

Avaliação da metodologia do HCM para determinação da Velocidade Média de Percurso de vias urbanas Brasileiras

Andrés Felipe Idrobo Samboni

Estudante de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasil

Paulo Cesar Marques da Silva

Professor, Universidade de Brasília, Brasil

Michelle Andrade

Professora, Universidade de Brasília, Brasil

RESUMO

As metodologias apresentadas pelo *Highway Capacity Manual* (HCM) são as mais empregadas para o estudo de vias urbanas pela comunidade técnica brasileira para fins de planejamento, projeto ou operação. Essas metodologias se fundamentam na velocidade média de percurso (VMP) desenvolvida pela corrente de tráfego em um segmento da via. Este estudo tem como objetivo avaliar o procedimento para a determinação da velocidade média de percurso (VMP) de veículos em vias urbanas utilizada na metodologia HCM 2010 no emprego para a determinação do nível de serviço em seções de vias Brasileiras. Este estudo foi desenvolvido a partir de análises de informações primárias coletadas em vias arteriais da capital brasileira, Brasília.

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros documentos relativos aos conceitos de nível de serviço e capacidade em várias formas de transporte foram os estudos realizados nos Estados Unidos pelo *Transportation Research Board*, reunidos no *HighwayCapacity Manual* (HCM), que incorporam desde 1950 o conhecimento teórico e experiência prática em seus procedimentos, tornando-se uma importante fonte de referência para especialistas de transporte na avaliação de desempenho dos sistemas viários (TRB, 2010).

As edições do ano 2000 e de 2010 do HCM introduziram metodologias para o cálculo da capacidade e nível de serviço nas áreas urbanas, baseando-se, principalmente, na velocidade média de percurso (VMP), ou seja, a velocidade média da corrente de tráfego que inclui também os atrasos sofridos ao longo dos trechos. Assim, o presente trabalho faz uma análise dessa metodologia, considerando as suas deficiências em relação ao que ocorre nas vias urbanas brasileiras.

Estudos realizados em diversos países já mostraram que as metodologias do HCM, na maioria dos casos, não podem ser aplicadas diretamente, dada a variabilidade do comportamento dos pedestres e motoristas no uso da infraestrutura viária, clima, topografia e veículo por regiões de estudo. Por exemplo, estudos feitos por Prassas (1999) e Loureiro

et. al. (2004) permitiram identificar que o HCM e a utilização de seus procedimentos têm várias deficiências e limitações em suas metodologias quando aplicadas em diferentes localidades. Escobar (1996), Tarko (2000), Galarraga *et. al.* (2001), Gasparini (2002), Demarchi *et. al.* (2004), Paula (2006), Egami (2006) e Bonneson *et. al.* (2008), estudaram o HCM e mostraram a importância de fazer adequações do manual, pois acharam diferentes fatores que influenciam os diferentes parâmetros que se veem afetados na validação de vias urbanas.

Para contribuir com as análises críticas do HCM, este trabalho tem como objetivo avaliar se o procedimento de determinação da velocidade média de percurso (VMP) proposto pelo HCM 2010 é válido para realidades brasileiras. Dessa forma, o presente estudo realiza a análise comparativa entre valores primários coletados em campo e resultados obtidos pelo HCM para a situação posta, no caso, vias arteriais da capital brasileira. As avaliações realizadas poderão contribuir, entre outros, com a identificação de pontos vulneráveis para os estudos subsequentes de adaptação ou correção do método.

2. METODOLOGIA DO HCM 2010 PARA ESTIMAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO DE VIAS URBANAS

O rendimento de uma via urbana pode ser descrita em termos da mobilidade e a acessibilidade que proporciona aos seus usuários. O grau de mobilidade é quantificado em termos de medidas operativas de eficácia, como, velocidades de deslocamentos ou taxas de viagem. O grau de acessibilidade se pode quantificar em termos de densidade dos pontos de acesso e a conectividade da rede. O manual HCM se centra na avaliação da mobilidade por meio de análises da capacidade e nível de serviço. Portanto, pode ser útil na avaliação de alternativas para solução de acessibilidade ou de medidas de acessibilidade.

O conceito de nível de serviço está relacionado com medidas qualitativas que caracterizam as condições operacionais dentro de uma corrente de tráfego e a sua percepção pelos motoristas e passageiros. Essa medida qualitativa está relacionada com fatores como a velocidade e tempo de viagem, a liberdade de manobras, as interrupções no tráfego, o conforto e conveniência.

As versões mais atuais do HCM, 2000 e 2010, trazem definições e metodologias para efetuar avaliações de análise de capacidade e nível de serviço em vias urbanas. A edição do HCM do ano 2000 utiliza como medida de desempenho a velocidade média de percurso do segmento analisado, considerando essencialmente os atrasos experimentados nas interseções semaforizadas e o tempo em movimento nos segmentos, refletindo grau de mobilidade ou fluidez do seu tráfego de passagem (Loureiro *et al.*, 2004).

A metodologia da edição do HCM 2010 é em grande parte a mesma que a metodologia de HCM 2000, ou seja, a análise de nível de serviço está em função da velocidade do veículo,

mas a determinação dos tempos de parada e de percurso do segmento está em função de mais variáveis e o procedimento do cálculo é mais complexo.

O modelo de estimação utilizado para determinar a velocidade média de percurso (VMP) de um corredor urbano está em função de duas variáveis: o tempo médio em movimento e o atraso médio total dispensado no trecho, onde se observa toda a corrente do tráfego (Equação 1).

$$VMP = \frac{3600 L}{5280(t_R + d_t)} \quad (1)$$

Em que:

VMP = Velocidade Média de Percurso para o tráfego de passagem no segmento (km/h);

L = Extensão do segmento (km);

t_R = Tempo em movimento total no segmento analisado (s); e

d_t = Atraso nas interseções semaforizadas (tráfego de passagem) (s/vei.).

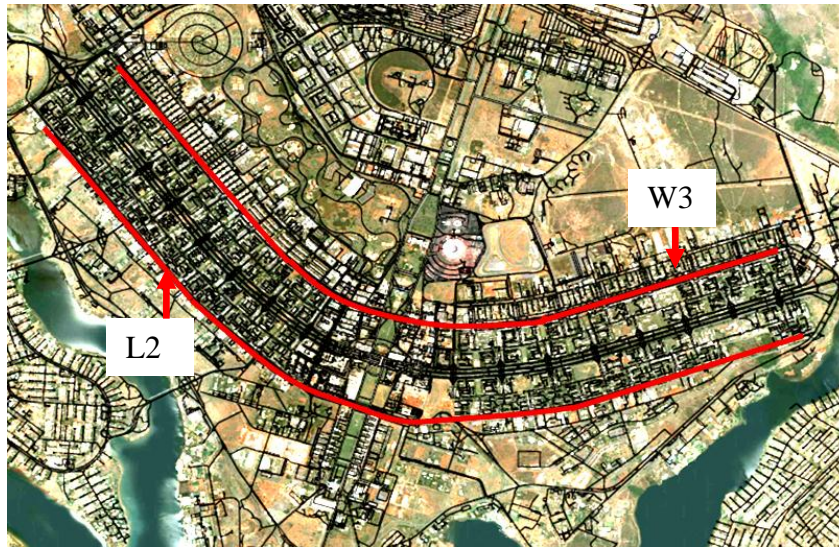
3. ESTUDO DE CAMPO PARA DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO

A partir da proposta metodológica de estudo de caso para avaliar a adequação do uso do HCM para vias arteriais de Brasília/DF, o estudo de campo foi estruturado em três etapas, (i) definição do local de estudo de campo, (ii) coleta de dados, (iii) análises dos dados de campo.

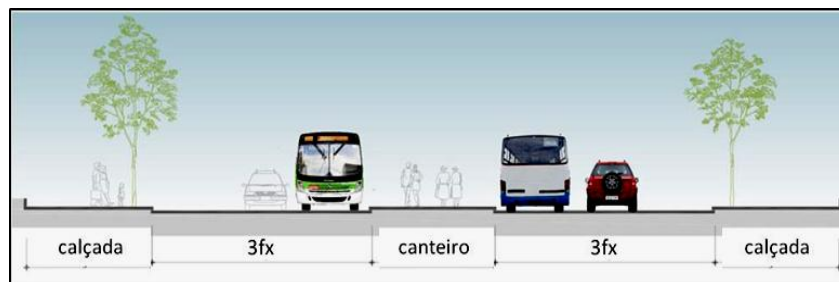
3.1 Definição dos locais de estudo de campo

O sistema viário do Distrito Federal de Brasília é formado por um conjunto de vias que constituem sua área urbana central, denominada Plano Piloto. O Plano Piloto está composto em sua maioria por vias que concentram os maiores fluxos de viagens, e são classificados desde o ponto de vista funcional, como vias arteriais secundárias, vias coletoras, vias locais e vias parque, sendo que estas últimas tem o papel de interligar locais de grande demanda ou centros urbanos dentro do eixo.

Dentro da estrutura do Plano Piloto foram escolhidas as vias arteriais W-3 e L-2 por possuírem características como uso de solo, composição de tráfego e geometria viária, dentre outros fatores, semelhantes ao disposto pelo manual HCM para essa classe de vias (Figura 1).



(a) Via arteriais W3 e L2



(b) Seção trasnversal

Fig. 1 – Vias selecionadas para o estudo comparativo

A metodologia HCM desenvolve uma técnica de estudo por segmento, utilizada para medir os eventos do tráfego e os controles de interseções semaforizadas, que influenciam na escolha da velocidade de percurso dos veículos. Dessa forma, cada segmento é definido em função dos tipos de controles de tráfego presentes nos trechos analisados. Os limites de cada via e o número de segmento por trecho são apresentados na Tabela 1.

Via	Trecho	Extensão (m)	Nº de segmentos	Sentido
W3 - Norte	Entre SCLRN 704 e V.Ac. SCN –SMHN	1144	5	Norte – Sul
W3- Sul	Entre EQS 508 e EQS 510	718	4	Sul – Norte
L2 - Norte	Entre SGAN 606 e IESDB (S-609)	1242	3	Sul –Norte
L2 - Sul	Entre EQS 402 e EQS 405	851	3	Norte – Sul

Tabela 1–Amostra das vias em estudo e numero de segmento analisados.

3.2 Coleta de dados: volumes de tráfego e velocidade

Em todos os segmentos viários definidos foram feitas pesquisas de velocidade e estudos relativos aos volumes de tráfego (composição do tráfego, distribuição por sentido e por faixa de tráfego). Assim, as coletas de dados contemplaram aferições de movimento dos

veículos nos trechos e caracterização ambiental (medições das vias, localização de pontos de acesso de entrada e saída à via, localização das paradas de ônibus, localização de pontos de acesso a estacionamentos, faixas de pedestres, dentre outros).

A coleta de informação referente aos parâmetros de volume de tráfego foi feita mediante pesquisas de campo empregando equipes de filmagens, localizadas nas interseções que compõem o trecho (no início, meio e fim do segmento), durante períodos de uma hora às terças a quartas-feira. Com a finalidade de verificar o comportamento do tráfego em condições de fluxo livre, ou seja, livre dos congestionamentos dos horários de pico, as pesquisas foram realizadas nos períodos de entre-picos da manhã (entre 10h e 12h) e da tarde (entre 15h e 18h) (Figura 2).

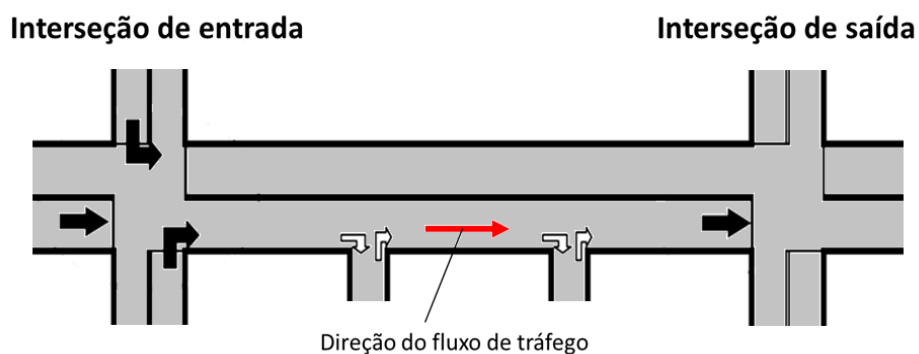


Fig. 2 – Movimentos de tráfego que chegam ao segmento

O estudo de velocidade foi feito em todos os corredores das vias selecionadas, registrando valores de tempo de percurso por segmento com a ajuda de câmaras instaladas nas vias para a contagem do tráfego, permitindo obter a velocidade dos veículos passantes e tempos de viagem nos trechos estudados através do programa *Microsoft Expression Encoder 6.0*, que permite visualizar sequência de vídeos de forma simultânea (Figura 3).

Com os dados de tempos registrados é determinada a velocidade média de percurso por segmento através da fórmula extensão sobre tempo, uma vez que a extensão é conhecida. As variáveis de tempo foram obtidas de veículos rastreados inseridos na corrente de tráfego durante o período de 60 minutos registrados por filmagens.

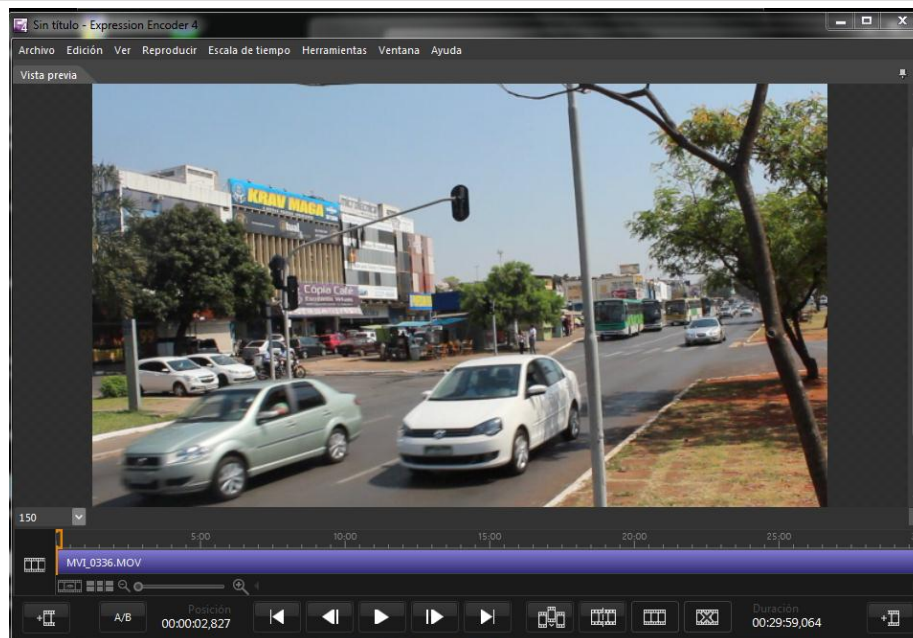


Fig. 3 – Layout do programa *Microsoft Expression Encoder6,0*

3.3 Análise dos dados de campo

Para compor a amostra foram considerados 100 veículos por segmento que conseguiram atravessá-lo. Não foram considerados os veículos que ingressavam num ponto de acesso intermediário ou saíam do segmento antes de sua finalização.

O tratamento dos dados foi realizado a partir da tabulação e avaliação dos dados registrados por trecho, procurando compreender as principais características das velocidades de percurso. A análise foi feita principalmente através dos gráficos de frequência das velocidades e de seus parâmetros estatísticos mais significativos.

Sendo as velocidades de percurso representativas do comportamento “independente” dos motoristas espera-se grande variação nas velocidades. Essa variação pode ser visualizada de duas formas gráficas: pela frequência relativa e pela frequência acumulada dos dados.

Para a aprovação da amostra piloto é importante levar em conta a variância e o erro admissível das variáveis que se desejam analisar, neste caso o tempo percorrido. Segundo Box e Oppenlander (1976) recomenda-se como erro admissível:

- a) Para estudos de planejamento: de 5,0 a 8,0 km/h;
- b) para estudos de operação de tráfego e avaliações econômicas: de 3,5 a 6,5 km/h;
- c) para estudos “antes-depois”: 2,0 a 5,0 km/h.

Quanto à variância da população Box e Oppenlander (1976) recomendam que quando for empregado o método do veículo-teste com aparelho, utilizar a amplitude média das observações como medida de variância. Esse valor determinado pela Equação 2.

$$a = (\sum d)/(n - 1) \quad (2)$$

Em que:

a =amplitude média das velocidades de percurso observadas (km/h);

$\sum d$ =soma das diferenças entre os valores consecutivos de todas as velocidades observadas (km/h);

n =número de velocidades observadas.

A Tabela 3 fornece o número aproximado de testes necessários, em função da amplitude média e do erro tolerável. Conhecendo-se a amplitude média das velocidades de trechos pode-se então estimar o numero de percursos necessários, onde se utilizam velocidades de percurso por serem mais estáveis que as velocidades de viagem. Em vias urbanas, especialmente em vias artérias com grande densidade de semáforos, as paradas são o fator preponderante do tempo de viagem.

Amplitude média da velocidade de percurso (km/h)	Erro tolerável (km/h)				
	±2,0	±3,5	±5,0	±6,5	±8,0
5	4	3	2	2	2
10	8	4	3	3	2
15	14	7	5	3	3
20	21	9	6	5	4
25	28	13	8	6	5
30	38	16	10	7	6

Tabela 3 – Amostra mínima para estudos de tempos de percurso com um nível de confiança de 95% (Box and Oppelander, 1976)

4. AVALIAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA HCM NA DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO NO BRASIL

Os resultados da coleta de dados representam valores somente de veículos do tipo automóveis, distribuídos em função da distância de cada trecho. Foi observado um total de 329 automóveis nos quatro trechos abordados, onde as distribuições de frequência simples e acumuladas das VMP observados são mostradas nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

Os resultados apresentados na Figura 4 representam o intervalo de velocidades escolhidos pelos motoristas para percorrer cada um dos quatro trechos. Os trechos da via W3 apresentam velocidades de percurso menores, comparadas com as velocidades da via L2, consequência do maior número de semáforos que interrompem o fluxo de trânsito e o maior volume de veículos e pedestres concentrados pela concorrência de escritórios de trabalho e locais comerciais.

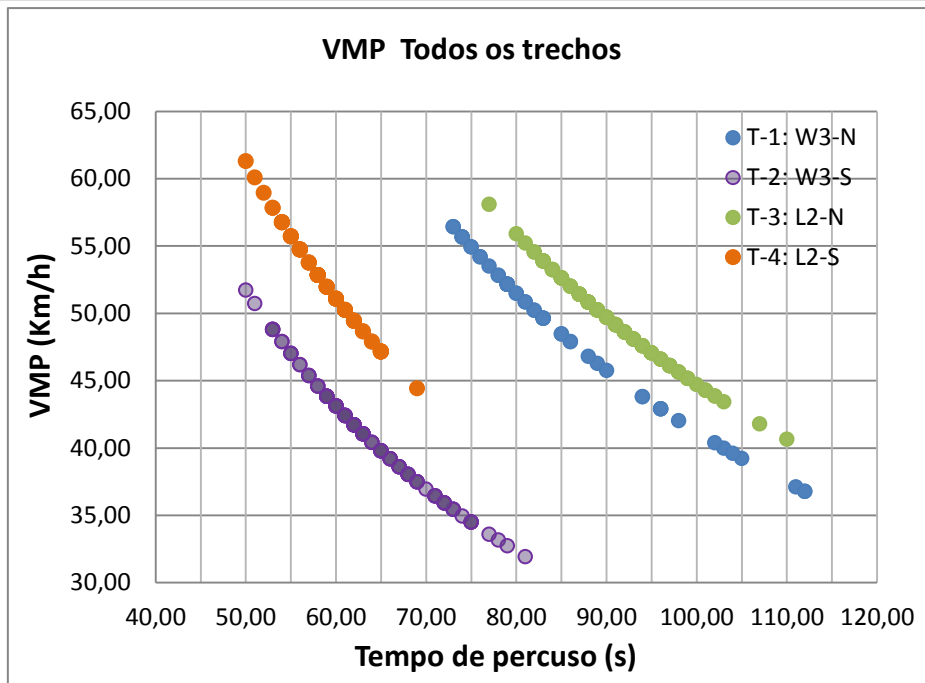


Fig. 4 – Distribuição de VMP em todos os trechos.

A avenida L-2 é utilizada para intercomunicação dos sectores de Asas do plano Piloto, como via de acesso a sectores residenciais com poucas interrupções que gerem atrasos. Os dados mostram que a velocidade observada foi muito próxima às velocidades regulamentadas para este tipo de vias. Observa-se ainda que a via possui poucas interrupções semafóricas e maior número de pontos de fiscalização de velocidade, quando comparada com a via W3.

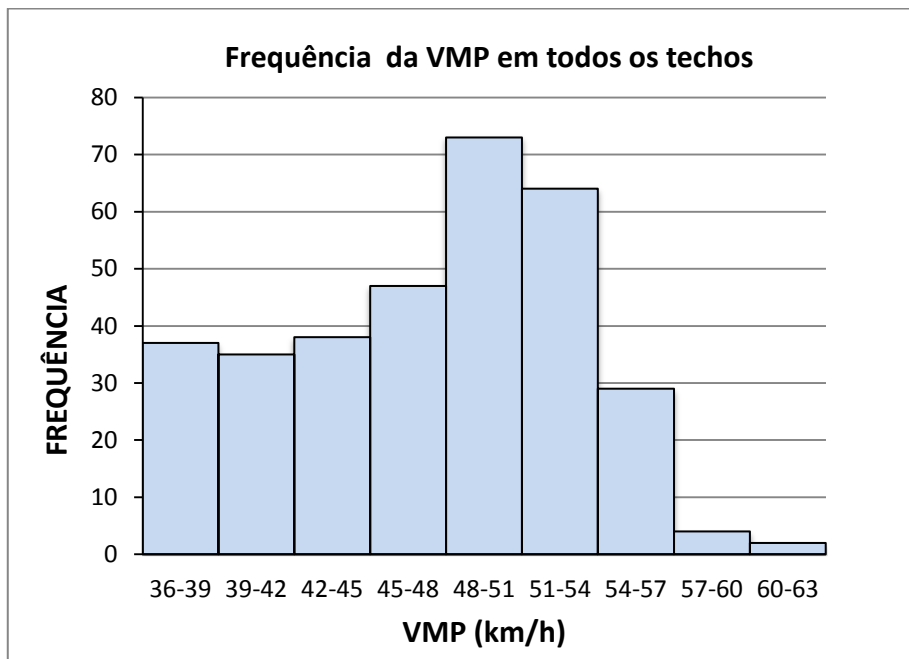


Fig. 5 – Frequência da Velocidade média de percurso e reação em todos os trechos

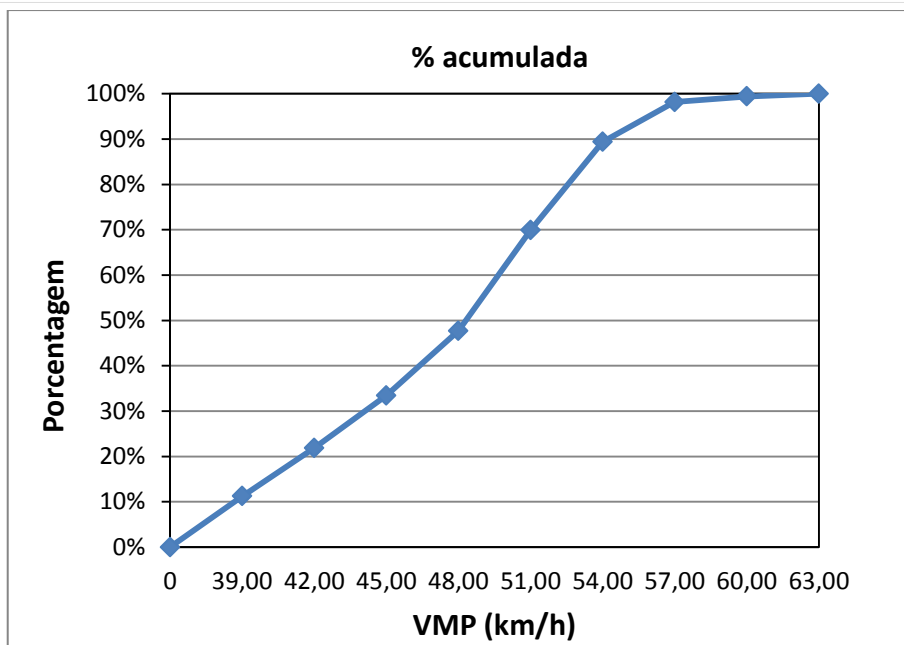


Fig. 6 – Frequência acumulada da VMP em todos os trechos

Os principais valores obtidos para a velocidade média de percurso pode ser observados na Tabela 4.

Trechos	Amostra	Média	85° Percentil	Desvio Padrão
1. W3 Norte	50	48,75	54,78	5,59
2. W3 Sul	103	40,89	45,67	4,22
3. L2 Norte	109	49,40	53,00	3,21
4. L2 Sul	67	52,40	56,82	3,50

Tabela 4 – Principais resultados encontrados para a VMP dos veículos

A velocidade média de percurso encontrada no estudo é um dos parâmetros mais representativos na avaliação do estado e comportamento do fluxo de veículos, além da sua importância para a avaliação da metodologia do HCM 2010, no cálculo de capacidade de nível de serviço.

A determinação do nível de serviço mediante o método de estimação do manual e o método de observação em campo (Tabela 5) apresenta a avaliação da qualidade de tráfego nos quatro trechos arteriais analisados. Pode-se observar que a determinação dos níveis de serviço nos quatro trechos tem avaliações iguais por cada método, mantendo resultados muito próximos por trecho e levando a obter uma mesma avaliação de nível de serviço. No entanto, no momento de avaliar cada segmento que conformam esses trechos, essas avaliações são diferentes, o que podem gerar soluções superestimadas ou subestimadas com relação ao que acontece na realidade (Tabela 6).

Trechos	Nível de serviço (LOS)	
	HCM	Campo
1.W3 Norte	B	B
2.W3 Sul	C	C
3.L2 Norte	B	B
4. L2 Sul	B	B

Tabela 5 - Avaliação do nível de serviço

O resumo das variáveis coletadas em campo por cada segmento que conformam os trechos analisados, composta por o comprimento médio dos segmentos, o tempo médio em movimento, o atraso médio total nas interseções semaforizadas e a velocidade média de percurso apresentadas na Tabela 6, apresentam a diferença dos demais indicadores que não mostram uma homogeneidade nos resultados. É válido destacar que o valor de VMP apresentado foi calculado a partir da média das VMP em cada segmento, não devendo ser confundido com o valor da VMP média de todo o trecho da via analisado.

No.	Segmento	Variáveis						
		Comp. Médio (m)	Tempo em movimento (s)		VMP (km/h)		Nível de serviço (NS)	
			HCM	Campo	HCM	Campo	HCM	Campo
Trecho 1 W3 Norte	1	269	18	17	52,88	58,07	B	B
	2	318	21	23	54,77	51,88	B	B
	3	94	13	9	26,25	39,63	E	C
	4	217	17	16	47,08	50,23	B	B
	5	246	18	19	49,93	47,67	B	B
	Médio		86	83	46,18	49,50		
Trecho 2 W3 Sul	1	151	14	12	37,51	44,55	C	C
	2	123	13	13	33,19	36,84	D	C
	3	109	13	10	29,48	39,32	D	C
	4	336	21	29	56,41	42,68	B	C
	Médio		61	64	39,15	40,85		
Trecho 3 L2 Norte	1	273	19	23	52,85	42,99	B	C
	2	307	20	23	55,67	49,97	B	B
	3	663	37	46	65,16	52,56	A	B
	Médio		76	92	57,90	48,51		
Trecho 4 L2 Sul	1	165	14	13	41,67	45,48	C	C
	2	396	25	28	57,97	52,00	B	B
	3	290	20	21	52,79	50,55	B	B
	Médio		59	62	50,81	49,34		

Tabela 6 - Resumo das variáveis em cada segmento dos trechos analisados

As diferenças nos parâmetros utilizados para a determinação da VMP é justificada pela adequação que tem que ser feita no manual para ser empregadas nas vias brasileiras. Estas diferenças nos demais indicadores, obedecem ao método de estimação empregado pelo

manual que é baseado na velocidade de fluxo livre para a estimação dos tempos de viagem e posterior cálculo da velocidade média de percurso.

Pelo anterior, pode-se afirmar que a determinação indireta da VMP (HCM), estima baixos tempos de percorrido e taxa de controle de atrasos constantes que não sempre acontecem na realidade, à diferença da VMP observada em campo onde os atrasos têm valores importantes e determinam de alguma forma os tempos de percurso. Por esta razão pode-se afirmar que não é possível fazer uma comparação direta destes valores dado sua diferença.

As diferenças de VMP obtidas pelos dos métodos, o estimado pelo manual e o observado em campo, cresce com os valores de extensão do segmento menores a 100m e maiores a 200m, convertendo-se esses dos valores num intervalo ideal para obter estimações de velocidade mais precisas.

5. NECESSIDADE DE CALIBRAÇÃO DA VMP

Os valores de tempo de percorridos e VMP observadas em campo deram resultados acima e abaixo, respectivamente, aos valores obtidos pelos métodos de estimação do HCM. Para avaliar a margem de erro da estimação obtida pelo HCM em relação aos dados obtidos em campo, foi utilizada a equação 3 (DNIT, 2006).

$$Diferença = \frac{|Observado - Simulado|}{Observado} \quad (3)$$

Os resultados obtidos para os quatro trechos de vias são mostrados na Tabela 7.

A diferença entre os dados de tempos e velocidades médias de percurso tem um valor médio de 0,10%, correspondente a 1,83 segundos e 5,13 km/h de diferença no total de 15 segmentos que conformam os quatro trechos. Destes valores, o 50% estão acima e abaixo dos valores estimados pelo manual, porém, é difícil estimar a fórmula de VMP do manual pelo erro encontrado, pois não é possível certificar o quão distantes se encontram do valor real.

A velocidade média de percurso é uma medida usada como parâmetro para a escolha do nível de serviço, portanto é recomendado realizar uma adaptação das vias urbanas brasileiras, empregando o simulador usado no desenvolvimento do HCM 2010 (TRANSYT-7F e CORSIM). Também é recomendável verificar com base nos dados coletados se o modelo de simulação provoca algum efeito na adaptação do HCM 2010 para as condições locais.

Pelo anterior, pode-se afirmar que o modelo empregado pelo manual HCM estima corretamente o comportamento da velocidade de percurso real, porém, com erro escalar demandando por calibração para a adequada determinação do nível de serviço nas vias brasileiras.

No.	Seg.	Comp. Médio (m)	Tempo emmovimento (s)		VMP (km/h)		Δ(%)	
			HCM	Campo	HCM	Campo	T. M.	VMP
Trecho 1 W3 Norte	1	269	18	17	52,88	58,07	0,06	0,09
	2	318	21	23	54,77	51,88	0,09	0,06
	3	94	13	9	26,25	39,63	0,44	0,34
	4	217	17	16	47,08	50,23	0,06	0,06
	5	246	18	19	49,93	47,67	0,05	0,05
Trecho 2 W3 Sul	1	151	14	12	37,51	44,55	0,17	0,16
	2	123	13	13	33,19	36,84	0,00	0,10
	3	109	13	10	29,48	39,32	0,30	0,25
	4	336	21	29	56,41	42,68	0,28	0,32
Trecho 3 L2 Norte	1	273	19	23	52,85	42,99	0,17	0,23
	2	307	20	22	55,67	49,97	0,09	0,11
	3	663	37	46	65,16	52,56	0,20	0,24
Trecho 4 L2 Sul	1	165	14	13	41,67	45,48	0,08	0,08
	2	396	25	28	57,97	52,00	0,11	0,11
	3	290	20	22	52,79	50,55	0,09	0,04

Tabela 7 – Resultados das VMP pelos dos métodos

6. CONCLUSÕES

A metodologia HCM para análise de vias urbanas possui uma estrutura de fundamentação que tem melhorando a cada atualização do manual. Todas essas atualizações permitem que o manual seja ajustado para representar as características viárias, o mais próximas à realidade que acontece nas vias, permitindo melhorar a precisão do modelo para a determinação dos níveis de serviço e a estimação da velocidade média de percurso. A partir dos resultados do presente estudo, destaca-se:

- Avalia-se que variáveis adicionais devem ser incluídas às metodologias do manual HCM, tais como parâmetros de atraso de cruzamento de pedestres e manobras de estacionamento. No entanto é difícil fazer uma comparação direta das variáveis de atraso.
- Ao comparar os resultados de velocidade média de percurso observada em campo e as velocidades estimadas pelo HCM, observa-se valores por trecho muito próximos, com uma variação média de 5 km /h. Entretanto as VMP e tempos de viagem por segmento apresentaram resultados diferentes pois o modelo de estimação de velocidade média de percurso empregado pelo manual se baseia na velocidade de fluxo livre fazendo menores estimações de tempo de percurso e maiores tempos de atraso.

- Conclui-se que muitas considerações adotadas pelo HCM são incompatíveis para uma avaliação operacional adequada das vias urbanas brasileiras, considerando que a geometria operacional das vias arteriais e o modo operacional do trânsito em Brasília, são diferentes aos Estados Unidos (país para o qual foi criado o manual). Como em Brasília é comum o uso de fiscalização de velocidade, não é possível gerar velocidades muito altas como o especificado no manual a razão de 40 km/h e 90 km/h.
- A variável que mais afeta a determinação da VMP é a extensão do segmento, pois comprovou-se que variações menores a 100 m e superiores de 300 m fazem com que as diferenças de velocidades pelos dois métodos, estimado e observado, sejam maiores, recomendando fazer escolhas de segmentos no intervalo de comprimento $100,00 < L < 300,00\text{m}$.
- O manual determina a VMP em função da velocidade de fluxo livre, parâmetro impossível de ser medido em campo por sua complexidade de coletar, dificultando fazer comparações diretas das velocidades pelos dois métodos. Por tanto recomenda-se ao calibrar o manual utilizar modelos de simulação de tráfego que representem a velocidade dos motoristas, para determinar os parâmetros reais que influenciam a velocidade e assim poder compará-los com os estimados pelo manual.

A metodologia para a determinação do nível de serviço de uma via urbana do manual HCM 2010, deve entender-se como uma metodologia que simula os efeitos de tráfego das vias e com base nestas simulações, programar indicadores de desempenho das vias. Por esta razão essa metodologia não deve ser utilizada como uma regra para a avaliação das vias, mas empregada como um guia de cálculo que deve ser ajustado e modificado para diferentes condições de tráfego urbano em arteriais.

REFERÊNCIAS

- BONNESON J.A., PRATT M.P., VANDEHEY M.A., (2008). *Predicting the Performance of Automobile Traffic on Urban Streets*. Final Report. NCHRP Project 3-79. Transportation Research Board, National research Council, Washington, D.C.
- BOX, P.C e OPPENLARDER, J.C. (1976). *Manual of Traffic Engineering Studies*, Institute of Transportation Engineers. Washington, D.C.
- DEMARCHI, S. H., LOUREIRO, C. F. G., SETTI, J. R. A. (2004) *Desenvolvimento de Planilha Eletrônica para Classificação de Vias Urbanas Brasileiras segundo o Método do HCM 2000*. Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Florianópolis, SC.
- DNIT, (2006). *Manual de estudos de tráfego*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR-723, 384p, Rio de Janeiro.
- ESCOBAR F. A. C. (1996). *Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*. ISBN: 0, Vol. 2, págs:1 - 50, Ed. Universida del Cauca.

EGAMI, C. Y. (2006) Adaptação do HCM-2000 para determinação do nível de serviço em rodovias de pista simples sem faixas adicionais no Brasil, 240 páginas. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

GALARRAGA J., HERZ M., ALBRIEU L. e DEPIANTE V. (2001). *El Manual de Capacidad 2000 y la estimación de capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas para condiciones argentinas*. XIII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, C1-180, Buenos Aires.

GASPARINI, R., (2002). *Análise da Adequabilidade do HCM para o Estudo de Vias Urbanas*. Dissertação de Mestrado, Publicação TU.DM-05 A/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 94 p.

LOUREIRO, C. F. G., PAULA, F. S. M., SOUZA, D. D. DE M. R., MAIA, F. V. B. (2004) *Avaliação da Qualidade do Tráfego nas Vias Arteriais de Fortaleza utilizando o Highway Capacity Manual 2000*. Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Florianópolis SC, Comunicações Técnicas.

PAULA, F. S. M. (2006). *Proposta de Adaptação da Metodologia do Highway Capacity Manual 2000 para Análise de Vias Arteriais Urbanas em Fortaleza*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 158 fl.

PRASSAS, E. S. (1999) *Improving the Running Time in Highway Capacity Manual Table 11-4; Related Observations on Average Travel Speed*. Transportation Research Record 1678, TRB, National Research Council, Washington, D.C, p. 9–17.

TARKO A.P. (2000). *Analyzing Arterial Streets in Near-Capacity or Overflow Conditions*. Transportation Research Record 1710. Transportation Research Board, Washington, DC,

TRB (2010). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board .National Research Council, Washington, D.C.