ou pelas projeções realizadas por aquela Fundação.

O cadastro de uso do solo pode ser obtido nas Prefeituras das cidades, através do setor do IPTU e/ou ISS. Posteriormente, teria que ser verificado pela comparação com dados dos censos, ou por levantamentos de campo.

Portanto, surge aqui a primeira diferença básica com relação à metodologia tradicional, pois a pesquisa domiciliar passa a ser substituída por fontes censitárias e cadastrais.

As características sócio-econômicas, a população e o uso de solo são projetadas para um cenário futuro, procurando-se derivar estimativas para o futuro padrão de movimentos. O cenário futuro é então concebido nos mesmos moldes das condições existentes, com a utilização dos novos valores obtidos pelas projeções.

Da mesma forma que no processo tradicional, as simulações serão realizadas com o objetivo de buscar-se soluções viáveis para todos os grupos atingidos.

As etapas distribuição de viagens e divisão modal sofrem algumas modificações, havendo necessidade de ser criada metodologia própria para gerar a Matriz de Origem-Destino, a partir de parâmetros transferidos e, eventualmente, ajustados.

A etapa Alocação de tráfego, no entanto, segue a mesma metodologia do método tradicional, uma vez que se fundamenta na Matriz de Origem-Destino. Os dados sobre desempenho da rede viária, no entanto, são predominantemente derivados de parâmetros transferidos (ao invés de obtidos de calibrações com dados de pesquisas de velocidade e retardamento), o que muitas vezes ocorre também no processo tradicional, para este tipo de informação.

Pelo fato de não se realizar as pesquisas domiciliares, algumas informações sobre viagens dos usuários como tipo (base domiciliar e não domiciliar) e motivo (trabalho e não trabalho) são transferidas de outros estudos realizados.

Por isso mesmo, exigem procedimentos de ajustes, como será visto adiante, nos capítulos subsequentes.

## **2.3 Levantamento de Trabalhos sobre Processos Sintetizados**

### ***2.3.1 Levantamento de Elangovan e Crouch***



Elangovan e Crouch (1992) analisaram diversas técnicas de processos sintetizados existentes, com o objetivo de recomendar aplicações em países em desenvolvimento, identificando a existência de dezenas de técnicas.

Perceberam que diversas técnicas eram muito similares a outras existentes. Agrupando as diversas técnicas similares identificaram 22 técnicas principais, das quais selecionaram uma que caracterizasse o grupo. Tais técnicas selecionadas por eles são apresentadas no Quadro 2.1 adiante, agrupadas por categoria.

Algumas delas não obedecem a estrutura dos modelos de 4 etapas, como será comentado adiante, no item características básicas dos métodos consultados.

Os diversos métodos identificados por Elangovan e Crouch (1992) foram submetidos a uma análise qualitativa e quantitativa por parte dos autores supra citados, com o objetivo de selecionar os mais convenientes para aplicação em países em desenvolvimento.

A análise qualitativa e quantitativa realizada, levaram os autores a selecionarem seis técnicas, em ordem de preferência, melhores para serem aplicadas em países em desenvolvimento e são as seguintes:

- (a) *Quick-Response Urban Travel Estimation Techniques and Transferable Parameters* (Sossiau et alli, 1978b);
- (b) *A New Approach to Transportation System Modelling* (Low, 1972);
- (c) *Estimating Trip Rates from Traffic Counts* (Neumann et alli, 1983);
- (d) *Calibrating Traffic Models on Traffic Census Results* (Danish Road Directorate Approach; Holm et alli, 1976);
- (e) *ME2 Method of Estimating Trip Matrices from Traffic Counts* (Willumsen, 1982);
- (f) *Direct Demand Models*.

Maiores detalhes sobre as análises que levaram a selecionar as 6 técnicas dentre as 22 reunidas, podem ser vistos no trabalho de Elangovan e Crouch (1992 – p. 19-32).

**Quadro 2.1**

Técnicas Simplificadas de Demanda de Viagens Analisadas por Elangovan e Crouch

DISCRIMINAÇÃO	PERÍODO DESENVOLVIDO	LOCAL DE APLICAÇÃO
<b>Método Convencional</b>		
1. DTEM – Direct Traffic Estimation Model	1969	USA
2. CRISTAL – A Strategic Model for Urban Transport Planning (UTP)	1972	UK
3. FHWA Simplified UTP Modelling Procedure	1973	USA
4. COMPACT – A simple Transportation Planning Package	1973	UK
5. TRIMS – Transportation Integrated Modelling System	1974	USA
<b>Método Sintético de Derivação</b>		
1. FHWA Travel Simulation Procedure for Small Cities	1973	USA
2. Bate's Synthetic Derivation of Internal Trips	1974	USA
3. Grecco et alli. Transportation Planning for Small Urban Areas	1976	USA
4. Neumann et alli. Estimation of Trip Rates	1983	USA
<b>Técnica Baseada no Modelo de Gravidade</b>		
1. Low's Approach to Transportation Systems Modelling	1972	USA
2. Overgaard's Simplified Traffic Model	1973	Denmark
3. Hogberg's non-linear Regression Method	1975	Sweden
4. Holm et al. Calibrating Gravity Model Parameters (Danish Road Directorate Approach)	1976	Denmark
5. Direct Demand Models (log-linear model)	1984	UK
<b>Método da Transferabilidade</b>		
1. De Leuw-Cather's Simplified UTP Procedure	1967	Canada
2. Use of Census Data for Transportation Planning Purposes	1974	USA
3. Quick-Response Urban Travel Estimation Techniques	1978	USA
<b>Outras Técnicas</b>		
1. Kraft's Economic Direct Demand Model	1967	USA
2. Robillard's Estimation of O-D Matrix from Link Volumes	1975	Canada
3. Disaggregate Travel Demand Models	1976-82	USA/UK
4. Network Equilibrium Methods	1977-79	Canada
5. ME2 Method of Estimating Trip Matrices	1978-82	UK

Fonte: Towards Simplified Transport Planning Techniques for Cities in Developing Countries – Elangovan, T. e Crouch, FO artigo compilado em Simplified Transport Demand Modelling, – Ortúzar, J.D. , (1992), página 22

### 2.3.2 Levantamento Complementar

Nem todas as 22 técnicas relacionadas por Elangovan e Crouch puderam ser obtidas para serem analisadas no presente trabalho.

Por outro lado, outros métodos foram disponíveis, dentre os quais, alguns desenvolvidos no Brasil.

No Quadro 2.2 adiante inserido, relacionam-se alguns trabalhos estrangeiros analisados, inclusive os relacionados por Elangovan e Crouch, sendo que, aqueles relacionados no item A seguem a estrutura geral do modelo de 4 etapas; os do item B são os que seguem parcialmente a estrutura geral de 4 etapas e os do item C são trabalhos que adotam estrutura distinta. Todos eles apresentam alguma contribuição para o desenvolvimento do presente trabalho.

No Quadro 2.3 adiante, relacionam-se trabalhos brasileiros, da mesma forma, divididos em trabalhos que seguem a estrutura geral de 4 etapas e outros.

#### Quadro 2.2

##### a. Trabalhos Citados por Elangovan e Crouch

DISCRIMINAÇÃO	PERÍODO
<b>A) Estrutura Geral de 4 Etapas</b>	
BATES - Synthetic Derivation of Internal Trips	1974
SOSLAU et alli ( NCHRP 187) Quick-Response Urban Travel Estimation Techniques	1978
<b>B) Estrutura Parcial em Relação às 4 Etapas</b>	
Grecco et alli. Transportation Planning for Small Urban Areas	1976
<b>C) Estrutura Distinta em Relação às 4 Etapas</b>	
Low's Approach to Transportation Systems Modelling	1972
Hogberg's non-linear Regression Method	1975
Robillard's Estimation of O-D Matrix from Link Volumes	1975
Holm et alli. Calibrating Gravity Model Parameters (Danish Road Directorate Approach)	1976
Willumsen (1978) - ... ME2 Method of Estimating Trip Matrices	1978
Neumann et alli. Estimation of Trip Rates	1983

## b. Trabalhos Estrangeiros Complementares

DISCRIMINAÇÃO	PERÍODO
<b>A) Estrutura Geral de 4 Etapas</b>	
HAJJ et alli - <i>Synthesis of Vehicle Trip Patterns in Small Urban Areas</i>	1971
KHASNABIS e POOLE - <i>Synthesizing Travel Patterns for a Small Urban Areas</i>	1975
ZARYOUNI e KANNEL – <i>A Synthesized Trip Forecasting Model for Small and Medium Sized Urban Areas</i>	1976
TEPLY- <i>Transportation Planning for Small communities: Western Canadian Experience</i>	1980
MARTIN e McGUICKIN (NCHRP 365)– <i>Travel Estimation Techniques for Urban Planing</i>	1998
<b>B) Estrutura Parcial em Relação às 4 Etapas</b>	
KEEFER – <i>Urban Travel Patterns for Airports, Shopping Centers, and Industrial Plants</i>	1966
HARMELINK et alli - <i>Trip Production and Attraction Characteristics in Small Cities</i>	1967
CORRADINO - <i>The Effect of the Highway System and Land Development on Trip Production</i>	1968
KEEFER e WITHEFORD – <i>Urban Travel Patterns for Hospitals, Universities, Office Buildings, and Capitols</i>	1969
COOMER e CORRADINO - <i>Trip Generation Distribution in a Small Urban Area - An Efficiency Analysis</i>	1973
GOODE - <i>Evaluation of Estimated Vehicle Trip Productions and Attractions in a Small Urban Area</i>	1977
KRISTOFFERSEN e WILSON - <i>Trip Generation Synthesis for Small and Medium Sized Cities</i>	1977
RHODES e HILLEGASS - <i>Demonstration Simplified Traffic Model for Small Urban Areas</i>	1978
PIGMAN e DEEN - <i>Simulation of Travel Patterns for Small Urban Areas</i>	1979
STOVER e KOEPKE – <i>Transportation and Land Development</i>	1988
ITE (Institute of Transportation Engineers) – <i>Trip Generation 5<sup>th</sup> Edition</i>	1991
<b>C) Estrutura Distinta em Relação às 4 Etapas</b>	
VAN ZUYLEN e WILLUMSEN - <i>The Most Likely Trip Matrix Estimated from Traffic Counts</i>	1980
CAREY et alli - <i>A Method for Direct Estimation of Origin/Destination Trip Matrices</i>	1981
MODLIN - <i>Synthesized Through-Trip Table for Small Urban Areas</i>	1982
BELL – <i>The Estimation of an Origin – Destination Matrix from Traffic Counts</i>	1983
SPIESS – <i>A Maximum Likelihood Model for Estimatin Origin-Destination Matrices</i>	1987
BRENNINGER et ALLI – <i>Estimation of Origin-Destination Matrices from Traffic Counts Using Multiobjective Programminf Formulations</i>	1989
ORTÚZAR – <i>Simplified Transport Demand Modelling</i>	1992

**Quadro 2.3**  
Trabalhos Brasileiros

DISCRIMINAÇÃO	PERÍODO
<b>A) Estrutura Geral de 4 Etapas</b>	
GEIPOT – <i>Estudo da Demanda de Transportes Urbanos no Brasil - Diagnóstico/1981 - Prognóstico/1985-90.</i>	1985
SANCHES - <i>Contribuição à Análise Operacional de Redes de Transporte Coletivo em Cidades de Porte Médio.</i>	1987
SANCHES e WIDMER - <i>Um Modelo Simplificado para a Estimativa da Demanda de Viagens numa Rede de Transporte Coletivo de uma Cidade Média.</i>	1988
SANCHES - <i>Avaliação de Desempenho de um Modelo Simplificado para Estimativa de Fluxos de Tráfego em Cidades Médias e Pequenas</i>	1995
<b>B) Estrutura Parcial em Relação às 4 Etapas</b>	
CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) – <i>Projeto AMUZO</i>	1980
CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) – <i>Pólos Geradores de Tráfego</i>	1983
GRANDO - <i>Estudo de Acessibilidade a Shopping Centers: O Estudo de Caso do Beira Mar Shopping em Florianópolis</i>	1988
ULYSSEÁ NETO - <i>Modelos Simplificados de Planejamento de Transportes de Passageiros – Uma Necessidade de Curto Prazo em Países em Desenvolvimento</i>	1992
GOLDNER e SILVA - <i>Uma Análise dos Supermercados como Pólos Geradores de Tráfego</i>	1996
GOLDNER e PORTUGAL - <i>Um Estudo sobre o Desenvolvimento de Shopping Centers no Brasil e Espanha e suas Implicações no Planejamento Viário e de Transportes</i>	1997

## 2.4 Características Básicas dos Métodos Consultados

Este item discute a estrutura geral dos trabalhos apresentados no Quadro 2.2 (que inclui referências selecionadas entre os citados no Quadro 2.1) e no Quadro 2.3, de forma a identificar procedimentos importantes para esta dissertação.

Os trabalhos que tratam das 4 etapas do processo de planejamento tradicional serão analisados individualmente ou por autor.

Os trabalhos que tratam parcialmente de algumas etapas serão analisados em 2 categorias: modelos de regressão para etapa geração de viagens e métodos para análise de pólos geradores.

Por fim, os trabalhos com estrutura distinta serão analisados em 3 categorias: métodos que determinam taxas de viagens a partir de contagens volumétricas; métodos que determinam matrizes de viagens a partir de contagens volumétricas; outros métodos com características peculiares.

#### **2.4.1 Trabalhos com a Estrutura Tradicional de 4 Etapas**

##### a) NCHRP 187

Dentre as técnicas citadas por Elangovan e Crouch, o trabalho de Sosslau et alli, 1978 b, publicado no NCHRP 187, considerado por eles como sendo o primeiro dentre os métodos mais recomendados para países em desenvolvimento, fez parte de um programa do *National Cooperative Highway Research Program* (NCHRP) conduzido pelo *Transportation Research Board* (TRB) com aprovação do *Governing Board do National Research Council* atuando em nome da *National Academy of Sciences*.

Os membros do comitê técnico foram selecionados pela sua reconhecida competência, sob o comando de Arthur B. Sosslau e elaboraram dois documentos:

- Fase I – *“Travel Estimation Procedures for Quick Response to Urban Policy Issues”* (NCHRP 186), Sosslau et alli (1978 a)
- Fase II – *Quick-Response Urban Travel Estimation Techniques and Transferable Parameter – User’s Guide* (NCHRP 187), Sosslau et alli (1978 b)

:

O trabalho foi publicado em forma de Manual, com planilhas de trabalho e apresenta a sequência metodológica para a análise de:

- (1) impacto de um local (“site”) no sistema viário da vizinhança numa pequena área urbana;
- (2) análise de um corredor de uma área de tamanho médio;
- (3) uso de solo e relacionamentos espaciais numa área urbanizada.

Maiores detalhes sobre a elaboração das diversas etapas deste processo serão mostradas adiante, no Capítulo 3, porém, far-se-á uma breve exposição da metodologia empregada.

A etapa de geração de viagens pode ser elaborada de duas formas distintas:

- utilizando-se taxas de geração de viagens de pólos geradores;
- utilizando-se taxas transferidas de outros estudos similares.

Na primeira forma, é necessário conhecer o número de unidades por atividade existentes (domicílios, hospitais, restaurantes, etc.), com suas respectivas características técnicas, dado esse normalmente obtido pelo cadastro técnico da Prefeitura (IPTU). A taxa de geração de cada unidade geradora de tráfego, que é fruto de uma média de taxas verificadas em diversas pesquisas americanas, refere-se à unidade geradora, em função de alguma característica (área construída, ou área de terreno, número de empregados, número de leitos, etc.). A multiplicação da taxa pela característica do pólo gerador, define o número de viagens (veiculares ou pessoais) geradas pelo pólo. Conhecendo-se a quantidade de pólos geradores existentes na área de estudo, determina-se o total de viagens geradas pela área.

Na segunda forma de se determinar a geração de viagens, é necessário conhecer dados sócio-econômicos (renda, população, posse de autos, empregos e número de domicílios). Taxas médias de estudos americanos são utilizadas para se definir a geração de viagens.

A etapa de distribuição de viagens é realizada utilizando-se o modelo gravitacional e gráficos próprios que definem os diversos parâmetros calibrados a partir de diversos estudos realizados nos Estados Unidos.

O procedimento indicado para a distribuição de viagens é o procedimento manual, onde planilhas próprias foram desenvolvidas para tal.

O NCHRP 187 indica uma metodologia manual para se realizar a divisão modal. Os autores utilizam os seguintes elementos no cálculo:

- distância aérea entre centróides para autos;
- distância aérea entre centróides para transporte público;
- tarifa do transporte público;
- custo operacional por milha de auto;
- custo de estacionamento para autos;
- velocidade de operação.

Utilizam gráficos especialmente desenvolvidos.

O método é simplificado, mas pode ser aplicado manualmente e não depende de uma pesquisa anterior, como no caso dos demais métodos que exigem calibrações.

O NCHRP 187 utilizou um processo de determinação do caminho lógico para cada intercâmbio de viagens acumulando o número de viagens em cada segmento (link) ao longo da rota. Normalmente o tempo de viagem é o critério utilizado na escolha do caminho lógico entre uma origem e um destino. Na maioria dos casos, o caminho lógico é determinado por inspeção local. Para um pequeno número de casos, pode-se necessitar de comparações de rotas alternativas para se escolher a melhor rota.

Esse processo pode ser realizado manualmente (para cidades pequenas) e pode ser visto na publicação às páginas 114 – 127.

b) HAJJ et alli, 1971; BATES, 1974; KHASNABIS e POOLE, 1975; ZARYOUNI e KANNEL, 1976

Os autores acima foram reunidos por seguirem caminhos semelhantes no desenvolvimento do processo sintetizado de planejamento de transportes.

Na etapa de geração de viagens, calibraram modelos definindo equações matemáticas, com o objetivo de indicar sua utilização em áreas que possuíssem características populacionais e sócio-econômicas similares.

Esses autores basearam-se na premissa de que certas relações existentes entre demandas de viagens e parâmetros sociais, econômicos e físicos são consistentes



ao longo do tempo e do espaço, dentro de certos limites. (ver, por exemplo, Bates, 1974, p. 94).

As variáveis independentes utilizadas pelos diversos autores são:

1. Hajj et alli.(1971): população e empregos (totais e industriais);
2. Bates (1974): veículos motorizados, empregos, unidades residenciais, matrículas escolares;
3. Khasnabis & Poole (1975): unidades residenciais, empregos;
4. Zaryouni & Kannel (1976): população, pessoas empregadas;

Conhecendo-se as variáveis independentes pode-se determinar a geração de viagens aplicando-se as equações definidas por cada um dos autores acima. Em outros termos, transferiram modelos de geração agregados.

Na etapa de distribuição de viagens, os 4 autores referidos utilizaram o modelo gravitacional, indicando fatores em função do tempo de viagem que é calculado aplicando-se uma velocidade de deslocamento estimada para o sistema de vias, considerando-se distâncias medidas entre os centróides das zonas de tráfego, adicionado ao tempo terminal, gasto andando para e do local de estacionamento e à procura de vaga.

Os autores referidos neste item não realizaram a divisão modal.

Hajj et alli, 1971 – Khasnabis e Poole, 1975 – Zaryouni e Kannel, 1976 alocaram o tráfego nas vias principais de menor tempo de viagem, numa alocação do tipo tudo-ou-nada, sendo que Zaryouni e Kannel alocaram apenas as viagens com base domiciliar motivo trabalho. Bates não faz referência sobre que método de alocação utilizou.

c) TEPLY, 1980

Teply, 1980 utiliza método descrito no Manual Interno do “Alberta Department of Highways” sob o título *Travel Forecasting Techniques Used in the Province of*

*Alberta*, de 1972, na versão de 1975, onde a Universidade de Alberta desenvolveu um programa de computador.

A geração de viagens é obtida por uma equação matemática onde se relacionam:

- população e taxa de geração;
- parcela de passageiros do transporte público;
- ocupação média de ônibus e de autos (observados ou estimados);
- relação de equivalência de passageiros de autos para ônibus

As taxas de geração de viagens são transferidas de outros estudos de área similares e contagens volumétricas para aferição são realizadas na área de estudo.

É realizada uma distribuição de viagens entre zonas conforme sua relativa atratividade relacionada com a população, empregos totais e empregos no varejo. Não utiliza, portanto, o modelo gravitacional.

As viagens externas são distribuídas de acordo com as origens/destinos detectados na pesquisa de O/D, ou se as mesmas são substituídas por contagens de volume, a distribuição é feita em função da atração das diversas zonas (processo manual).

Agregando-se as zonas de cada lado das linhas de controle (screen lines) comparam-se os volumes de tráfego com os das contagens. Se todos os volumes calculados forem maiores ou menores que as contagens, ajustam-se os valores dos dados de entrada da geração de viagem e ocupação de veículos. Se os volumes calculados flutuarem, ajustam-se as distribuições por motivos de viagem.

A alocação pode ser feita pelo processo tudo-ou-nada, ou simplesmente realizando uma alocação nas rotas evidentes e disponíveis entre cada par de zonas de tráfego.

Justifica que o número de rotas disponíveis para deslocamentos entre duas zonas de tráfego em cidades pequenas é escassa e os problemas de restrição de capacidade normalmente não existem ou são insignificantes. As rotas individuais são facilmente reconhecidas, especialmente se o planejador tiver familiaridade com os hábitos da população e do sistema de operação da rede viária. Mesmo que a

alocação seja realizada por processos computacionais, ajustes manuais acabam tornando-se necessários.

Teply, 1980 esclarece, em seu trabalho que o transporte público não exerce um papel principal nas pequenas comunidades do oeste canadense e que sua participação no transporte gira em torno de 5%, atingindo, em poucos casos a 10%.

#### d) NCHRP 365

Martin e McGuckin (1998), publicaram, 20 anos após, no Report 365 do NCHRP, sob o título “ *Travel Estimation Techniques for Urban Planning*”, uma revisão e modificações do trabalho de Sosslau et alli (1978b), “*Quick-Response Urban Travel Estimation Techniques and Transferables Parameters*” (NCHRP 187).

Igualmente ao do NCHRP 187, utilizaram taxas de viagens de pólos geradores e taxas de viagens em função de renda da população e posse de autos para determinação de produções e atrações de viagens.

Por se tratar de uma revisão, o estudo segue a mesma sistemática metodológica daquela do NCHRP 187, porém, utilizando recursos computacionais e atualizando e modificando dados transferíveis, em função das mudanças ocorridas no decorrer do tempo de 20 anos que separam os dois estudos.

Da mesma forma, este estudo será também, melhor detalhado no Capítulo 3 seguinte.

#### e) GEIPOT, 1985

Dentre o grupo de trabalhos desenvolvidos no Brasil, podemos citar, inicialmente, o trabalho realizado em 1981 pelo GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT, 1985): *Estudo da Demanda de Transportes Urbanos no Brasil*, definindo uma série de parâmetros para diversos tipos de cidades brasileiras.

A principal preocupação do GEIPOT, 1985 foi a de definir parâmetros para algumas cidades consideradas tipo, para que pudessem ser utilizados em estudos de planejamento.

Os parâmetros foram definidos a partir de pesquisas realizadas em todo o território nacional, nas cidades definidas como cidades-tipo.

Maiores detalhes sobre o método adotado pelo GEIPOT serão comentados adiante no Capítulo 3.

f) SANCHES, 1987, 1988 e 1995

Baseado na hipótese de que os resultados de pesquisas de campo em algumas cidades típicas realizadas pelo GEIPOT poderiam ser utilizados na estimativa da demanda de transportes em cidades similares, Sanches em 1987 (Sanches, 1987), em 1988 (Sanches e Widmer, 1988) e, após, em 1995 (Sanches, 1995), utilizando os dados coletados pelo GEIPOT, calibrou modelos simplificados (ou sintetizados) para cidades médias e pequenas.

Os modelos simplificados definidos por Sanches em 1987-88 referem-se a estimativa de demanda de viagens numa rede de transporte coletivo e, o modelo simplificado definido em 1995 se refere à estimativa de fluxos de tráfego em cidades médias e pequenas.

Nos modelos de 1987-88, a formulação que produziu melhor ajuste com os dados de cidades tipo foi um modelo que considerou a população residente na zona e a renda média mensal familiar dos moradores da zona (em salário mínimo) como variáveis independentes, definindo parâmetros calibrados por regressão, na determinação das produções de viagens.

Já, no modelo de 1995, as produções de viagens foram definidas por equação em que foram consideradas apenas a população da zona como variável independente.

As atrações de viagens nos modelos de 1987-88, foram determinadas em função de empregos existentes na zona, enquanto que, no modelo de 1995, as atrações foram estimadas em função da área ocupada na zona por atividades de comércio, serviço, indústria e escolas.

Na etapa de distribuição de viagens Sanches utiliza o modelo gravitacional, na divisão modal calibrado modelos a partir de parâmetros definidos no estudo do GEIPOT, e a alocação de tráfego, para os estudos de 1987-88 não foi realizada a não ser para o transporte público, devido ao caráter do estudo e, para o estudo de 1995, sob o sistema de se alocar o tráfego nas rotas evidentes.

Maiores detalhes sobre a metodologia de Sanches serão discutidos no Capítulo 3 seguinte.

#### **2.4.2 Trabalhos com Estrutura Parcial em Relação às 4 Etapas**

##### **a) TRABALHOS QUE CALIBRARAM MODELOS DE REGRESSÃO**

❖ Alguns desses autores calibraram modelos de previsão de demanda total (todos os motivos) com o objetivo de utilizá-los em áreas que possuíssem características populacionais e sócio-econômicas similares, definindo equações matemáticas em função dessas características; exemplo:

1. Corradino (1968): posse de autos, unidades residenciais, tempo de viagem;
2. Kristoffersen & Wilson (1977): veículos motorizados, unidades residenciais, força de trabalho, empregos;
3. Goode (1977): unidades residenciais, empregos, serviços;
4. Rhodes & Hillegas(1978): população, empregos no comércio, outros empregos;

5. Pigman & Deen (1979) população, empregos no comércio, empregos públicos, empregos nas indústrias;

- ❖ Outros, determinaram modelos para diversos propósitos de viagens, exemplo:
  1. Harmelink, Haper, Edwards (1967): viagens a trabalho, a compras e todos os motivos;
  2. Corradino (1968): viagens base residencial motivo trabalho, viagens base residencial motivo sócio-recreacionais;
  3. Coomer & Corradino (1973) Kristoffersen & Wilson (1977) e Goode (1977): viagens base residencial motivo trabalho, viagens base residencial motivo outros, viagens base não-residencial;
  
- ❖ Harper (1960) determinou equações de atração de viagens por m<sup>2</sup> de área construída, baseado em:
  - áreas construídas no varejo;
  - áreas construídas de serviços e escritórios;
  - área construída de manufaturados e atacadistas

Em síntese, como os métodos citados no subitem b do item anterior, esses autores também transferiram modelos de geração agregados.

As diversas equações matemáticas obtidas pelos diversos autores acima, permitem determinar produções e atrações de viagens.

Alguns deles não se preocuparam com as etapas seguintes, determinando apenas equações de produção e atração de viagens, como:

Harmelink et alli, 1967 – Corradino, 1968 - Coomer e Corradino, 1973 – Goode, 1977 - Kristoffersen, 1977 – Rhodes e Hillegass, 1978 - Pigman e Deen, 1979 - Modlin, 1982).

Outros, realizaram a distribuição de viagens, normalmente utilizando o modelo de gravidade, mas não realizaram as etapas de divisão modal e alocação de tráfego.

Enfim, a diferença com os métodos dos autores do item anterior, está no fato de que esses autores não desenvolveram todas as 4 etapas do processo tradicional.

#### b) TRABALHOS QUE DETERMINARAM OU UTILIZARAM TAXAS DE VIAGENS DE PÓLOS GERADORES

A maioria dos trabalhos que serão citados neste item, são trabalhos que se preocuparam apenas em determinar taxas de geração de viagens de pólos geradores de tráfego, porém, como se verá adiante, a base fundamental da etapa geração de viagens do método proposto na presente dissertação, basear-se-á em taxas de viagens de pólos geradores.

Em 1966, Keefer determinou taxas de viagens para Aeroportos, Shopping Centers e Plantas Industriais; em 1969 Keefer & Witheford, determinaram taxas de viagens para Hospitais, Universidades, Prédios Públicos, e Capitólios e em 1975, Khasnabis e Poole, determinaram taxas de viagens em função de unidades residenciais.

Por outro lado, o *Institute of Transportation Engineers* determinou Taxas de Geração de Viagens por uso de solo específico, para diversos usos.

O trabalho inicial foi baseado em mais de 3.000 estudos de geração de viagens realizadas nos Estados Unidos e Canadá por serviços públicos, empreendedores, firmas de consultoria e indivíduos ligados ao Instituto.

Foram oferecidas três metodologias para ajudar a determinar o número médio de viagens geradas por um uso de solo:

1. A média ponderada da taxa de geração de viagens ou número ponderado de destinos por unidade de variável independente (por exemplo, por empregado, ou por 1000 pés<sup>2</sup> de área bruta de piso).
2. Uma plotagem dos destinos reais em contraposição ao tamanho da variável independente, para cada estudo. Os números representados nas plotagens não são taxas de geração de viagem; são destinos reais plotados *versus* o tamanho de uma variável independente. Pode-se obter resultados levemente diferentes ao usar a plotagem em contraposição à taxa.

3. A equação de regressão dos destinos relacionados ao tamanho da variável independente. Pode-se obter resultados levemente diferentes ao usar a equação em contraposição à taxa.

Trabalhos subsequentes vêm sendo desenvolvidos e relatórios periódicos vem sendo publicados, no sentido de incluir análises de usos de solo adicionais e novos dados para usos de solo existentes. As mudanças porventura existentes nas taxas de geração de viagens e nas equações são e serão pesquisadas e apresentadas nas edições subsequentes. As versões publicadas pelo *Institute of Transportation Engineers* encontram-se atualmente na Quinta Edição, apresentando atualizações e complementações. O Relatório *Trip Generation* do ITE fornece taxas de geração de viagens e equações desenvolvidas para um dia útil, o Sábado e o Domingo médios; para os horários de pico da manhã e da tarde de um gerador; e para aquela hora do dia útil em que o tráfego da via adjacente está no seu pico, de manhã e de tarde. O trabalho do ITE citado restringe-se apenas na determinação de taxas de viagens de pólos geradores.

De acordo com Stover e Koepke (1988, p.29) o relatório *Trip Generation* do ITE é a principal fonte de taxas de geração de viagens e a segunda maior fonte de dados secundários é o relatório “*Development and Application of Trip Generation Rates*” do *Federal Highway Administration, Report* No. FHWA/PL/85/003 de janeiro de 1985.

Os dados da segunda fonte citada são apresentados na publicação de Stover e Koepke (1988, p.30-38).

Dentre os autores brasileiros que estudaram taxas de viagens citamos a CET e Lenise Grando e Lenise Grando Goldner (mesma pessoa casada).

Em 1980, a CET realizou o chamado “Projeto AMUZO”, cujo objetivo primordial foi o de testar uma metodologia para avaliação de futuras alterações em termos de padrões comportamentais de tráfego devido a mudanças na lei de zoneamento em determinado local específico da cidade. Todavia, o trabalho realizado determinou taxas médias de viagens por unidade de área construída.

Em 1983, a CET, através do Boletim Técnico 32 (CET, 1983), divulgou o trabalho realizado sobre pólos geradores de tráfego.



A exemplo do trabalho realizado pelo ITE – Institute of Transportation Engineers, definiu equações que permitissem determinar a geração de viagens de pólos geradores, analisando os pólos geradores da cidade de São Paulo.

Definiu equações e Taxas de Viagens para:

- Hospitais
- Indústrias
- Escolas
- Lojas (departamento)
- Lojas (especializadas)
- Shopping

Taxas definidas pela CET são mostradas adiante, no Capítulo 3.

O trabalho da CET restringiu-se à determinação de taxas de geração de pólos geradores de viagens, não sendo um trabalho de planejamento de transportes propriamente dito. Assim sendo, as etapas de distribuição de viagens, divisão modal e alocação de tráfego não foram desenvolvidas.

As taxas da CET, por serem taxas brasileiras serão utilizadas para comparação com as demais existentes, a fim de que se possa obter algumas conclusões.

Grando, 1988; Goldner e Silva, 1996 e Goldner e Portugal, 1997 estudaram Shopping Centers ou Supermercados.

Determinaram número de viagens geradas pelo pólo gerador que permite determinar a taxa de viagens, uma vez que as características do pólo são conhecidas.

Os trabalhos restringem-se, portanto, apenas às taxas de viagens de pólos, não sendo um trabalho de planejamento de transportes propriamente dito.

Outros trabalhos brasileiros de processos sintetizados não foram identificados até ao momento, de sorte que não se pôde avaliar as metodologias preferidas pelos estudiosos brasileiros.

### 2.4.3 Trabalhos com Estrutura Distinta em Relação às 4 Etapas

#### a) MÉTODO QUE DETERMINA TAXAS DE VIAGENS A PARTIR DE CONTAGENS VOLUMÉTRICAS

O método de Neumann et alli (1983) - *Estimating Trip Rates from Traffic Counts*, tido por Elangovan e Crouch como o terceiro melhor, determina taxas de viagens para todos os propósitos de viagens a partir de contagens volumétricas.

Neumann et alli desenvolveram uma metodologia para cidades pequenas e de porte médio e demonstram os resultados de sua aplicação para Lynchburg, Virginia e Lexington, Kentucky.

A primeira cidade, em 1970 tinha uma população de 146.000 habitantes e a segunda, 295.000.

Em síntese, o processo consiste em, tendo o tráfego alocado no sistema viário e conhecendo-se o tráfego observado no mesmo sistema viário, determinar a taxa de geração de viagens da produção (ex. unidade residencial) para comparar com aquela que foi utilizada no processo de planejamento. Na realidade, este método tem mais função como forma de ajuste de taxas de geração de viagens.

Assim, pode-se desenvolver a etapa de geração de tráfego por algum processo qualquer que utilize taxas de geração de viagens, realizar a distribuição de viagens e alocação de tráfego. Os volumes observados em diversos links da rede viária podem ser comparados com os alocados nesses mesmos links. Tal comparação é feita através de uma regressão linear, que define uma equação do tipo:

$$V_k = \alpha + \beta_g X_{gk} + \varepsilon \quad \text{eq.2.1}$$

onde:

- $V_k$  = Volume de tráfego de viagens interna-interna
- $\beta_g$  = Taxa de produção de viagens para a variável sócio-econômica considerada (unidades residenciais, ou posse de autos, ou população)

$X_{gk}$  = Volume alocado, sendo k o link e g a variável sócio-econômica considerada na determinação da geração de viagens

A taxa de geração ( $\beta_g$ ) obtida da análise de regressão linear será utilizada para ajustar a taxa do modelo de planejamento utilizado.

## b) MÉTODOS QUE DETERMINAM MATRIZES DE VIAGENS A PARTIR DE CONTAGENS VOLUMÉTRICAS

O método de Holm et alli (1976) - *Danish Road Directorate Approach* e o método de Willumsen (1982) - *ME2 Method of Estimating Trip Matrices from Traffic Counts*, considerados por Elangovan e Crouch, respectivamente, como o quarto e quinto melhores métodos para países em desenvolvimento, são técnicas que utilizam contagens volumétricas.

Além disso, o método de Hogberg (1976), o método de Robillard (1975) citados entre as 22 técnicas analisadas por Elangovan e Crouch e os métodos de Bell (1983), de Brenninger-Gothe et alli. (1989), de Carey et alli (1981), de Spiess (1987), de Van Zuylen (1980) são métodos identificados como os que utilizam-se de contagens volumétricas para determinação de matrizes de O/D.

Os diversos métodos que fazem uso de contagens de volume para determinação da Matriz de O-D, utilizam, essencialmente, modelos de otimização para determinar as viagens realizadas entre os diversos pares de zonas de tráfego.

Esses métodos não seguem a estrutura geral dos modelos de 4 etapas, mas são úteis, para a partir das contagens volumétricas realizadas, fazer ajustes na matriz O/D determinada.

## c) OUTROS MÉTODOS COM CARACTERÍSTICAS PECULIARES

O segundo melhor método a ser indicado para países em desenvolvimento, de acordo com os estudos de Elangovan e Crouch é o método de Low (1972) - *Low's*

*Approach to Transportation Systems Modelling*, mais conhecido como “*Internal Volume Forecasting – IVF model*”.

Pode-se dizer que este método é uma combinação entre variáveis sócio-econômicas e contagens volumétricas, pois calibra modelos de demanda a partir de contagens volumétricas realizadas na rede viária e segue a estrutura geral de 4 etapas, não realizando a etapa divisão modal, porque, como afirma Low, o objetivo era desenvolver um processo aplicável a cidades menores onde o transporte público é insignificante.

O método de Low determina Fatores de Probabilidades de Viagens entre as zonas, definindo uma Matriz de Probabilidade de Viagens. Esta etapa corresponde às etapas de geração e distribuição de viagens.

Os Fatores de Probabilidade de Viagens interzonais são calculados por:

$$f_{ijk} = \frac{P_i A_j}{t_{ij}^n} \quad \text{eq. 2.2}$$

onde:

$f_{ijk}$  = fator de probabilidade de viagens entre zonas i e j para o k-ésimo conjunto de características  $P_i$  e  $A_j$  ;

$P_i$  = característica da zona interna i relacionada à produção de viagens;

$A_j$  = característica da zona interna j relacionada à atração de viagens;

$t_{ij}$  = impedância de viagem interzonal tal como tempo de viagem

n = expoente relacionado à importância da impedância de viagem.

Os Fatores de Probabilidade de Viagens fornecem a magnitude das viagens entre zonas. Por exemplo, a população da zona e o emprego existente na zona devem ser usados como variáveis  $P_i$  e  $A_j$  , respectivamente.

Na aplicação prática, o autor determinou 2 fatores de probabilidades, um pela combinação de população/emprego e outro, população/população em cada zona de tráfego para a área metropolitana no oeste da Virginia, contudo, Smith et alli., 1978, que analisaram o método proposto por Low, 1972, testaram a determinação dos

fatores de probabilidade para 5 combinações: população/emprego, população/categoria recreacional, população/categoria de uso comercial, população/categoria comercial-agricultural e população/população, o que complementa o trabalho de Low.

A Matriz de Fatores de Probabilidades de Viagens resultante é análoga à tabela de viagens por motivo trabalho, do processo tradicional.

Relacionando-se os fatores de probabilidades de viagens entre zonas e os volumes de tráfego em diversas ligações (links) da rede viária, pode-se calibrar uma equação por processo de regressão:

$$V = a_0 + a_1 F_1 + a_2 F_2 + \dots + a_k F_k + \dots + a_m F_m \quad \text{eq. 2.3}$$

Onde:

$V$  = volume interno observado em uma ligação (link);

$a_k$  = k-ésimo coeficiente calculado por regressão

$F_k$  = fator de probabilidade baseado no k-ésimo conjunto de características  $P_i$  e  $A_j$

$m$  = número de zonas na área de estudo

Como os fatores de probabilidade são calculados entre zonas dentro da área de estudo, o volume usado como variável dependente deve ser referido somente ao tráfego interno-interno.

Assim sendo, é necessário montar a tabela de viagens externas e alocá-las à rede viária para subtrair do volume contado nos links.

A aplicação do modelo IVF para previsão do futuro volume de tráfego requer somente a projeção das variáveis sócio-econômicas e uso de solo por zona e a simulação da rede viária futura. As viagens externas podem ser projetadas utilizando-se a técnica Fratar.

Low utilizou o expoente 2 para determinação da impedância de viagem e Smith et alli., 1978 testaram expoentes 1,5 e 2,5 para comparar com o expoente 2 usado na sua análise inicial e concluíram que o expoente 2,5 apresentou poder explicativo maior para as equações de regressão.

Quanto à alocação nos diversos links do tráfego estimado, Low não esclarece qual o método que utilizou, mas Smith et alli. testaram a alocação tudo-ou-nada e a alocação por múltiplos caminhos, do modelo UROAD do UMTA (Urban Mass Transit Administration) e definiram uma equação de regressão final a partir de uma média dos dois métodos de alocação.

## **2.5 Breve Discussão das Metodologias Identificadas**

A maioria dos autores identificados utilizaram dados sócio-econômicos como número de veículos, número de autos por domicílio, população, empregos, renda e área construída, para determinarem a geração de viagens.

Todavia, dados como número de veículos, ou número de autos por domicílio, ou população, ou renda da população de uma determinada zona de tráfego são dados normalmente não conhecidos para a maioria das cidades brasileiras.

No caso da população, nos anos próximos aos do censo demográfico esses dados são obtíveis, porém por zonas censitárias e não por zonas de tráfego.

Utilizar métodos que trabalham com a população, implica em desenvolver uma sistemática metodológica para determinação da população da zona de tráfego a partir da população da zona censitária do IBGE e outra sistemática para a projeção da população por zona de tráfego.

Parece-nos uma metodologia atraente para ser desenvolvida, porém, em outro trabalho dissertativo.

Por outro lado, os métodos que utilizam taxas de pólos geradores de tráfego, poupam o desenvolvimento de métodos de determinação da geração de viagens, estando já prontos, o que os tornam mais atraentes que os acima citados, para o momento.

Outro elemento bastante difícil de se obter é a renda da população de uma determinada zona de tráfego. Normalmente esse dado não é conhecido na grande maioria das cidades brasileiras.

Os empregos em cada zona de tráfego somente poderão ser determinados para cada estudo a realizar, através de um levantamento a ser realizado na área de estudo, pois tais dados não são conhecidos no município.

A área construída é outro elemento que pode ser utilizado para a determinação da Geração de Viagens, pela metodologia definida pelos autores pertencentes ao grupo que desenvolveram equações matemáticas, contudo, como comenta Hutchinson (1979), a utilização da área construída como uma variável independente tem apresentado dificuldades, uma vez que a área construída consumida por empregado varia de acordo com os estabelecimentos e o tempo.

No Brasil, os únicos dados de levantamentos disponíveis são aqueles realizados pelo GEIPOT em 1978/1981 que permitiram a calibração de modelos, como realizado por Sanches.

Sanches calibrou modelos para determinação da geração de viagens utilizando população e renda o que apresenta dificuldades, como comentado acima.

Portanto, dentre os diversos autores estrangeiros e brasileiros que determinaram Produções e Atrações de Viagens, alguns o fizeram utilizando-se variáveis sócio-econômicas do tipo “população”, “pessoas por domicílio”, “renda”, “posse de autos”, “empregos”.

Tais trabalhos ficam prejudicados em função das dificuldades de determinação dessas variáveis por zonas de tráfego, conforme comentado anteriormente.

Em 1978, Sossau et alli determinaram taxas de geração de viagens de pólos geradores, apresentados no NCHRP 187. Tal trabalho já vinha sendo feito em paralelo pelo ITE – Institute of Transportation Engineers.

O processo consiste em se analisar cada pólo gerador de tráfego, determinando o número de viagens atraídas/produzidas em veículos por dia, indicando o percentual de viagens diárias nos picos da manhã e da tarde.

O processo do ITE é similar quanto ao fato de que determina geração de viagens para cada pólo gerador.

A diferença está no fato de que, o trabalho do NCHRP 187 determinou taxas de viagens baseado em pesquisas de O/D realizadas no período de 1965 a 1974, enquanto que o trabalho do ITE considerou dados do começo dos anos de 1960 e os vem atualizando periodicamente até ao momento, de sorte que, apresenta dados não só mais completos (19 tipos de geradores de tráfego no NCHRP 187, contra mais de 118 tipos de usos de solo do ITE), mas também, mais atualizados.

A revisão do NCHRP 187, trabalho de Martin e McGuckin, 1998 substituiu as taxas de viagens anteriores pelas taxas do ITE – 5a. Edição.

Outro grupo de técnicas de planejamento de transportes por processos sintetizados que vimos anteriormente é o grupo que utiliza contagens volumétricas, seja para determinar matriz de origem-destino, seja para determinar taxas de geração de viagens.

Em resumo, como uma alternativa de eliminação da entrevista domiciliar, temos de um lado, as técnicas que utilizam equações matemáticas com variáveis sócio-econômicas para determinar produções e atrações de viagens que gerarão, posteriormente a matriz de O/D; de outro, técnicas que utilizam taxas de geração de viagens de pólos geradores de tráfego para determinar produções e atrações de viagens que gerarão, posteriormente a matriz de O/D; e, de um terceiro lado, técnicas que utilizam contagens volumétricas que gerarão a matriz de O/D.

Algumas outras técnicas específicas também foram identificadas como o Método IVF de Low (1972), e o método de Khan e Willumsen (1986).



O método de Low, 1972 combina dados sócio-econômicos com contagens volumétricas, porém, a determinação dos dados sócio-econômicos como população, emprego, etc. são difíceis de se obter por zona de tráfego, conforme discutido anteriormente.

Elangovan e Crouch (1992), em sua análise realizada em 22 técnicas de procedimentos sintetizados selecionaram 6 para recomendarem aos países em desenvolvimento, sendo que a técnica selecionada como primeira recomendação foi a técnica apresentada no NCHRP 187 por Sosslau et alli (1978 a,b).

Cabe mencionar que a técnica de Sosslau et alli., 1978 a,b, apresentada no NCHRP 187, intitulada “*Quick-Response Urban Travel Estimation Techniques and Transferable Parameters*”, teve ampla utilização nos Estados Unidos, desde sua publicação, tendo sido inclusive incorporado a diversos softwares desenvolvidos de planejamento de transportes. Mereceu também, recentemente, uma revisão com adaptações e pequenas alterações que se traduziu num documento (NCHRP 365) publicado 20 anos depois por Martin e McGuckin (1998).

Esta situação teve paralelo apenas no *ME2 Method of Estimating Trip Matrices from Traffic Counts* (Willumsen, 1982), dado que as demais técnicas propostas para uso de processos sintetizados tiveram pouca aplicação prática.

As duas metodologias obtêm a matriz de O/D, porém as contagens volumétricas são mais onerosas que o cadastro de uso de solo que geram as produções e atrações de viagens. Como o presente trabalho visa buscar soluções que venham a baratear os custos do planejamento de transportes, à primeira vista, o processo de utilização de taxas de geração de viagens, indicadas no NCHRP 187 ou 365 e métodos similares parecem mais atraentes que o processo que parte de contagens volumétricas.

Por outro lado, conforme comentado anteriormente, devido à diversidade de metodologias existentes, definiu-se uma estrutura do processo sintetizado que se pretende adotar no presente trabalho, estrutura essa de 4 etapas, similar ao do

processo tradicional, que não é obedecida pelos métodos que adotam as contagens volumétricas.

Quanto à etapa de distribuição de viagens, observa-se que a grande maioria dos autores que realizaram planejamento por processo sintetizado utilizaram o modelo gravitacional.

O NCHRP 187 utiliza ábacos próprios para determinação dos parâmetros da função custo, considerado como sendo o tempo de viagem, enquanto que NCHRP 365, utiliza a função de impedância gama e faz uso de parâmetros calibrados a partir de observações de diversas cidades americanas.

O NCHRP 187 preocupou-se em apresentar uma metodologia de processo manual de distribuição de viagens, enquanto que o NCHRP 365 preferiu indicar uma metodologia que fizesse uso dos serviços computacionais, preparando, inclusive um software próprio.

O NCHRP187 indica uma forma manual de se realizar a divisão modal e se baseia em gráficos especialmente desenvolvidos para tal, eliminando a necessidade de calibração de modelos, fator importante a se considerar, uma vez que outros métodos exigem calibrações e a falta de dados em nosso país dificulta o processo.

Sanches chama atenção sobre as viagens realizadas a pé nas cidades pequenas e de porte médio e também das viagens realizadas por ciclomotores, especialmente as bicicletas, afirmando que estas modalidades podem atingir proporções significativas.

O NCHRP 187 indicou um processo manual de alocação de tráfego em vias naturais existentes nas cidades pequenas (rotas evidentes).

Procedimentos idênticos foram adotados por diversos outros autores estrangeiros, utilizando o processo de alocação tudo-ou-nada.

O NCHRP 365 fala sobre a dificuldade de se utilizar procedimentos manuais nas alocações de tráfego, especialmente considerando-se restrições de capacidade. Recomenda a utilização da alocação de equilíbrio (utilização de softwares).

Dos trabalhos brasileiros, identificou-se apenas o trabalho realizado por Sanches, 1995 que se referiu a uma cidade de porte médio ou pequena, onde as opções de ligações entre duas zonas de tráfego são restritas não apresentando muita escolha da parte dos usuários e não tendo problemas com a capacidade, ou quando tendo, sendo insignificantes. Realizou uma alocação do tipo incremental.

Pelas razões acima expostas, pretende-se analisar com mais ênfase apenas os métodos do NCHRP 187 e NCHRP 365 dentre os autores estrangeiros, métodos esses que utilizam taxas de geração de viagens de pólos geradores na primeira etapa do processo de planejamento de transportes.

Quanto aos autores brasileiros, apenas os métodos do GEIPOT, 1985 e de Sanches, 1987/88 e 1995, que desenvolveram as 4 etapas do processo de planejamento serão analisados, comparativamente aos métodos estrangeiros.

## **2.6 Credibilidade e Transferabilidade de Taxas de Geração de Viagens**

De acordo com Stover e Koepke (1978, p. 45) a comparação dos dados de geração de viagens das várias fontes indica que as atividades similares de uso de solo nos Estados Unidos e Canadá têm características similares de geração de viagens.

Afirma que diferenças significantes nas taxas de geração de viagens, no entanto, tem-se verificado em usos de solos similares localizados em diferentes áreas da cidade (exemplo, um complexo de apartamentos na área central comparado com um complexo na área suburbana; ou um desenvolvimento comercial na área central comparado com um shopping center na área suburbana).

Afirma ainda que prática comum é se adotar uma taxa média de geração de viagens na análise do impacto do tráfego.

Chama atenção ao fato de que o relatório do ITE recomenda utilização com cautela naquelas taxas obtidas de apenas algumas observações, ou quando houver ampla dispersão dos pontos.

Por outro lado, Hinkle (1980) utilizou procedimentos de estimativa de demanda de movimentação de pessoas no centro da cidade de Houston, Texas, a partir de estudos desenvolvidos em Los Angeles, realizando ajustamentos de fatores e concluiu que os resultados encontrados foram aqueles esperados.

Brunso e Hartgen (1984), realizando análises na área de New York, concluíram que não existe nenhuma evidência que a localização geográfica dentro do Estado afeta a taxa de geração de viagens. Não existe também diferença significativa na taxa média de viagem para áreas urbanas, suburbanas, cidades pequenas, ou áreas rurais do Estado de New York. Concluem, finalmente que, os planejadores de transportes podem confiar na aplicação de taxas de viagens pessoais obtidas pelas suas e outras pesquisas.

Ou e Yu (1982) concluíram em seu estudo que, desde que tomados certos cuidados, a transferência de um modelo de uma área geográfica para outra não é impossível.

Walker e Olanipekun (1989) analisaram taxas de geração de viagens obtidas pelo ITE – 4ª Edição (1987), comparando-as com as obtidas através de pesquisas domiciliares por telefone em New Jersey e concluíram que, em apenas 4 dos 35 domicílios, foram verificadas diferenças estatisticamente significantes.

No Brasil, Sanches (1995) utilizou transferência de parâmetros, concluindo que o processo apresentou resultados satisfatórios.