Análise crítica dos estudos de capacidade viária e uma concepção para o século XXI*

Licinio da Silva Portugal**

SUMÁRIO: 1. Introdução; 2. Contexto de análise dos estudos de capacidade viária; 3. Interação entre demanda e oferta viária: apoio à tomada de decisão; 4. Caracterização da oferta viária; 5.Níveis de aplicação e análise; 6. Conclusões.

SUMMARY: 1. Introduction; 2. Context of the analysis of road capacity studies; 3.Interaction between traffic demand and road supply: decision-making support; 4. Road supply characterization; 5. Application and analysis levels; 6. Conclusions.

PALAVRAS-CHAVE: capacidade viária; impactos ambientais; integração ao ambiente socioeconômico.

KEY WORDS: road capacity; environmental impacts; integration to the socio-economic environment.

Este artigo identifica e caracteriza os principais aspectos e conceitos tradicionalmente considerados nos estudos de capacidade viária, com os propósitos de: ampliar seu escopo de análise de acordo com um enfoque mais global e integrado ao ambiente socioeconômico; estabelecer temas e dimensões a serem introduzidos e mais bem abordados; explicitar o uso da capacidade viária como uma ferramenta poderosa, não só para otimizar os interesses da demanda do tráfego, mas também para tornar viável as políticas públicas e melhorar a qualidade de vida; apresentar um quadro de informação que possa contribuir e ser útil aos futuros desenvolvimentos nesse campo. Os resultados dessa pesquisa estão baseados em uma extensa revisão bibliográfica, na qual se destaca o *Highway capacity manual* (Highway Research Board, 2000), por ser a principal referência dos estudos de capacidade e

* Artigo recebido em mar. 2004 e aceito em jan. 2005.

** DSc, professor do Programa de Engenharia de Transportes da Coppe/UFRJ. Endereço: Coppe/UFRJ — Centro de Tecnologia, Bloco H, sala 111 — Cidade Universitária — CEP 21945-970, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: Licinio@pet.coppe.ufrj.br.

poder servir de modelo para os novos trabalhos destinados à sistematização do conhecimento nessa área, segundo um contexto de análise mais abrangente, tal como se propõe neste artigo e conforme a tendência observada nos estudos de transportes. Verificou-se a importância de contemplar também, além da qualidade de serviço, os impactos ambientais, fortalecendo o processo de apoio à tomada de decisão para a melhora do funcionamento do sistema viário. Constatou-se ainda a necessidade de intensificar e sistematizar os estudos de capacidade da rede viária, além de considerar a infra-estrutura administrativa como parte da oferta de serviços viários.

Critical analysis of road capacity studies and a concept for the 21st century

This paper identifies and characterizes the main aspects and concepts traditionally considered in road capacity studies aiming at: widening the analysis scope according to a more global focus, integrated to the socio-economic environment; establishing themes and dimensions that must be introduced and better tackled; expliciting the use of road capacity as a powerful tool, not only for optimizing traffic demand but also for establishing feasible public policies and improving the quality of life; presenting an information framework that will contribute to future developments in this area. The results of this research are based on an extensive bibliographic review, focusing on the *Highway capacity manual* — 2000 (*HCM*), considered the main reference in road capacity studies and also because it can be used as a model to new research aiming at knowledge systematization in this area, according to a more wide analysis context proposed by this paper and to the current trend in transport studies. The article considered the importance of contemplating in the analysis, besides service quality, the environmental impacts, in order to empower the decision-making process for the improvement of road network performance. It also observed the need to intensify and systemize capacity studies in terms of the highway network itself and also in terms of aspects related to the infrastructure administration as part of the road services supply.

1. Introdução

A capacidade do sistema viário pode ser considerada um atributo vinculado à oferta de serviços. Normalmente, essa oferta não tem acompanhado a demanda por espaço viário, especialmente nos países em desenvolvimento, por causa de um processo acelerado e desordenado de utilização do território.[1] Em conseqüência, são cada vez mais freqüentes e intensos os congestionamentos, os acidentes de trânsito, os desperdícios de combustível e os impactos ambientais, principalmente em períodos e áreas críticas.

Basicamente, os problemas de trânsito estão relacionados com: a insuficiência de capacidade das vias (oferta) para atender satisfatoriamente ao tráfego solicitante (demanda); a utilização inadequada da capacidade disponível, fruto de um desequilíbrio entre a demanda e a oferta viária; e a falta de sintonia entre o planejamento e gestão do espaço viário com as políticas públicas para integração e estruturação do espaço socioeconômico.

Portanto, os investimentos na racionalização do uso e/ou na ampliação da malha viária, se mostram cada vez mais necessários. Sua adequada aplicação é extremamente complexa, devido ao nível elevado de investimentos, aos recursos disponíveis escassos, ao incremento e à sofisticação dos territórios e à diversidade de variáveis, sistemas e interações presentes no ambiente do trânsito. A complexidade é maior já que a infra-estrutura viária é um bem limitado e compartilhado por diferentes solicitações. Sua apropriação é conflitante, além de estar inserida num contexto político e ideológico. A destinação do espaço viário para um determinado uso pode interferir no comportamento do tráfego restante. Além disso, dessa interação resultam interferências não apenas nos sistemas viários e de estacionamento, como também nos de transporte público, uso do solo e socioeconômico.

De qualquer forma, equacionar este problema pressupõe planejamento e organização adequados da capacidade do espaço viário, que não pode ser ampliada indefinidamente. Isso requer o conhecimento e a adoção de técnicas para estudar e analisar a capacidade, não somente de cada componente viário (como vias, interseções e terminais, incluindo os estacionamentos), como também de toda a rede. Neste processo, os estudos de capacidade representam um poderoso instrumento, entre os quais deve-se ressaltar o *Highway capacity manual (HCM)* em sua quarta edição. Apesar da preocupação crescente do *HCM* em incorporar práticas de outros países — como ocorreu com a metodologia adotada para interseções com prioridade, derivada de pesquisas feitas na Alemanha (Brilon, 1994) — os resultados foram calibrados para condições tipicamente americanas (TRB, 1985).

A esse respeito, outros países estão produzindo seus próprios manuais (Brilon, 1994) ou realizando investigações amplas (Troutbeck e Akçelik, 1994) ou mais específicas (Natsinas et al., 1994), tornando os resultados mais compatíveis com sua realidade. O *HCM* está estruturado em módulos, que permitem maior flexibilidade para introduzir alterações e aperfeiçoamentos como já ocorreu. Entre as edições de 1985 e 2000, diferentes versões foram disponibilizadas dentro de uma programação de progressos sucessivos e periódicos (Pfefer, 1992; Zegeer, 1994).

---

[1] Aqui conceituado de acordo com Taylor (1994) como "porções de espaço geográfico mundial organizadas sob uma autoridade político-administrativa em suas diferentes escalas": urbana, regional, nacional e internacional.

No geral, tem-se observado uma tendência nos estudos de transportes (Bell, 1995; Izquierdo et al., 1994; May, 1992), especificamente nos estudos de capacidade inclusive do *HCM* (TRB, 2000), em tratar a questão segundo uma concepção mais global e integrada. Aproveitando essa tendência, as iniciativas em desenvolvimento e a oportunidade de considerar outros temas de interesse nesse esforço de sistematização — fundamental para os países em desenvolvimento ou com restrições à geração de conhecimento/acesso à literatura disponível — pretende-se apresentar uma base de informação que possa contribuir nessa discussão.

Este artigo, além da introdução, está estruturado em mais cinco seções. Na segunda seção, caracteriza-se o contexto geral de um estudo de capacidade viária, segundo os princípios de análise de desempenho, estabelecendo-se os aspectos que intervêm e explicitando-se tal estudo como um instrumento de apoio à tomada de decisão (necessidade de fazer algo) e para a ação (o que fazer). Sob essa perspectiva, na terceira seção, ressalta-se a interação entre a demanda e a oferta viária e sua relação com os problemas de tráfego e suas possíveis soluções. Na quarta seção, a oferta viária e sua capacidade são tipificadas como a unidade principal de atuação nesses estudos. Na quinta seção, as aplicações e os níveis de análise da capacidade viária são explicitados, segundo uma abordagem mais global e integrada. Por último, na sexta seção, são apresentadas as conclusões.

2. Contexto de análise dos estudos de capacidade viária

O estudo de capacidade viária é uma das mais importantes ferramentas disponíveis na engenharia de tráfego, estando seu desenvolvimento vinculado a essa profissão. Os esforços para a compreensão da capacidade viária, da mesma forma que na engenharia de tráfego, também começaram depois da aparição do automóvel, ressaltando-se os anos 1930 como um marco para o início das pesquisas (Greenshields, 1935), que (Brilon, 1994; Institute of Transportation Engineers, 1982; Pignataro, 1973; Portugal, 1993) alcançaram avanços significativos, a partir das décadas de 1950-60 (como os introduzidos por Buchanan et al., 1963; Smeed, 1966, 1968). Após essa época, ocorreu uma evolução no contexto dos estudos de capacidade que, para ser melhor entendida, é preciso contemplar antes alguns elementos relacionados à análise de desempenho de sistemas.

Os estudos de capacidade do sistema viário — ao ter a possibilidade de contribuir para um melhor equilíbrio entre a oferta viária e a demanda de tráfego — representam ferramentas de análise de desempenho. Assim, esses estudos têm como objetivo básico compreender o comportamento do sistema viário, a fim de ser possível prever os “efeitos” (E) causados por modificações que podem ocorrer nas carac-

terísticas da "demanda" (D) e/ou da "oferta" (O) viária (adaptado de Manheim, 1980; May, 1994).

Há várias maneiras de representar o desempenho e classificar os efeitos associados ao sistema viário e aos estudos de sua capacidade. Com base em Hutchinson (1979), Manheim (1979) e Meyer e Miller (1984) e segundo essa concepção abrangente, pode-se agrupar os efeitos em termos dos atores nos quais incidem: usuários, sociedade e empresa. Os usuários são influenciados pela qualidade de serviço (QS) prevista para o sistema. Já a sociedade é afetada pelos impactos produzidos pelo sistema no ambiente (IA). Por último, as empresas que, no caso dos sistemas de transportes, têm uma preocupação fundamental pelos custos ou recursos consumidos (RC) (Manheim, 1980).

Entretanto, para os sistemas viários, as empresas normalmente se preocupam não só com a operação mas também com outras atribuições como planejamento, projeto e regulamentação, além de ter uma natureza pública, por tratar do espaço viário que é um bem da sociedade. Tais empresas têm, portanto, a responsabilidade não somente de administrar os recursos a elas alocados para o cumprimento de suas tarefas (na forma de recursos públicos como orçamento, recursos humanos, espaços coletivos etc.), como também aqueles associados à qualidade de serviço aos usuários (na forma de custos operacionais, de tempo etc.) e aos impactos ambientais à sociedade (na forma de externalidades do tipo poluição sonora, contaminação do ar, degradação da qualidade de vida, desigualdades sociais etc.). Apesar dessa maior complexidade que envolve as empresas no setor de trânsito, elas devem ser explícitas com a finalidade de reforçar a necessidade e importância de dispor de entidades administrativas devidamente estruturadas e preparadas para cumprir o papel de planejar e gerenciar adequadamente o espaço viário e os recursos de interesse dos usuários e da própria sociedade.

Em suma, pode-se considerar que esses três efeitos (QS, RC, IA) e seus respectivos atores são elementos essenciais na análise de desempenho e de capacidade do sistema viário, reconhecendo-se que sua seleção e ênfase estão vinculadas aos objetivos do estudo. A modelagem desses efeitos, de maneira integrada, deve servir de referência para os estudos de capacidade e para analisar sua evolução, especialmente em função do potencial conflito existente no processo de tratar e otimizá-los, ou seja, ao tratar-se de um/dois efeitos o(s) outro(s) pode(m) estar sendo afetado(s).

A primeira tentativa de modelar o efeito resultante da interação demanda-oferta foi feita pelo *Highway capacity manual* (*HCM*) de 1950, em sua primeira edição, por meio do conceito "capacidade prática", que não ocorreu formalmente. Tal fato só aconteceu na segunda edição, quando foi introduzido explicitamente o conceito de "nível de serviço" (TRB, 2000), o que representou um grande desenvolvimento na abordagem de capacidade (Roess, 1985). Quer dizer, apenas a partir de 1965 foi formalizada a análise de desempenho viária, mesmo que

contemplando um único efeito: *qualidade de serviço*, que está associado aos usuários do sistema viário. Outros estudos também consideram em sua modelagem de desempenho de sistemas elementos similares, como por exemplo Olszewski e Suchorzewski (1987) — para o sistema de transporte — e Kürer em Nijkamp (1994) — para o desenvolvimento do transporte sustentável —, enquanto outros contribuíram com avanços conceituais (Institute of Traffic Engineers, 1976; Talvitie e Dehghani, 1980).

O efeito *impactos ambientais* tem sido pouco ou não considerado formal e explicitamente nos estudos tradicionais de capacidade viária. Um dos motivos é o seu pequeno alcance, normalmente localizados e direcionados para componentes viários isolados. Outra razão refere-se às dificuldades inerentes ao tema, que, apesar de mais de duas décadas de literatura, ainda apresenta diferenças na interpretação conceitual e uma larga variedade de técnicas e metodologias (Verhoef, 1994), não dispondo-se de bases comuns e consagradas pela comunidade técnico-científica.

O efeito *recursos consumidos* tem sido considerado implicitamente desde os primeiros estudos de capacidade, sendo definido de acordo com seus objetivos (e conseqüentes efeitos derivados) e com o estado de desenvolvimento metodológico. Inicialmente os "recursos" considerados se restringiam praticamente aos relacionados com os investimentos na intervenção viária e aos custos operacionais referentes aos usuários. Posteriormente, outros custos, como o do tempo, começaram a ser monetarizados e também adotados em estudos de viabilidade. Mais recentemente, se vem buscando incorporar os custos das externalidades do sistema viário como os derivados da contaminação do ar, ruído e, segundo Verhoef (1994), também acidentes de trânsito. Apesar dos avanços produzidos nesse campo (Association of Swedish Automobile Manufacturers, 1990; Himanen et al., 1989), ainda falta muito por fazer e aperfeiçoar, principalmente, no referente aos efeitos ambientais e seus custos sociais (Verhoef, 1994). Da mesma maneira, a formalização do uso dos "recursos" no processo de análise de desempenho recebeu uma contribuição importante de Florian e Gaudry (1980), Manheim (1980) e Morlok (1980) para o caso dos sistemas de transporte em geral, mas precisa ser melhor especificada para o caso dos estudos de capacidade do sistema viário.

A esse respeito, considerando um enfoque mais amplo para os estudos de capacidade e segundo os princípios de desempenho de sistemas, é desejável que se procure formalizar, como foi feito com a qualidade de serviço (TRB, 1985), os três efeitos resultantes da interação "demanda-oferta". Também, melhor caracterização e classificação de cada um desses efeitos devem ser desenvolvidas, não só em termos de componentes, como principalmente no nível da rede viária. A própria qualidade de serviço, tão estudada e investigada para componentes viários (Botha et al., 1994; Dowling, 1994; Roess, 1985; TRB, 2000), todavia apresenta abordagens alternativas que merecem ser mais bem discutidas como o uso de dados ati-

tudinais (Madanat et al., 1994) e a introdução de mais níveis de serviço a partir do nível F (Cameron, 1996; Baumgaertner, 1996). Em termos de redes viárias, esse conceito requer maior aprofundamento, conforme enfatizam várias pesquisas (Ardekani et al., 1992; Mahmassani et al., 1984; Turner, 1992; Williams et al., 1987).

Como este artigo insere o uso da capacidade viária em um ambiente mais amplo, isso é apresentado na figura 1 de maneira esquemática, com base numa adaptação e ampliação de Echenique e co-autores (1995), Manheim (1980) e Olszewski e Suchorzewski (1987). Percebe-se que, por um lado, as atividades socioeconômicas geram viagens distribuídas espacial e temporalmente que, de acordo com o processo de seleção modal, produzem fluxos de tráfego e uma conseqüente demanda por espaço viário. Por outro lado, essas atividades consomem espaço, parte do qual deve ser reservado para a infra-estrutura (*oferta*), de cuja interação com a *demanda* resultam os *efeitos*. Meyer e Miller (1984) sugerem que, em termos analíticos, primeiro se deve conhecer ou prever a *qualidade de serviço* para então se estabelecer os outros dois efeitos. Como seqüência, se sugere depois definir os *impactos ambientais* e por último os *recursos consumidos*, tudo isso de acordo com a natureza e objetivos do estudo de capacidade.

O quadro 1 sintetiza e relaciona as variáveis básicas envolvidas nesse contexto. Um nível mais detalhado aos efeitos é acrescentado, introduzindo o que denomina-se *aspectos* (outros autores os chamam de problemas, objetivos, impactos, políticas). Esses aspectos foram identificados, classificados e relacionados com os efeitos sobre os atores, tendo como base a consulta a alguns trabalhos existentes (Bell, 1995; Blessington, 1994; Brand, 1994; Echenique et al., 1995; Johnston et al., 1995; Jones e Hervik, 1992; May, 1992, 1994), entre os quais destacam-se os de Mackett (1994) e de Verhoef (1994).

Os aspectos selecionados e os respectivos subaspectos são:

- congestionamento — nas instalações viárias e de estacionamento;
- segurança — expressa pelos acidentes de trânsito em geral e pelos vinculados ao estacionamento de veículos;
- energia — consumo de combustível e energia;
- gastos públicos — em termos de orçamento financeiro, humano-metodológico-tecnológico e espaço público;
- ecologia — classificados em ruído, contaminação do ar-solo-água e intrusão visual;
- qualidade de vida — refletida por degradação e desagregação;

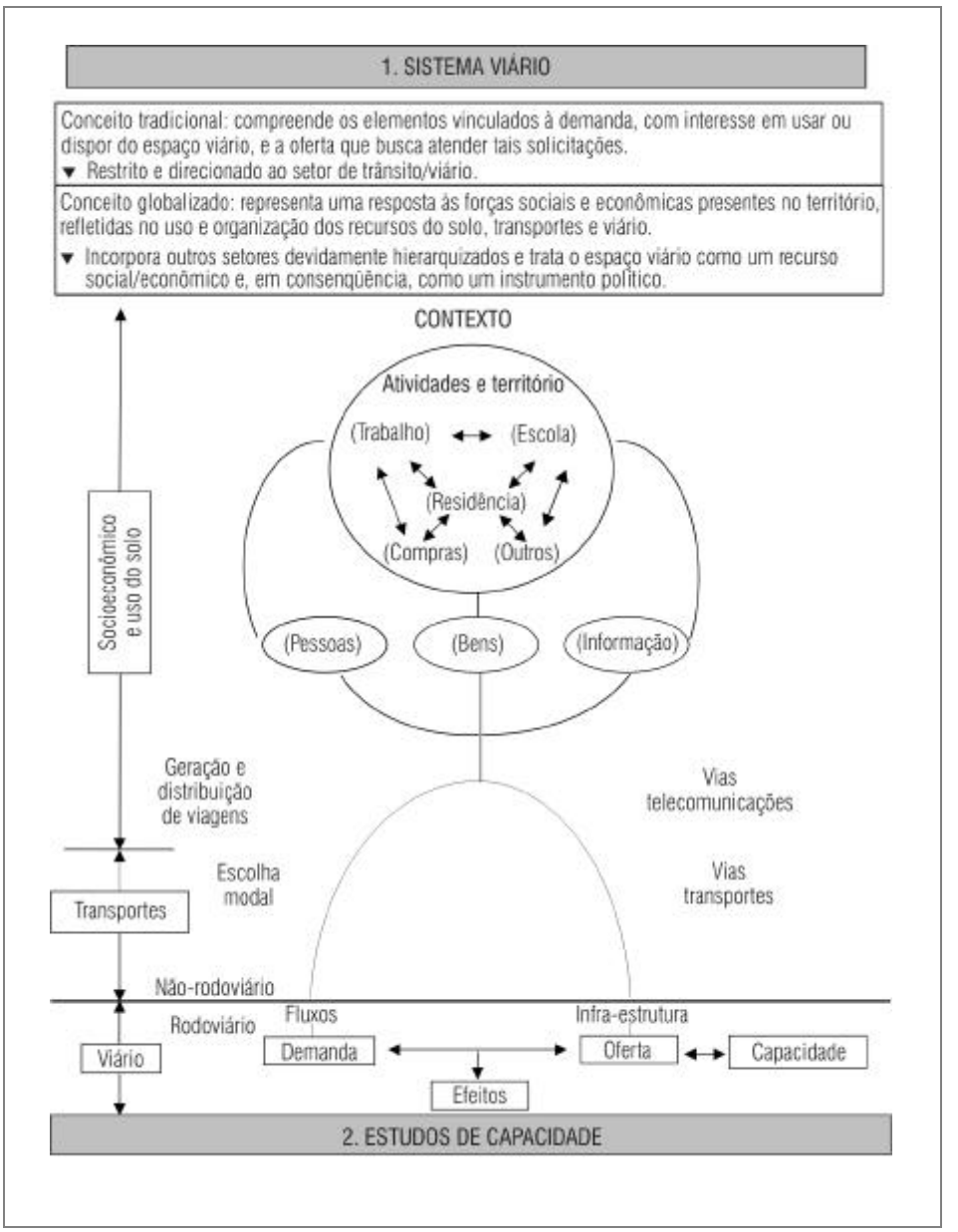
- eqüidade social — em termos de oportunidades de acesso promovidas pelo sistema viário.

Em relação ao trabalho de Verhoef (1994), considera-se o critério de organizar os sete aspectos (e subaspectos) de acordo com a natureza de sua principal fonte geradora, ou seja, em aspectos produzidos: pelo tráfego em movimento, pelo tráfego parado e pela existência e topologia da infra-estrutura viária (para a circulação e estacionamento do tráfego).

No quadro 1 nota-se que o tráfego em movimento contribui com um maior número de aspectos, apesar de não cobrir temas relevantes como os referentes ao congestionamento e acidentes relacionados ao estacionamento (função do tráfego parado), eqüidade social (relacionada à topologia da infra-estrutura viária) e ainda consumo de espaço público e intrusão visual (derivados do tráfego parado e da existência de infra-estrutura viária). Observa-se também que alguns aspectos — como o congestionamento — estão mais relacionados à qualidade de serviço, outros aos impactos ambientais — como ecologia, qualidade de vida e eqüidade social — e quase todos, direta ou indiretamente, aos recursos consumidos, enquanto os acidentes interferem em todos os três efeitos.

Figura 1

Capacidade e desempenho do sistema viário e sua inserção no ambiente socioeconômico/uso do solo



Quadro 1

Relação entre atributos, atores e aspectos associados
ao desempenho e à capacidade viária

Ator		Atributo	Aspecto gerado pelo																
↔			Tráfego em movimento							Tráfego parado					Infra-estrutura				
Sociedade		IA		F			F	F	F		m			F			F	F	F
Empresa		RC	F	F	F	F	m	m	F	m	m	F	F		F	F		m	F
Usuários		QS	F	F	F					F	F								
Aspecto	A	1	X																
		2								X									
	B	1		X															
		2									X								
	C				X														
	D	1				X						X			X				
		2											X			X			
	E	1					X												
		2						X											
		3												X			X		
	F	1							X										
		2																X	
	G																		X

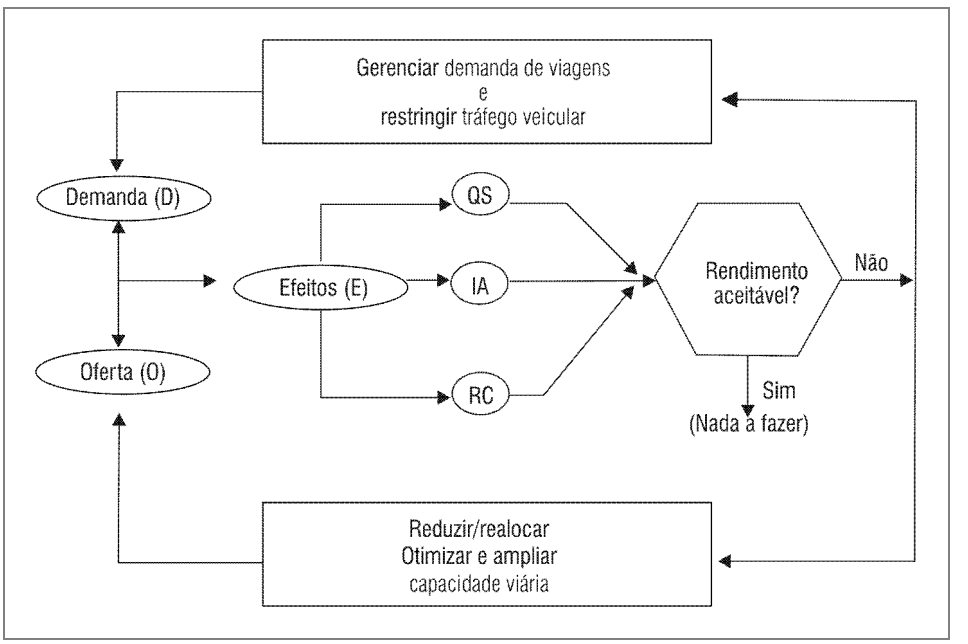
Convenção:
X — identificação do aspecto associado.
Atributos: IA — impactos ambientais; RC — recursos consumidos; QS — qualidade de serviço.
Relação: F — forte; m — média; em branco — débil/inexistente.
Aspectos: A — congestionamento, A.1 — vias, A.2 — estacionamento; B — segurança, B.1 — acidentes de trânsito, B.2 — acidentes relacionados ao estacionamento de veículos; C — energia, consumo de combustível e energia; D — gastos públicos, D.1 — financeiro/orçamentário e humano-metodológico-tecnológico, D.2 — espaço público; E — ecologia, E.1 — ruído, E.2 — contaminação do ar-solo-água, E.3 — intrusão visual; F — qualidade de vida, F.1 — degradação, F.2 — desagregação; G — eqüidade social.

3. Interação entre demanda e oferta viária: apoio à tomada de decisão

O estudo de capacidade, ao proporcionar o desempenho do sistema viário, representa um instrumento de *tomada de decisão* quanto à existência, magnitude e natureza do problema de tráfego e de *ação* quanto à definição das soluções potencialmente indicadas. Tendo em vista que o desempenho é derivado da interação entre a demanda (D) e a oferta (O), essas podem ser consideradas como as unidades de atuação no sistema viário, como, por exemplo, foi feito por May (1994), quando esquematizou a relação entre os problemas e soluções para o sistema viário urbano principal. No caso dos estudos de capacidade, inseridos em um contexto mais amplo, essa relação pode ser representada por meio da figura 2, como uma ferramenta que permite intervir na demanda e oferta, buscando seu equilíbrio e um nível de desempenho sintonizado com os interesses sociais.

Figura 2

Desempenho viário e sua relação com as intervenções potenciais



Diversos trabalhos se interessaram por estabelecer medidas de melhoria tipicamente adotadas nos sistemas de transportes e tráfego (Amstrong-Wright, 1986; Arnold, Jr., 1993; Bell, 1995; Bibier et al., 1994; Deakin, 1989; Herald, 1978; Johns-

ton et al., 1995; Jones e Hervik, 1992; Mackett, 1994; May, 1992, 1994; Rathi e Lieberman, 1989; Strickland e Berman, 1995). Com base nessa literatura e tendo como contexto os estudos de capacidade, as possíveis intervenções são classificadas em seis grandes grupos. Os dois primeiros associados à demanda e os demais à oferta viária podendo ser tratada de acordo com as necessidades do tráfego em movimento e parado/estacionado, conforme indicações de Bell (1995); Olszewiski e Suchorzewski (1987) e Verhoef (1994) (ver quadro 2).

Quadro 2

Medidas típicas de melhoria associadas aos estudos de capacidade viária

DEMANDA	Gerenciar a demanda de viagens alterando o seu comportamento com intervenções, normalmente de caráter positivo, feitas em sistemas e setores mais abrangentes que o viário. Melhorar os serviços das *telecomunicações* substituindo as viagens de transporte. Implementar estratégias *socioeconômicas* e de uso do solo: s reescalonamento de horários — minimizando os picos; s planejamento e controle do uso do solo — incentivando uma distribuição mais racional das atividades (reduzindo, então, a concentração espacial da demanda) e distâncias menores de viagens (fornecendo-se condições mais favoráveis ao uso dos transportes não-motorizados). Prover, promover, subsidiar, integrar, melhorar o serviço e ampliar a capacidade dos modos de *transportes* de maior eficiência social: *não-motorizados* e *coletivos*. Restringir o tráfego veicular buscando modificações significativas no uso do automóvel quanto ao número, modo, horário, itinerário e destino das viagens. Restrição à *aquisição* do automóvel — elevando preço ou exigências de compra (necessidade de vagas de estacionamento). Restrição ao *uso* do automóvel: s racionamento ou aumento de preço do *combustível*; s racionamento da *circulação* do veículo (placas pares — ímpares x dias pares — ímpares, por exemplo); s *pedágio* ou *demora* para o tráfego em movimento; s *tarifa de estacionamento* e repressão ao estacionamento ilegal (policiamento e valor da multa/burocracia para liberação do veículo apreendido).

continua

OFERTA	Reduzir a capacidade viária diminuindo o espaço físico destinado à circulação e estacionamento do tráfego. *Traffic calming* — compatibilizando os padrões operacionais do tráfego com apropriados níveis de qualidade de vida. *Redução* da *oferta* de *estacionamento*. Realocar a capacidade viária de forma seletiva e direcionada para os grupos de usuários mais importantes ou retirando destes e destinando à comunidade. Entre grupos de usuários: s vias exclusivas para pedestres e ciclovias (do tráfego motorizado para o não-motorizado); s faixas exclusivas para ônibus, prioridade para os ônibus nos semáforos, retirada dos estacionamentos nos itinerários de ônibus, restrição do estacionamento em áreas críticas e fornecimento de *park-ride* (do automóvel para o transporte coletivo); s central de fretes na periferia (dos caminhões de grande porte/vazio para os pequenos/cheio); s faixas exclusivas e áreas de estacionamento para os automóveis de alta ocupação (do automóvel com baixa ocupação para o de alta); s rotatividade nos estacionamentos (do usuário com propósito de longa duração para o de pequena/média duração). Dos usuários para a sociedade: s controle de acesso do tráfego de passagem em vias locais de áreas estabelecidas como ambientais, de acordo com a hierarquização viária e as funções das vias; s reserva de vagas de estacionamento para os moradores. Otimizar a capacidade viária aproveitando da melhor forma possível a infra-estrutura viária existente — em termos espaciais, temporais e de instalações. Aumentar a capacidade viária pela construção de novas ou ampliação das instalações existentes, bem como do fortalecimento da infra-estrutura administrativa. Construção de novas vias e áreas de estacionamento. Implantação de faixas de rolamento (vias) ou vagas (estacionamento) adicionais. Capacitação da administração do trânsito para cumprir suas atribuições - orçamento, equipe, informações e tecnologia/metodologia.

Seguindo o enfoque integrado, que considera o uso combinado e complementar das medidas e a exemplo de May (1992) para o sistema de transportes, o quadro 3 traz algumas características e relações com as decisões de caráter locacional e sobre as viagens (em termos de freqüência — existência, modo, destino, horário, itinerário, ocupação) (Hills, 1993; Mackett, 1994; Willumsen et al., 1993). Nota-se que as medidas de otimização da oferta viária são as que apresentam maior propensão de reforçar as demais, entretanto, seu alcance é limitado, requerendo o emprego de medidas mais efetivas, dentro de uma estratégia integrada que potencialize os benefícios e aproveite suas especificidades. Entre as diferentes características se constata, por exemplo, que as medidas de redução ou de otimização da capacidade consideram intervenções no próprio sistema viário, o qual tende a representar condições mais diretas de implantação, entretanto, as demais têm atuações exclusivamente em

sistemas e setores externos ao viário (como a gerência da demanda) ou de forma combinada no sistema viário e em outros que o transcendam. Verifica-se que a gerência da demanda e a ampliação da oferta viária, devido a suas naturezas, tendem a envolver um maior esforço em termos de custo e tempo de implementação. Todas as medidas se aplicam ao caso urbano, sendo que para o caso rural as mais indicadas são as de gerência da demanda, assim como as de otimização e de ampliação da oferta viária.

Quadro 3

Algumas características e relações referentes às medidas típicas dos estudos de capacidade viária

Âmbito de atuação do sistema viário		Medidas →		Demanda		Oferta				Tendências de custo e horizonte de implantação			Meio	
Interno	Externo			A	B	C	D	E	F	Baixo	Médio	Alto	Urbano	Rural
	X	DEMANDA	Gerência (A)		@	@	@				X	X	X	X
X	X	DEMANDA	Restrição (B)	@			@			X	X		X	
X		OFERTA	Redução (C)	@	@		@		@	X	X		X	
X	X	OFERTA	Realocação (D)	@	@			@	@	X	X		X	
X		OFERTA	Otimização (E)	@	@	@	@		@	X	X		X	X
X	X	OFERTA	Aumento* (F)	@	@	@	@				X	X	X	X
Locacional				X					X	Tipos de decisão (locacionais e de viagem) potencialmente influenciados pelas medidas indicadas				
Freqüência/existência da viagem				X	X	X	X		X					
Modalidade				X	X	X	X		X					
Horário				X	X			X						
Destino				X	X		X	X						
Itinerário					X	X	X	X						
Ocupação							X							

Convenção: X — presença da relação com a medida; @ — medida da esquerda pode reforçar medida da coluna.
* O fortalecimento da infra-estrutura administrativa, quando necessário, complementa todas as demais medidas.

4. Caracterização da oferta viária

A oferta viária tem como característica mais visível sua dimensão *física*, a qual está presente desde a primeira versão do *HCM* (1950), entretanto, somente em 1985, já em sua terceira edição, é que o *HCM* explicita a interferência das condições de *controle* na capacidade (Roess, 1985), em especial no meio urbano. Essas são as duas características da oferta usadas mais freqüentemente, como se fez na modelagem desenvolvida por Olszewski e Suchorzewski (1987).

À medida que se amplia o contexto dos estudos de capacidade, outras dimensões da oferta viária necessitam ser contempladas. Wackrill e Wright (1992) afirmam que a capacidade de uma "rede viária" (e não mais componentes simplesmente isolados), por não ser uma quantidade fixa, não é determinada inteiramente por apenas essas duas características. Depende também da forma como é usado o espaço viário e do padrão de rotas selecionado pelos usuários. Outras duas características são introduzidas: a *topológica* e a de *uso* dado ao espaço viário, no caso denominado "sistema de circulação". Como além da circulação, o espaço viário também deve atender às necessidades de estacionamento (Olszewski e Suchorzewski, 1987; TRB, 1992) se sugere que seja incorporado ao conceito de *uso*, no que se refere ao tráfego motorizado. Um exemplo dessa apropriação do espaço viário se dá em Bordeaux, França (Jones e Hervick, 1992), cuja proposta recente designa 25% da rede viária para o tráfego motorizado, 25% para o transporte público e veículos de entrega e 50% para os pedestres e ciclistas (com as vias sendo reformuladas paisagisticamente).

Diretrizes de desenho geométrico (Blue-Red Books unificados em 1984 — American Association of State Highway and Transportation Officials, 2000) e estudos de planejamento viário — como alguns desenvolvidos na Espanha e particularmente na Catalunha (Sarmiento e Robusté, 1992; Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 1992) — empregam, além da geometria, o controle operacional e a topologia da rede, outro critério: *hierarquização funcional*. Outros autores também reforçam esse critério, como Vallejo (1995), Landman (1992) e Machemehl e Ward (1992), que pode ser considerado como central para a articulação de uma rede (Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 1992).

Todas essas características viárias estão relacionadas ao nível metodológico, que para ser devidamente aplicado requer suporte institucional-organizacional do setor do trânsito. Portanto, se pode então enfatizar que a infra-estrutura *administrativa* forma parte do processo de provisão de oferta de serviços e é um elemento fundamental para uma oferta de capacidade viária adequada. Apesar de sua relevância, em especial no caso dos países em desenvolvimento — com órgãos de trânsito ainda em formação e muitas vezes não devidamente preparados para empregar as técnicas disponíveis — essa característica não tem sido explicitada nos estudos de capacidade

viária e de tráfego, sendo melhor considerada nos trabalhos dirigidos para a área de políticas públicas (Portugal, 1993).

Embora a capacidade dependa de vários fatores, incluindo a própria educação e habilidade de seus usuários e da polícia de trânsito (Olszewski e Suchorzewski, 1987), neste artigo se sugere que a capacidade seja considerada como um atributo da oferta viária resultante não somente das características *físicas* e de *controle*, como também das de *uso* (circulação e estacionamento), *hierarquização funcional, topológica e administrativa.*

O quadro 4 apresenta, de forma esquemática, a relação entre os tipos de oferta viária (primeira coluna) e o nível, a natureza e o tipo de atuação, assim como com seu alcance e meio. Como a infra-estrutura *administrativa* se encontra em uma esfera institucional-organizacional, presume-se que está presente em todas as instâncias metodológicas, não sendo, então, explicitada para as demais características. Nota-se que as dimensões *físicas* e de *controle* são mais direcionadas para fins de dimensionamento e questões operacionais, enquanto as outras três *(uso, hierarquização* e *topologia)* são mais empregadas nas etapas de conceituação e de planejamento (estratégico e tático) do sistema viário, assim como se aplicam fundamentalmente para as redes e não para componentes viários. Todas as dimensões são adotadas na análise da oferta viária nos meios urbano e rural, com exceção do *uso* que tende a ser mais aplicado para o caso urbano, devido a maior diversidade de interações (muitas vezes conflituosas) e grupos de usuários presentes na apropriação do espaço viário.

Quadro 4

Tipos de oferta viária e algumas características

Tipos de oferta	Características										
	Nível de atuação		Natureza da atuação		Abrangência viária		Tipo de atuação			Meio	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Física — estabelece as dimensões geométricas dos componentes e, conseqüentemente, de todo o sistema viário.		X		X	X	X		X	X	X	X

continua

Tipos de oferta	Características										
	Nível de atuação		Natureza da atuação		Abrangência viária		Tipo de atuação			Meio	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Controle — representa os dispositivos (por exemplo, semáforos) e políticas (por exemplo, preço) de controle impostos aos usuários do sistema viário.		X		X	X	X		X	X	X	X
Uso — define como o espaço viário será usado em termos de necessidades: modais (não-motorizado x motorizado), operacionais (circulação x estacionamento) e dos grupos dos usuários.		X	X			X	X	X	X	X	
Hierarquização viária — especializa o serviço da rede viária, compatibilizando os padrões operacionais com as funções das vias, que devem estar sintonizadas com o ambiente.		X	X			X	X	X		X	X
Topológica — determina a maneira como os vários *links-nós* estão conectados, definindo o potencial de rotas alternativas e os respectivos padrões de acessibilidade e conectividade, que devem ser derivados e compatíveis com o modelo territorial desejado pela sociedade.		X	X			X	X			X	X
Administrativa — representa o suporte financeiro, humano, de informação disponível, dentro de um ambiente organizacional integrado, para a aplicação das técnicas e métodos apropriados, bem como planejar e organizar o espaço viário de acordo com os interesses sociais.	X										

X — relação com o tipo de oferta de transporte.

1. institucional/organizacional; 2. metodológico; 3. concepção; 4. dimensionamento; 5. componente-local; 6. rede; 7. estratégico; 8. tático; 9. operacional; 10. urbano-metropolitano; 11. regional.

Tendo como referência esse contexto, pode-se também ampliar os objetivos dos estudos de capacidade que tipicamente têm contemplado a otimização dos serviços prestados aos usuários e normalmente a nível local. O quadro 5 estabelece esses objetivos, apresentados em ordem decrescente em amplitude, e sua relação com o tipo de oferta viária.

Quadro 5

Oferta viária e seus objetivos

Oferta viária	Objetivos dos estudos de capacidade
Administrativa →	*Fortalecimento da administração pública* — pessoal, orçamento, informações — para cumprir com as suas atribuições, bem empregar as técnicas disponíveis e incentivar a participação social.
Topológica →	*Estruturação do espaço socioeconômico,* buscando eqüidade de oportunidades de acesso e uma distribuição mais racional das atividades e assentamentos humanos.
Hierarquização viária →	*Integração entre os usos da via e do solo adjacente* (até porque a via não deixa de ser um tipo de uso do solo), tendo como referência as áreas ambientais das quais deriva-se uma hierarquização viária com funções e padrões operacionais compatíveis com níveis apropriados de qualidade de vida e ambiental.
Uso → / Controle →	*Equilíbrio na apropriação do espaço viário,* em sintonia com os interesses sociais e de acordo com os segmentos da demanda (necessidades modais e operacionais) e sua distribuição. s *Necessidades modais* — transporte não-motorizado e motorizado. s *Necessidades operacionais* — circulação e estacionamento do tráfego. s Distribuição entre os subsistemas viários (local, coletor e principal). s Distribuição espacial (subárea e itinerário). s Distribuição temporal.
Física →	*Otimização dos interesses dos usuários do espaço viário.* *Global* — toda a rede viária. *Local* — componentes viários isolados.

5. Níveis de aplicação e análise

Os estudos de capacidade deveriam ser delineados a partir desse contexto mais amplo e dos novos elementos considerados, conforme suas aplicações e níveis de análise.

No que se refere às aplicações dos estudos de capacidade, o *Highway capacity manual* considera três: análise operacional, projeto e planejamento.

Na primeira, se conhecem ou se assumem como conhecidas as características da demanda e oferta viária, identificando-se a *qualidade do serviço* resultante. Essa é a análise *qualitativa*, podendo se usar alternativamente o que denominaremos análise *quantitativa,* quando se quer determinar a "demanda" que pode ser atendida por uma instalação viária (oferta), segundo uma dada qualidade de serviço.

Tanto a segunda como a terceira aplicação têm o mesmo propósito: determinar a "oferta" viária para atender a demanda, segundo uma certa qualidade do serviço. A diferença entre elas reside na maior precisão e grau de detalhe do projeto em relação ao planejamento.

Para tanto, para os três elementos de análise de capacidade, empregados no *HCM*: demanda, oferta e qualidade do serviço, em cada aplicação se pretende determinar um deles, considerando-se os outros dois como conhecidos. No caso da oferta, como o *HCM* contempla para alguns componentes além da geometria também o controle, ela é subdividida em dois, passando-se a ter quatro elementos de análise e adotando-se a mesma abordagem de análise (um elemento a determinar e os outros três como conhecidos).

Considerando-se o contexto mais compreensivo para os estudos de capacidade, recomenda-se, de acordo com os objetivos do estudo, que sejam contemplados:

- como efeito, além da qualidade do serviço, também os impactos ambientais, assumindo-se que os recursos consumidos são considerados implicitamente nos estudos de viabilidade econômico-financeira;

- como oferta, além das características físicas e de controle, também as relacionadas às dimensões administrativas e de concepção. A primeira associada à escala institucional (no caso de cidades e regiões cujo órgão responsável pelo setor de trânsito não está devidamente estruturado) e a segunda ao técnico-metodológico. A dimensão da oferta que reflete a concepção a ser adotada no sistema viário tende a ser mais relevante nas redes que nos com-ponentes viários isolados. Ela reúne as características topológicas, de hierarquização viária e de uso, sendo normalmente as duas primeiras direcionadas para os meios urbano e rural, entretanto, a terceira é mais enfatizada no contexto urbano.

Dessa maneira, tem-se um total máximo de sete elementos de análise: demanda, oferta física, oferta de controle, oferta administrativa, oferta de concepção, qualidade do serviço e impacto ambiental, tal como mostra o quadro 6.

Quadro 6

Tipos de aplicação dos estudos de capacidade e elementos de análise

Aplicações			Elementos						
			Demanda	Oferta				Efeito	
				Física	Controle	Administrativa	Concepção	Qualidade de serviço	Impacto ambiental
1. Análise operacional	Qualitativa	Qualidade de serviço						*@ (HCM)*	
		Impacto ambiental							@
	Quantitativa		*@ (HCM)*						
2. Projeto 3. Planejamento	Oferta física			*@ (HCM)*					
	Oferta controle				*@ (HCM)*				
	Oferta administrativa					@			
	Oferta concepção						@		
Meio	Urbano	X	X	X	X	X	X	X	X
	Rural	X	X		X	X	X	X	X
Abrangência viária	Componentes isolados	X	X	X	X	X		X	X
	Redes	X	X	X	X	X	X	X	X

Convenção: @ — elemento a ser determinado pela aplicação, enquanto os demais são conhecidos ou assume-se como tal (acrescenta-se o *HCM* nos casos considerados por ele);
X — indica as condições potencialmente recomendadas para considerar o elemento na análise de capacidade.

Em relação aos níveis de análise dos estudos de capacidade, o *Highway capacity manual*, em suas duas primeiras versões, dirige sua cobertura para as rodovias e interseções semaforizadas, contemplando, nas edições seguintes (a partir de 1985), um maior número de instalações viárias, como as interseções com prioridade e as relacionadas aos pedestres, ciclistas e transporte coletivo. Já na última edição (2000), acrescentam-se as análises de corredor e área, combinando os efeitos de diferentes tipos de facilidades, apesar do destaque ainda ser dado ao tratamento de apenas alguns componentes viários, destinados principalmente a atender as necessidades de circulação, em detrimento das de estacionamento.

Também o manual de capacidade alemão (Brilon, 1994), apesar de usar abordagens e parâmetros próprios específicos para a realidade do país, considera fundamentalmente os mesmos componentes viários que o *HCM*: vias, rampas e trechos de cruzamento, interseções semaforizadas e com prioridade, transporte público (aproveita a concepção do *HCM*, combinando-a com observações locais — Brilon, 1994), pedestres (ainda que os problemas de capacidade para os pedestres não sejam predominantes, tem-se introduzido padrões de níveis de serviço, com base em Brilon, 1994). Quanto aos ciclistas, a capacidade não está sendo considerada como um fator importante, mas sim os aspectos de segurança nos projetos e na operação.

Na Austrália (Troutbeck e Akçelik, 1994), com base nas investigações no desenvolvimento naquele país, os estudos de capacidade viária estão cobrindo os seguintes temas: interseções semaforizadas, rotatórias e outras interseções com prioridade, semáforos atuados por veículos, controle dinâmico dos semáforos, interação pedestre-veículo, vias arteriais, vias rurais, autopistas, *shopping centers* e análise de redes, esses dois aspectos demonstrando um incremento de "escopo" considerado até agora. No caso dos *shopping centers* (Le e Young, 1994), é dado destaque ao projeto de estacionamentos, que tem sido pouco tratado nas abordagens tradicionais de capacidade. Para a análise de rede (Taylor et al., 1991), desenvolveu-se um modelo para sistemas de tráfego e estacionamento nas áreas centrais das cidades.

Assim, de maneira geral, dentro do domínio existente nesse campo de conhecimento, observa-se uma tendência das metodologias para o estudo da capacidade segundo uma concepção mais global e integrada. As abordagens enfatizadas contemplam redes de componentes viários e suas interações. Ademais, essas tentativas são usualmente isoladas, não encontrando uma sistematização do conhecimento nesse setor, tal como ocorreu com o *HCM* para os componentes viários.

Este artigo classifica o estudo de capacidade em cinco níveis de análise, segundo uma seqüência crescente na amplitude e complexidade: componente viário; rede viária aberta; rede viária fechada; rede viária como instrumento de estruturação do espaço socioeconômico e infra-estrutura administrativa. O primeiro e parte do segundo nível refletem abordagens mais usuais e tradicionais, enquanto os demais

contemplam desenvolvimentos mais recentes, não necessariamente no campo teórico, como aplicação e também no caso dos países em desenvolvimento.

Nível I — componente viário

A análise de capacidade se restringe a cada componente viário. Dessa forma, se estuda detalhadamente cada componente (ou no máximo um conjunto restrito deles), mas de modo isolado não considerando as interações em uma compreensão mais global. Tal abordagem representa o tratamento primário em qualquer estudo de capacidade, sendo necessário a todos os demais níveis de análise, mas não suficiente.

Os componentes do sistema viário se destinam basicamente a atender as necessidades do tráfego em movimento (em circulação) e parado (estacionado). No caso dos componentes de circulação, esses podem ser também subdivididos em duas categorias (TRB, 1985):

- *fluxo contínuo* — quando não tem elementos fixos, como os semáforos, externos à corrente de tráfego, que causam interrupções ao fluxo. As condições do fluxo de tráfego são resultantes de interações entre veículos na corrente de tráfego, assim como entre veículos e características geométricas e ambientais da via. As vias expressas e seus elementos operam sob a mais pura forma de fluxo continuo.
- *fluxo descontínuo* — quando tem elementos causando interrupções periódicas ao fluxo de tráfego, incluindo semáforos, sinais de pare e outros dispositivos de controle. Esses serviços causam paradas ao tráfego, independentemente da quantidade do tráfego existente.

No caso dos estacionamentos e paradas (Portugal, 1993), eles são geralmente componentes destinados ao armazenamento do tráfego, o que pode se dar nas próprias vias públicas ou por meio de instalações construídas com esse propósito (como são as garagens, áreas de estacionamento e terminais). No caso das vias públicas, os espaços destinados ao armazenamento de veículos recebem diferentes denominações, de acordo com o tipo de veículo atendido e a função desempenhada: zonas de estacionamento destinadas fundamentalmente aos automóveis e veículos de passeio; zonas de carga e descarga destinadas aos caminhões e veículos de transporte de mercadorias e bens; pontos de parada de ônibus (táxis etc.) destinados ao embarque e desembarque de passageiros do veículo.

Essa classificação feita a partir da bibliografia disponível (especialmente TRB, 1985; Portugal, 1993), não deve ser considerada como algo rígido. Ao contrário, deve ser compreendida como um intento de sistematizar os diferentes compo-

nentes viários presentes em estudos de capacidade e de prover um guia para este trabalho.

Uma abordagem que trata os estudos de capacidade de componentes viários de forma mais completa e sistemática é a do *Highway capacity manual* (TRB, 2000), como já foi citado anteriormente, contemplando grande parte dos equipamentos para a circulação do tráfego (em especial os de fluxo contínuo). Assim mesmo, alguns componentes não dispõem de uma metodologia de análise explícita e completamente definida, como ocorre com as estradas rurais de duas pistas com velocidades de projeto inferior a 96km/h (Botha et al., 1994).

Quanto aos componentes relacionados aos estacionamentos e paradas, entretanto, não se dispõe de uma publicação do mesmo porte do *HCM*, documentando de modo sistemático e amplo as metodologias disponíveis. Para esses componentes, existem investigações de interesse porém de caráter mais geral (Highway Research Board, 1971; Weant e Levinson, 1990), isoladas e de fontes dispersas de conhecimento, não se sabe de recomendações metodológicas respaldadas por instituições destacadas no cenário internacional.

Nessas condições, torna-se importante sistematizar o conhecimento para o estudo de capacidade dos componentes, ainda que não devidamente cobertos, nos moldes do que foi feito pelo *HCM*.

Nível II — rede viária aberta

Investigações destinadas ao desenvolvimento de métodos para estimar a capacidade de interseções e de outros componentes da rede têm sido enfatizadas. Também, observa-se que os estudos de capacidade normalmente abordam as questões locais e isoladamente, perdendo-se a visão do conjunto e suas implicações.

Assim, em um plano inicial, se trata a capacidade não só para cada componente, senão para toda a rede, considerando-se que o ótimo local não necessariamente é o global.

Em um segundo plano, entendendo o espaço viário como um bem limitado, busca-se aproveitá-lo conforme uma política dada e certas prioridades. Nesse processo, a capacidade viária é concedida dentro de uma concepção integrada e balanceada: temporais (períodos de pico e seu alargamento por meio de ajustes do perfil temporal da demanda); espaciais (estabelecendo as seções de estrangulamento e os itinerários/áreas críticos — por meio do conceito dos cortes mínimos); funcionais (equilíbrio entre as capacidades dos distintos subsistemas viários: locais, coletores e principais); e também em termos de necessidades operacionais do tráfego (circulação e estacionamento dentro e fora da via); e modais (transportes não-motorizado e motorizado, individual e coletivo — a unidade de análise é a pessoa e não o veículo).

Em ambos os casos, a preocupação principal do estudo de capacidade é a eficiência de aproveitamento do espaço viário por seus usuários (atuando e interagindo com outros sistemas que transcendem o viário, como por exemplo, o socioeconômico e o de transportes). Por isso, essas redes são denominadas "abertas" aos interesses dos usuários de trânsito. Deve se reforçar esse propósito tendo em conta que muito poucos estudos visam ao estabelecimento da capacidade global do tráfego em uma rede viária.

Nível III — rede viária fechada

O conceito de redes viárias "fechadas", apesar de ser antigo (Moretti, 1992), é implementado de forma bastante tímida (Jones e Hervick, 1992; Landmann e Portugal, 1991; May, 1986; Poyares, 2000; Williamson, 1990).

Neste nível, o espaço viário é definido como um recurso que, além de escasso, pertence a toda a sociedade. Para tanto, o recurso viário não deve ser usado de forma "aberta" à otimização do tráfego, mas sim de maneira seletiva em sintonia e subjugado aos interesses da comunidade, ou seja, essas redes são conceituadas como "fechadas" ao tráfego, se necessário à preservação dos interesses da população.

O estudo de capacidade viária deve estar inserido em um contexto mais amplo e servir de instrumento para viabilizar políticas públicas, como as relacionadas à qualidade de vida. Isso acontece por meio de: integração entre os usos viários e do solo (inclusive porque a via também é um tipo de uso do solo) por uma *hierarquização* viária de acordo com a proteção das áreas ambientais e com atividades cuja contigüidade deve ser preservada, e/ou a restrição parcial ou total do acesso do tráfego a determinadas áreas. Essa análise se orienta fundamentalmente até o contexto urbano, onde essa concepção tende a ser mais indicada.

Nível IV — rede viária como instrumento de estruturação do espaço socioeconômico

Aqui, há uma concepção similar à apresentada anteriormente considerando-se o espaço viário como um recurso social e que deve ser usado como uma ferramenta de apoio às políticas públicas, só que contemplando objetivos ainda mais amplos como distribuição da renda, justiça social, eqüidade e organização racional do território. Para isso, se emprega a capacidade estruturadora da infra-estrutura viária no espaço socioeconômico, por meio de suas propriedades e características. Ou seja, se busca direcionar os efeitos das redes viárias — acessibilidade, conectividade e das relações espaço-tempo-custo — no território, com o propósito de potencializar a articu-

lação e integração dos assentamentos humanos e de suas atividades socioeconômicas.

Apesar desses conceitos existirem há décadas, todo seu potencial de análise não é aproveitado devidamente, conforme afirmam Izquierdo e Monzón (1992). No contexto urbano, em especial em cidades de países em desenvolvimento pouca coisa tem sido feita nesse nível de análise. Suas características (grande extensão territorial, crescimento populacional acelerado, significativa concentração de renda e infra-estrutura, sistema viário radial repercutindo desequilíbrio de acessibilidade) aumentam a necessidade de se empregar essa capacidade de estruturação socioeconômica do sistema viário. Deve-se destacar que essa rede é tipicamente adotada na esfera do planejamento, devendo ser derivada de um modelo territorial desejado pela sociedade, assegurando-se uma sintonia entre as dimensões política e física.

Nível V — infra-estrutura administrativa

Neste nível, a infra-estrutura administrativa é parte do processo de dotação de oferta de serviços e um elemento fundamental a uma adequada oferta de capacidade viária, derivada do uso apropriado das metodologias disponíveis e do bom uso dos recursos públicos, como é o espaço viário. Para tanto, se considera que para a devida aplicação metodológica (associada aos níveis I, II, III e IV), a administração deve estar bem preparada nos campos institucionais e organizacionais.

O quadro 7 sintetiza esses conceitos e estabelece uma base conjunta entre eles, que pode ser útil para futuros avanços. Nota-se que, nos moldes do *HCM*, muita coisa necessita ser feita, para sistematizar o conhecimento dos estudos de capacidade, segundo os diferentes níveis de análise aqui propostos. Verifica-se também que entre os objetivos estabelecidos — de acordo com uma concepção mais global e integrada — só o relacionado à "otimização dos interesses dos usuários" é coberto de maneira formal, faltando fazer o mesmo para os demais.

Quadro 7

Níveis de análise da capacidade, oferta viária e objetivos dos estudos de capacidade

	Fortalecimento da administração pública
	Estruturação do espaço socioeconômico
	Integração dos usos do solo e viária
para o	Equilíbrio das necessidades modais e operacionais (circulação x estacionamento)
o)	Equilíbrio temporal/espacial/subsistemas viários
	Otimização dos interesses dos usuários

Tipo de oferta	Níveis de análise	Abordagem sistematizada							
		Sim	Não						
Física	I — Componente viário			X					
	s Fluxo contínuo	X							
	s Fluxo descontínuo	X							
	s Estacionamento		X						
Controle	II — Rede aberta		X	X	X	X			
Uso	III — Rede fechada		X			X	X		
Hierarquização									
Topológica	IV — Rede estruturante do espaço socioeconômico		X					X	
Administrativa	V — Infra-estrutura administrativa		X						X

X — relação entre os elementos considerados.

6. Conclusões

Os estudos de capacidade viária representam uma ferramenta fundamental na melhora do rendimento do sistema viário, entretanto, pode-se aproveitar melhor suas potencialidades, ampliando-se seu contexto de análise, inserindo-o em uma concepção mais global e integrada, em conformidade com a tendência observada nos estudos de transportes e na boa prática disponível.

Este artigo contribui nessa direção, sugerindo alguns princípios e diretrizes. Também proporciona, com base na revisão bibliográfica e em nossa experiência, aspectos e relações que devem ser contemplados nesse processo e que formam um quadro útil de informação, no qual se recomenda: tipos de efeitos (seção 2); medidas de melhora do tráfego (seção 3); cate-

gorias de oferta viária (seção 4); objetivos (seção 4); aplicações (seção 5) e níveis de análise (seção 5) mais amplos para os estudos de capacidade viária.

Devido à amplitude e complexidade do tema, esta é uma pequena contribuição e um guia para a discussão e futuros aprofundamentos e aperfeiçoamentos. Os limites práticos de uma formalização e sistematização plenas deste campo de atuação, pelo menos a curto prazo, são reconhecidos. Não obstante, essa referência demonstra o esforço requerido e permite a definição de estratégias para novas investigações, que devem ter no *HCM* um bom exemplo a seguir.

Deve-se destacar também que, dentro dessa concepção mais compreensiva e integrada ao processo de tomada de decisão, se enfatiza a importância de abordar os estudos de capacidade não só para os componentes, mas também em termos de rede. Nessas condições, deve-se introduzir formalmente — como já foi feito com a qualidade do serviço — os impactos ambientais nas análises de desempenho do sistema viário, e também incorporar outras dimensões da oferta como as de natureza topológica, hierárquica e de uso, relevantes nas fases de concepção e planejamento viário, embora enfatizando a necessidade de se dispor de uma infra-estrutura administrativa, nas esferas institucional e organizacional, devidamente capacitada. Sem ela, não se aproveita adequadamente o conhecimento gerado em termos de formação de pessoal especializado e de produção de técnicas apropriadas.

Referências bibliográficas

ALLEN, W. B.; LIU, D.; SINGER, S. Accessibility measures of U.S. metropolitan areas. *Transportation Research*, v. 27B, n. 6, p. 439-449, 1993.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). *A policy on geometric design of highways and streets.* Washington, DC: AASHTO, 2000.

AMSTRONG-WRIGHT, A. T. Road pricing and user restraint: opportunities and constraints in developing countries. *Transportation Research,* v. 0A, n. 2, p. 123-127, 1986.

ARDEKANI, S. A.; WILLIAMS, J. C.; BHAT, S. Influence of urban network features on quality of traffic service. *Transportation Research Record,* Washington, DC, n. 1.358, p. 6-12, 1992.

ARNOLD, JR., E. D. Evaluation of congestion-reducing measures used in Virginia. *Transportation Research Record,* Washington, DC, n. 1.404, p. 4-7, 1993.

ASSOCIATION OF SWEDISH AUTOMOBILE MANUFACTURERS. *Traffic and transport in Sweden towards the year 2010 — environmental and socio-economic realities and consequences.* Stockholm, 1990.

BAUMGAERTNER, W. E. Levels of service-getting ready for the 21st century. *ITE Journal,* Washington, DC, p. 36-39, 1996.

BELL, M. G. H. Solutions to urban traffic problems: towards a new realism. *Traffic Engineering and Control*, v. 36, n. 2, p. 78-81, 1995.

BIBIER, A.; FERRY, B.; TEXIER, P.-Y. Innovations in road systems and their anticipated impact on urban development in the years 2000-2020. *Flux*, n. 17, p. 41-53, Jul./Set. 1994.

BLESSINGTON, H. K. Approaches to changing modal split: a strategy and policy context. *Traffic Engineering and Control*, v. 35, n. 2, p. 63-67, 1994.

BOTHA, J. L.; SULLIVAN, E. C.; ZENG, X. Level of service of two-lane rural highways with low designs speeds. *Transportation Research Record,* Washington, DC, n. 1.457, p. 17-25, 1994.

BRAND, D. Criteria and methods for evaluating intelligent transportation system plans and operational tests. *Transportation Research Record,* Washington, DC, n. 1.453, p. 1-15, 1994.

BRILON, W. *Traffic engineering and the new German Highway Capacity Manual. Transportation Research*, v. 28A, n. 6, p. 469-481, 1994.

BUCHANAN, D. C. et al. *Traffic in towns:* report of the steering group and working group appointed by the Minister of Transport. London: Her Majesty's Stalioneri Office, 1963.

CAMERON, R. G3 F7: an expanded LOS gradation system. *ITE Journal,* Washington, DC, v. 66, n. 1, p. 40-41, Jan. 1996.

DAFERMOS, S. C. Continuum modeling of transportation networks. *Transportation Research*, v. 14B, 1980.

DEAKIN, E. Land use and transportation planning in response to congestion problems: a review and critique. *Transportation Research Record,* Washington, DC, n. 1.237, p. 77-87, 1989.

DOWLING, R. G. Use of default parameters for estimating signalized intersection level of service. *Transportation Research Record,* Washington, DC, n. 1.457, p. 82-95, 1994.

ECHAVARRI, J. P. Planificacion urbanistica y transporte — diseño de carreteras en áreas suburbanas. *Ciudad y Territorio*, n. 91-92, p. 51-66, 1992.

ECHENIQUE, M.; MOILANEN, P.; LAUTSO, K.; LAHELMA, H. Testing integrated transport and land-use models in the Helsinki metropolitan area. *Traffic Engineering and Control,* v. 36, n. 1, p. 20-23, 1995.

EVANS, A. W. Road congestion pricing when is it a good policy? A rejoinder. *Journal of Transport Economics and Policy*, v. 27, n. 1, p. 99-105, 1993.

FLORIAN, M.; GAUDRY, M. A conceptual framework for the supply side in transportation systems. *Transportation Research*, v. 14B, p. 1-8, 1980.

GOULD, J. F. Comparing the 1985 HCM and the ICU methodologies. *ITE Journal*, Washington, DC, v. 60, n. 8, p. 35-39, 1990.

GREENSHIELDS, B. D. A study of traffic capacity. *Proceedings Highway Research Board*, n. 14, p. 448-477, 1935.

HERALD, W. S. Transportation impacts of auto restricted zones. *ITE Journal*, Washington, DC, v. 48, n. 9, p. 25-30, 1978.

HIGHWAY RESEARCH BOARD (HRB). *Highway capacity manual.* 2. ed., 1965.

———. Parking principles. *Special Report*, n. 125, 1971.

HILLS, P. Road congestion pricing when is it a good policy? A comment. *Journal of Transport Economics and Policy*, v. 27, n. 1, p. 91-99, 1993.

HIMANEN, V.; MÄKELÄ, K.; ALPPIVUORI, K.; AALTONEN, P.; LOUHELAINEN, J. *The monetary valuation of road traffic's environmental hazards.* Technical Research Centre of Finland, Feb. 1989.

HUTCHINSON, B. G. *Princípios de planejamento dos sistemas de transporte urbano*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1979.

INSTITUTE OF TRAFFIC ENGINEERS (ITE). Levels of service provide by urban transportation systems, Technical Council Committee 6Y-1. *Traffic Engineering*, v. 46, n. 1, p. 30-35, 1976.

———. *Transportation and traffic engineering handbook.* 3. ed., Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1982.

IZQUIERDO DE BARTOLOMÉ, R. et al. *Transportes:* un enfoque integral. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, 1994.

———; MONZÓN DE CÁCERES, A. La accesibilidad a las redes de transporte como instrumento de evaluacion de la cohesion economica y social. *Revista del Instituto de Estudios del Transporte y las Comunicaciones*, n. 56, p. 33-56, mayo/jun. 1992.

JOHNSTON, R. A.; LUND, J. R.; CRAIG, P. P. Capacity-allocation methods for reducing urban traffic congestion. *Journal of Transportation Engineering*, v. 121, n. 1, p. 27-39, 1995.

JONES, P.; HERVIK, A. Restraining car traffic in european cities: an emerging role for road pricing. *Transportation Research*, v. 26A, n. 2, p. 133-145, 1992.

LANDMAN, E. D. Use of highway performance monitoring system in reclassifying rural highways in support of national highway system in Kansas. *Transportation Research Record*, Washington, DC, n. 1.364, p. 1-8, 1992.

LANDMANN, M. C.; PORTUGAL, L. S. Medidas de restrição de tráfego e racionalização do uso do espaço viário urbano. In: CONGRESSO DA ANPET, 5., 1991, Belo Horizonte. *Anais*... Belo Horizonte, 1991.

LE, H. H.; YOUNG, W. Traffic systems design at a shopping centre. In: ARRB *Conference*, 17. *Proceedings*... 1994. v. 17, n. 6, p. 73-89.

MACHEMEHL, R. B.; WARD, W. V. Regional arterial (super street) concepts. *Transportation Research Record*, Washington, DC, n. 1.360, p. 121-125, 1992.

MACKETT, R. Land use transportation models for policy analysis. *Transportation Research Record*, Washington, DC, n. 1.466, p. 71-78, 1994.

MADANAT, S. M.; CASSIDY, M. J.; IBRAHIM, W.-H. W. Methodology for determining level of service categories using attitudinal data. *Transportation Research Record*, Washington, DC, n. 1.457, p. 59-62, 1994.

MAHMASSANI, H.; WILLIAMS, J. C.; HERMAN, R. Investigation of network — level traffic flow relationships: some simulation results. *Transportation Research Record*, Washington, DC, n. 971, p. 121-130, 1984.

MANHEIM, M. L. *Fundamentals of transportation systems analysis.* Cambridge: MIT Press, 1979. v. I.

———. Understanding supply in transportation systems. *Transportation Research*, v. 14A, n. 2, p. 119-135, 1980.

MAY, A. D. Traffic restraint: a review of the alternatives. *Transportation Research*, v. 20A, n. 2, p. 109-121, 1986.

———. Current developments in urban transport policy. In: CONGRESSO DA ANPET, 6., 1992, Rio de Janeiro. *Anais*... Rio de Janeiro, 1992.

———. Traffic management from theory to practice: past, present, future. *Transportation Research Record*, Washington, DC, n. 1.457, p. 5-14, 1994.

MEYER, M. D.; MILLER, E. J. *Urban transportation planning:* a decision-oriented approach. New York: McGraw-Hill, 1984.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE (MOPTA). *Movilidad y territorio en las grandes ciudades:* el papel de la red viaria. Madrid, 1992. (Serie Monografias).

MORETTI, R. *Trajeto*, Santo André, n. 4, ago. 1992.

MORLOK, E. K. Types of transportation supply functions and their applications. *Transportation Research*, v. 14B, p. 9-27, 1980.

NATSINAS, T.; MINTSIS, G.; TAXILTARIS, C. Importante traffic characteristics in Thessaloniki, Greece: a preliminary study. *Traffic Engineering and Control*, p. 621-623, 1994.

NIJKAMP, P. Roads toward environmentally sustainable transport. *Transportation Research*, v. 28A, n. 4, p. 261-271, 1994.

OLSZEWSKI, P.; SUCHORZEWSKI, W. Traffic capacity of the city centre. *Traffic Engineering and Control*, p. 336-348, 1987.

PFEFER, R. C. First new chapter for the Highway Capacity Manual. *ITE Journal*, Washington, DC, v. 62, n. 9, p. 40-43, 1992.

PIGNATARO, L. J. *Traffic engineering:* theory and practice. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1973.

PORTUGAL, L. S. *Caracterização e análise crítica dos métodos e abordagens dos Estudos de Capacidade Viária*. Rio de Janeiro: PET-Coppe/UFRJ, 1993.

POYARES, C. N. *Critérios para adoção de políticas de restrição ao uso de automóveis em áreas centrais com incentivo ao transporte público*. 2000. Tese (Mestrado) — PET-Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

RATHI, A. K.; LIEBERMAN, E. B. Effectiveness of traffic restraint for a congested urban network: a simulation study. *Transportation Research Record*, Washington, DC, n. 1.232, p. 95-102, 1989.

RIETVELD, P. Spatial economic impacts of transport infrastructure supply. *Transportation Research*, v. 28A, n. 4, p. 329-341, 1994.

ROESS, R. P. Level of service concepts: development, philosophies, and implications. *Transportation Research Record*, Washington, DC, n. 971, 1985.

ROCCATAGLIATA, J. A. Una visión iberoamericana de los asentamientos humanos y la movilidad. In: HACIA UNA VISIÓN ESTRATÉGICA DE LAS INFRAESTRUCTURAS COMO HERRAMIENTA DE INTEGRACIÓN — EL CASO DE IBEROAMÉRICA EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL. *Anales*... Barcelona: Fundació Narcís Monturiol, 1995.

SARMIENTO, I.; ROBUSTÉ, F. Planificación de carreteras en España: un análisis comparativo. *Estudios de Transportes*, n. 57, p. 7-18, jul./dic. 1992.

SMEED, R. J. The road capacity of city centers. *Traffic Engineering and Control*, v. 8, n. 7, p. 455-458, 1966.

———. Traffic studies and urban congestion. *Journal of Transport Economics and Policy*, p. 33-70, Jan. 1968.

STRICKLAND, S. G.; BERMAN, W. Congestion control and demand management. *Public Roads*, p. 1-7, Winter 1995.

TALVITIE, A.; DEHGHANI, Y. Models for transportation level of service. *Transportation Research*, v. 14B, p. 87-99, 1980.

TAYLOR, P. *Geografía política*. Madrid: Anagrama, 1994.

TAYLOR, M. A. P.; THOMPSON, R. G.; KER, I.; FOSTER, J. Cencimn: a software package for evaluation of parking systems in central areas. *Traffic Engineering and Control*, n. 4, 1991.

TRB (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD). *Highway capacity manual*. Washington, DC, 1985. (Special report.)

———. Access management guidelines for activity centers. *NCHRP Report*, n. 348, Washington, DC, 1992.

———. *Highway capacity manual*. Washington, DC, 2000. (Special report.)

TROUTBECK, R.; AKÇELIK, R. Capacity research and applications in Australia. *Traffic Engineering and Control*, n. 11, p. 624-628, 1994.

TURNER, S. M. Examination of indicators of congestion level. *Transportation Research Record*, Washington, DC, n. 1.360, p. 150-157, 1992.

U.S. BUREAU OF PUBLIC ROADS. *Highway capacity manual*. Washington, DC, 1950.

VALLEJO, Herce M. *Las formas del crecimiento urbano y las variantes de carretera*. 1995. Tese (DSc) — Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

VERHOEF, E. External effects and social costs of road transport. *Transportation Research*, v. 28A, n. 4, p. 273-287, 1994.

WACKRILL, P.; WRIGHT, C. A new design tool for traffic management schemes. *Traffic Engineering and Control*, n. 2, p. 54-63, 1992.

WEANT, R. A.; LEVINSON, H. S. *Parking*. Eno Foundation for Transportation, 1990.

WILLIAMS, J. C.; MAHMASSANI, H. S.; HERMAN, R. Urban traffic network flow models. *Transportation Research Record*, Washington, DC, n. 1.112, p. 78-88, 1987.

WILLIAMSON, A. D. C. *The feasibility of traffic calming in West London*. 1990. Thesis (MSc) — University of London, London.

WILLUMSEN, L. G.; BOLLAND, J.; HALL, M. D.; AREZKI, Y. Multi-modal modelling in congested networks: Saturn and Satchmo. *Traffic Engineering and Control*, n. 6, p. 294-301, 1993.

WRIGHT, C.; JARRET, D.; APPA, G.; RADOS, J.; VUKANOVIC, S. Spatial aspects of traffic circulation: 1 — A review of alternative systems. *Transportation Research*, v. 29B, n. 1, p. 1-32, 1995.

ZEGEER, J. D. Highway capacity manual update — new capacity analysis techniques are on the way. *ITE Journal*, Washington, DC, n. 8, p. 26-27, 1994.