

ANÁLISE DOS IMPACTOS CAUSADOS NO TRÁFEGO POR ALTERAÇÕES NA REDE VIÁRIA UTILIZANDO MICRO-SIMULAÇÃO

Daniel Lustosa Mendes de Sousa

Paulo Cezar Martins Ribeiro

Programa de Engenharia de Transportes
COPPE / UFRJ

RESUMO

Esta pesquisa tem o objetivo de desenvolver uma metodologia de análise dos impactos causados no tráfego por modificações viárias, servindo de auxílio para os tomadores de decisão, bem como para a disseminação do conceito da micro-simulação. O interesse em analisar os impactos na circulação viária de uma determinada área onde se pretende realizar modificações na infra-estrutura, seja pela supressão ou acréscimo de acessos, é de suma importância. Com a utilização de um micro-simulador de tráfego, o comportamento dos veículos quanto à escolha de rotas pode ser visualizado, demonstrando-se assim a viabilidade de implantação ou a constatação de que novas intervenções devam ser propostas, não prejudicando os usuários com soluções ineficientes.

ABSTRACT

This research has the objective of developing a methodology analysis of the impacts caused in the traffic due to streets modifications, serving as an aid to the decision makers, as well as in the dissemination of the micro-simulation concept. The reason in the analysis of the impacts on street circulation of a certain area where it is intended to make some modification in the infrastructure, by the suppression or implementation of accesses, it is of great importance. The use of traffic micro-simulators, the behavior of the vehicles in relation to the choice of routes can be visualized, showing the feasibility of such implementation, or the verification that new interventions should be proposed, not harming the users with inefficient solutions.

1. INTRODUÇÃO

A análise/avaliação de alternativas viárias para as redes urbanas das grandes cidades, necessita cada vez mais de subsídios visando retratar a realidade encontrada em campo de uma forma simples e eficiente. Com o advento dos softwares direcionados aos transportes, essas avaliações tornaram-se bem mais eficazes, fazendo com que os impactos negativos sejam minimizados e, conseqüentemente, que a sociedade não tenha seus problemas maximizados.

O software que foi utilizado nesta pesquisa, o TRAF-NETSIM, tem como principal característica a necessidade de obter um maior nível de desagregação das informações, as quais concentram-se no detalhamento do tráfego nas interseções viárias, reproduzindo os atrasos e a formação das filas, sendo adequado para modelagens em áreas urbanas, ou seja, para planejamento/gerenciamento do tráfego com o uso da micro-simulação.

2. OBJETIVO

Pretende-se com esta pesquisa, estabelecer um procedimento capaz de capturar os impactos causados no tráfego devido a modificações no sistema viário, aprimorando as atividades do gerenciador do tráfego, com a implantação de um modelo de micro-simulação, a partir de um estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro.

3. MODELOS DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

A simulação tem sido utilizada na análise de sistemas complexos em que uma representação analítica não consegue alcançar resultados satisfatórios. Em uma subsequente tomada de decisão, a simulação permite uma avaliação comparativa de distintas políticas de controle, capturando o comportamento empírico do fenômeno e a resposta do sistema controlado por

determinada política. Pela ordem, para se encontrar uma política de controle ótima, algum tipo de funcionalidade otimizada adicional deve ser incluída no processo de análise da simulação. Vários esforços no âmbito dos transportes utilizaram modelos analíticos para desenvolver políticas na área, tais como os planos semaforicos dos sinais de trânsito, que foram e/ou são avaliados/testados pelos modelos de simulação (Scherer, et al. 2001).

Portanto, a simulação é uma ferramenta de estudo que vem sendo cada vez mais utilizada nas mais variadas áreas de conhecimento devido a dois fatores, que são a crescente complexidade dos problemas e a maior disponibilidade de recursos computacionais.

3.1. Classificação das simulações

Segundo Saliby (1989) *apud* Poyares (2000), uma simulação pode ser classificada da seguinte forma:

- Determinística ou estocástica: uma simulação é determinística quando todas as variáveis presentes são também determinísticas. Ao contrário, uma simulação estocástica baseia-se geralmente numa decisão mais próxima e também mais complexa da realidade. Neste caso, o modelo contém uma ou mais variáveis aleatórias cujo papel, numa simulação, será representado através de amostras.
- Estática ou dinâmica: uma simulação é estática para situações em que a dimensão do tempo não é relevante. Porém, a maioria das aplicações da simulação referem-se ao estudo de um sistema ao longo do tempo, caracterizando assim uma simulação dinâmica.
- Discreta ou contínua: numa simulação discreta, a passagem do tempo é feita aos pedaços, entre um evento e outro. Neste caso, supõe-se que o estado do sistema não se altera ao longo do intervalo compreendido entre dois eventos consecutivos. A maioria das simulações estocásticas são também discretas. Numa simulação contínua, a passagem do tempo é vista como se fosse realmente contínua, muito embora ela seja feita a pequenos intervalos de tempo, por imposição do método empregado e do próprio computador.

3.2. Caracterização dos modelos de simulação

Para serem realizadas abordagens básicas com o intuito de analisar o tráfego, ou seja, as suas características gerais, alguns tipos de modelos de simulação podem ser estabelecidos, tais como: macroscópicos, mesoscópicos e microscópicos. A Figura 3.1 apresenta uma relação entre estes tipos de modelos, o tamanho da rede passível de representação e o grau de detalhamento possível da análise.

3.2.1. Modelos macroscópicos

Na análise macroscópica, no lugar do interesse pelo movimento de cada veículo, considera-se o tráfego como se fosse um fluido contínuo, que escoar através dos ramos de uma rede viária.

As grandezas características são: fluxo, concentração e a velocidade média. Como o tráfego é um fluido não contínuo, que evolui simultaneamente no espaço e no tempo, as variáveis macroscópicas não terão sentido se não forem utilizados apenas os valores médios para a sua caracterização. Esses valores médios consideram dois diferentes tipos de médias: as temporais e as espaciais. Ressalta-se que as aproximações macroscópicas podem ainda ser utilizadas para agregar alguns modelos em projetos e/ou esquemas de alocação-simulação de tráfego (Leonard, et al. 1978).

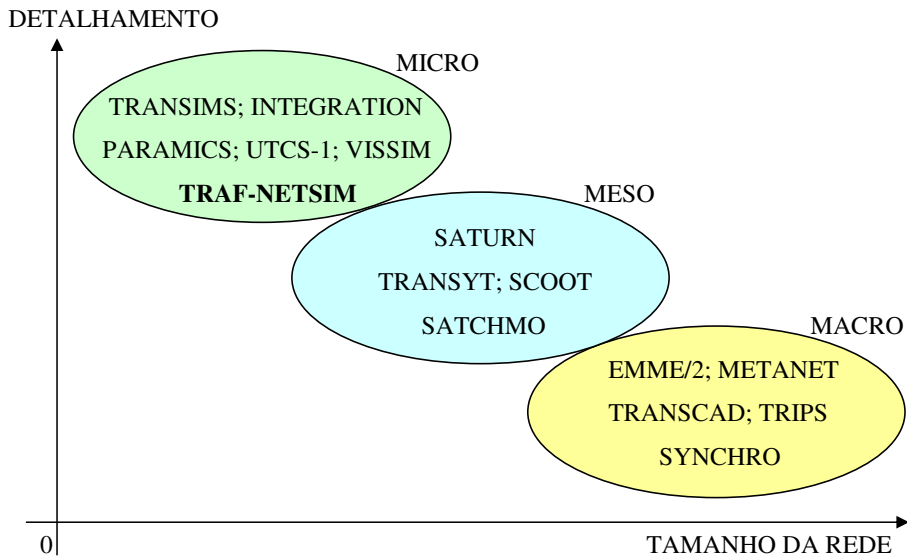


Figura 3.1 – Classificação dos modelos quanto à forma de abordagem.

3.2.2. Modelos mesoscópicos

Concentram-se em alguns aspectos de áreas urbanas, os quais variam em relação à área em estudo, sendo requeridos detalhes específicos. Consideram-se os movimentos dos veículos em forma de pelotões. Os referidos pelotões de veículos são passíveis de duas representações distintas: representação espacial e representação temporal.

3.2.3. Modelos microscópicos

As aplicações das características dos modelos de micro-simulação do tráfego baseiam-se na representação das interações veículo-veículo (Drew, 1998; Kates e Bogenberger, 1997; Song e Delorme, 2000). De acordo com Gibson e Ross (1977), nos modelos microscópicos cada veículo é identificado e sua posição, velocidade, e aceleração é armazenada na memória do simulador.

O objetivo principal do modelo em questão é alcançar um nível de realismo satisfatório das viagens realizadas pelos veículos numa rede de tráfego existente. Na micro-simulação os veículos são introduzidos na rede viária de forma aleatória, oriundos de um nó de entrada, trafegam pelos *links* existentes e, finalmente, são absorvidos pelo nó de destino (saída). O modelo de simulação pode fazer parte de um sistema de alocação dinâmica do tráfego observando-se contudo, se o caminho ótimo para cada veículo da rede é garantido (Kim e Park, 2001).

Salienta-se ainda que os modelos de micro-simulação contêm um grande potencial para modelar situações complexas do tráfego urbano, principalmente no que diz respeito à aceitação dos *gaps*, por exemplo: permitir ou filtrar conversões (à direita ou à esquerda) nas interseções semaforizadas, sinalização de “DÊ A PREFERÊNCIA” ou “PARE” para os movimentos secundários, sinalização do tráfego em rotatórias, *freeways* e outras situações de absorção do tráfego (Akçelik e Besley, 2001).

4. O MICRO-SIMULADOR TRAF-NETSIM

4.1. Considerações iniciais

Muitos são os fatores que influem no tráfego. O volume de tráfego, as operações semaforicas, os movimentos de conversões, os pedestres, a configuração das interseções, as operações dos ônibus, as manobras de estacionamento, e os fechamentos das faixas devido às construções ou reparos nas vias podem, dependendo da situação, em conjunto ou separadamente, causar retenções, ou congestionamentos, no tráfego. Portanto, uma ferramenta que auxilie na análise dos fatores acima relacionados, caracteriza-se como de grande importância para os engenheiros de tráfego. O micro-simulador de tráfego TRAF-NETSIM é uma dessas ferramentas, representando o comportamento veicular individualmente, em resposta a alguns ou a todos os fatores de tráfego mencionados anteriormente.

4.2. Estruturação e caracterização do modelo de simulação

O Modelo CORSIM é responsável pela parte microscópica dos modelos integrantes da família TRAF, sendo constituído pelos programas FRESIM (vias expressas) e NETSIM (redes urbanas) (CORSIM *User's Guide*, 1998; May, et al. 2001). O CORSIM foi desenvolvido para combinar os dois modelos acima identificados sob um programa simples de controle (Larson e Rasmussen, 2001). Alguns métodos internos do modelo CORSIM permitem a avaliação de importantes parâmetros de tráfego, tais como: o tempo de viagem, o atraso, o comprimento de fila, entre outros.

Segundo Rilett e Kyu-Ok Kim (2001), o NETSIM (redes urbanas) foi projetado para simular as condições do fluxo interrompido em associação com as interseções semaforizadas regidas pelos controles de tempo fixo, semi-atuados e atuados. A aceleração do veículo seguidor é baseada na taxa máxima emergencial de desaceleração, no tempo de resposta do motorista, no *headway* existente entre o veículo seguidor e o veículo líder e na velocidade (Halati, et al. 1997). Suas simulações baseiam-se na aplicação de intervalos que descrevem as operações do tráfego. Cada veículo é um objeto distinto que se move a cada segundo. Cada variável de controle (semáforos), assim como cada evento, são também atualizados a cada segundo (Kraus e Lee, 2001).

O FRESIM e o NETSIM podem ser codificados, e conseqüentemente simulados a partir de simples dados de entrada (*inputs*). Esses dois modelos são os principais suportes do programa TSIS – *Traffic Software Integrated System*. Vale ressaltar a existência do modelo TRAFVU, o qual realiza a interação gráfica do programa TSIS, com o objetivo de exibir uma animação da rede viária, e conseqüentemente analisar os resultados das simulações do CORSIM de uma forma mais requintada em termos de visualização do estudo (Larson e Rasmussen, 2001).

As Medidas de Efetividade (MOEs) podem ser caracterizadas por vários parâmetros básicos que são tipicamente utilizados na medição da performance da monitoração dos sistemas de controle, tais como: viagem total, tempo de viagem, velocidade e segurança (Corby e Saccomanno, 1997; Davies, et al. 1991).

5. PROCEDIMENTO DA PESQUISA

A estrutura proposta (fluxograma) para o desenvolvimento da pesquisa pode ser vista na Figura 5.1, onde se encontra esquematizado todo o procedimento:

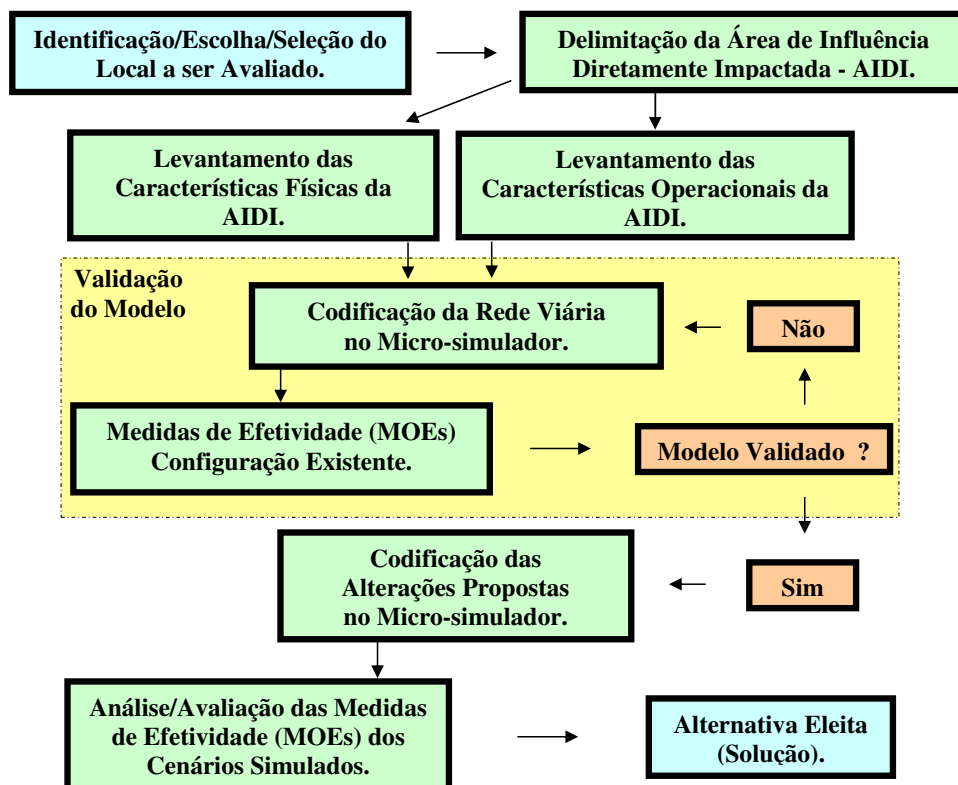


Figura 5.1 – Procedimento da pesquisa.

O procedimento metodológico acima tem como objetivos principais balizar, orientar e estabelecer uma sequência lógica dos passos a serem seguidos pelos técnicos que tenham interesse em estudar/analisar os efeitos que algumas modificações na rede viária de uma cidade podem causar na circulação dos veículos, utilizando-se para isso uma ferramenta computacional, que é a micro-simulação.

6. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO

6.1. Considerações iniciais

Segundo relatos de O GLOBO (2001), a Auto-Estrada Lagoa-Barra, principal ligação entre a Zona Sul e a Barra da Tijuca (RJ), tem recebido diariamente 66,7% de veículos a mais do que sua capacidade. Inaugurada em 1972 e com capacidade para 60 mil veículos/dia, o fluxo diário ultrapassa hoje os 100 mil. A velocidade média no horário de pico, em dias normais, é de 45 km/h. Não obstante a saturação da Auto-Estrada Lagoa-Barra, o fluxo de veículos que inicia ou termina o trajeto por esta via ainda esbarra em um cruzamento, que contém 16 fases semafóricas distintas, que é a interseção da Rua Mário Ribeiro com a Avenida Visconde de Albuquerque (Praça Sibelius), a qual está causando enormes congestionamentos devido ao atraso que este faseamento provoca no trânsito.

No caso da Praça Sibélius, uma nova configuração viária (viaduto ou mergulhão) que será proposto aos usuários precisa ser avaliado, já que outras vias podem ter a sua mobilidade afetada, ocorrendo apenas uma transferência do problema, o que ocasionaria num transtorno ainda maior na Zona Sul da cidade, mais precisamente nas áreas lindeiras da Lagoa Rodrigo de Freitas.

6.2. Codificação da rede viária no TRAF-NETSIM

Com a obtenção de todos os dados requeridos pela pesquisa e, conseqüentemente, com os devidos tratamentos e filtragens dos mesmos, foi realizada a implementação/introdução destes no *dataview* do micro-simulador. Na Figura 6.1, demonstra-se a estrutura de nós e *links* implementada no micro-simulador (TRAF-NETSIM). Todas as informações embutidas no *software* podem ser observadas nesta estrutura, assim como modificadas/alteradas com fins de verificação de melhores alternativas para a rede em estudo.

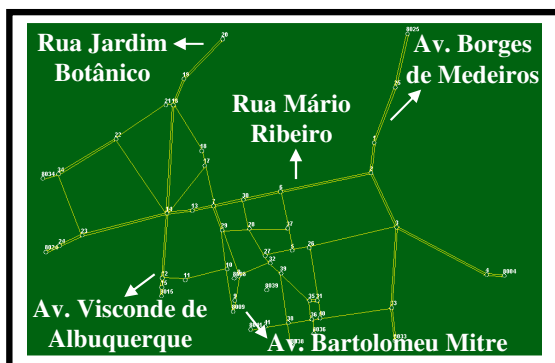


Figura 6.1 – Estrutura de nós e *links* no micro-simulador (TRAF-NETSIM).

Fonte: Tela de animação do TRAFVU (FHWA, 1998).

6.3. Validação do modelo

Os pesquisadores que se dispuseram a discutir métodos de validação para modelos de simulação em geral são unânimes na constatação de que não há procedimento capaz de validar todo e qualquer tipo de modelo (Silva e Tyler, 2001). A escolha da metodologia é sempre dependente do problema, como afirma Sargent (1982), *apud* Silva e Tyler (2001). Law e Kelton (2000), *apud* Silva e Tyler (2001), assinalam que se existisse uma abordagem completamente definitiva para o problema da validação talvez nem houvesse necessidade do modelo de simulação, acrescentando que o método apropriado é altamente dependente não só da natureza do fenômeno sendo simulado, mas também do uso que se pretende fazer do modelo.

Aycin e Benekohal (1998 e 1999), *apud* Silva e Tyler (2001), admitiram a inaplicabilidade de métodos estatísticos como a análise de regressão e utilizaram apenas a comparação visual entre os comportamentos de veículos na simulação e no sistema real para validar modelos no nível microscópico. Segundo Silva e Tyler (2001), o resultado prático disso é que vários exercícios de validação utilizam métodos estatísticos apenas no nível macroscópico, deixando para a essência da modelagem (os aspectos microscópicos do fenômeno simulado) apenas os teste visuais.

Diante do exposto, estabeleceu-se para o presente estudo a forma de validação acima descrita, tanto por ser o exercício mais praticado/adotado pelo meio científico, conforme bibliografias pesquisadas, como pelos resultados satisfatórios (ainda que criticados por alguns pesquisadores) obtidos quando da sua utilização. Para o nível macroscópico, o ajuste de parâmetros empregado no estudo considerou as seguintes variáveis de tráfego: fluxo efetivo de veículos na rede e fila máxima de veículos por faixa de tráfego.

Com relação ao primeiro item, elegeram-se os três *links* mais carregados e representativos (principais rotas dos veículos) da rede viária em estudo, onde os maiores volumes de tráfego são evidenciados, assim como as retenções e os congestionamentos mais facilmente identificáveis (maiores transtornos). Estes *links* são: Rua Mário Ribeiro – Trecho compreendido entre o Túnel Acústico e a Praça Sibelius (Sentido: Barra - Lagoa); Avenida Borges de Medeiros – Trecho compreendido entre o Túnel Rebouças e a Rua Mário Ribeiro (Sentido: Lagoa - Barra); Avenida Visconde de Albuquerque – Trecho compreendido entre a Rua Ataulfo de Paiva e a Praça Sibelius (Sentido: Leblon - Jardim Botânico). Um quarto *link* foi selecionado para a análise (validação), com o intuito de verificar a adequabilidade do modelo, quando da verificação de baixos volumes de tráfego nos *links*. Geralmente, privilegiam-se no processo de validação apenas as vias mais solicitadas, deixando as outras (menos carregadas) em segundo plano. O *link* em destaque é: Avenida Afrânio de Melo Franco – Trecho compreendido entre a Rua Ataulfo da Paiva e a Rua Gilberto Cardoso (Sentido: Leblon – Jardim Botânico).

Considerando-se a fila máxima de veículos por faixa de tráfego, estabeleceram-se três aproximações de interseções semaforizadas da rede em questão, onde a formação de filas excessivas de veículos pode ser evidenciada facilmente nos horários de pico. Estas aproximações foram selecionadas por representarem a ligação mais importante da área de estudo (Rua Mário Ribeiro). As aproximações pesquisadas são: Aproximação leste da interseção entre as vias Mário Ribeiro e Ministro Raul Machado – denominada de Aproximação 1; aproximação leste da interseção entre as vias Mário Ribeiro e Visconde de Albuquerque – denominada de Aproximação 2, e ; aproximação oeste da interseção entre as vias Mário Ribeiro e Bartolomeu Mitre – denominada de Aproximação 3.

Tendo como referencial o levantamento das informações de campo das duas variáveis de tráfego acima descritas e caracterizadas (fluxo e fila), verificou-se, com base nos *outputs* (MOEs) do micro-simulador, a sua adequação com o modelo proposto.

O modelo de micro-simulação utilizado obteve resultados muito aquém dos observados em campo, com exceção da Avenida Afrânio de Melo Franco (onde demonstrou-se uma boa adequabilidade do modelo), principalmente no que se refere aos *links* mais carregados, subestimando os fluxos solicitantes da rede em estudo.

Após uma minuciosa revisão de todos os dados de entrada requeridos pelo modelo, tanto no que se refere aos levantamentos, tabulações, observações visuais em vídeo – comportamento dos motoristas, conceituações quanto à própria introdução no *software*, concluiu-se que os parâmetros (características operacionais) *default* do TRAF-NETSIM não estão calibrados para a realidade brasileira, onde há motoristas mais agressivos, com taxas de aceleração e desaceleração maiores – mais bruscas, aceitação de *gaps* menores para a mudança de faixa ou

entrada na corrente de tráfego principal, entre outras características adicionais que influem operacionalmente no desempenho do tráfego.

Considerando essas constatações/ponderações, realizou-se uma série de simulações, alterando-se desde a distribuição de entrada dos veículos na rede (Uniforme, Normal e Erlang – distribuição exponencial negativa), passando pelo nível de agressividade dos motoristas, taxa de aceleração/desaceleração e *lane-changing*, até o nível de familiaridade dos motoristas com a malha viária em estudo.

Por fim, o processo de validação do modelo foi procedido/alcançado a partir da calibração dos seguintes parâmetros: *lane-changing*, *Maximum Acceleration* (limite de 3 m/s²), conforme Araújo e Cybis (2002), e; o nível de agressividade dos motoristas.

O modelo utilizado atingiu um nível satisfatório com a realidade (obedecendo um limite do erro aceitável de 15% entre os valores comparados), tendo as variáveis de tráfego (fluxo e fila máxima) em destaque obtido uma melhoria significativa na aproximação dos valores gerados pelo micro-simulador com os valores registrados em campo, caracterizando o sucesso na calibração do modelo (após inúmeras tentativas de ajuste dos parâmetros), assim como a compatibilidade almejada no processo de validação do TRAF-NETSIM. Nas Figuras 6.2 e 6.3, pode-se visualizar os resultados obtidos no processo em destaque.

A validação do modelo no nível microscópico constituiu-se de testes visuais comparativos da rede codificada no micro-simulador com a movimentação dos veículos observada em campo, utilizando-se para isso as câmeras da CET-RIO.

Por intermédio destas, viabilizou-se a visualização espacial da área requerida, na qual se pôde verificar as características operacionais da rede, o comportamento dos motoristas/veículos em diferentes situações, as interrupções no tráfego, a formação de filas, entre outros parâmetros relevantes.

Diante disso, procederam-se as análises devidas, constatando-se a representatividade desejada (validação) da rede simulada, já que, com a ferramenta TRAFVU, a visualização da rede codificada tornou-se viável e o processo de comparação viabilizado.

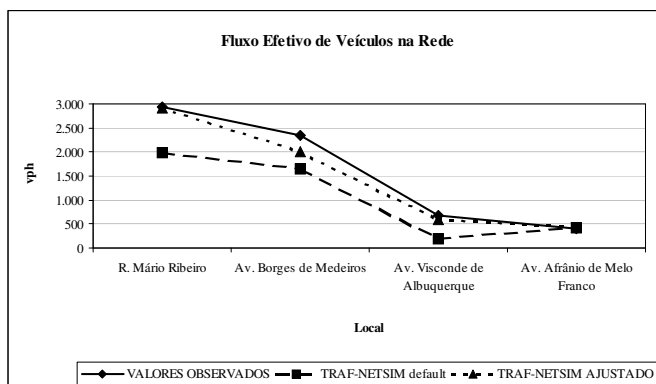


Figura 6.2 – Validação do modelo de micro-simulação – Fluxo na rede.

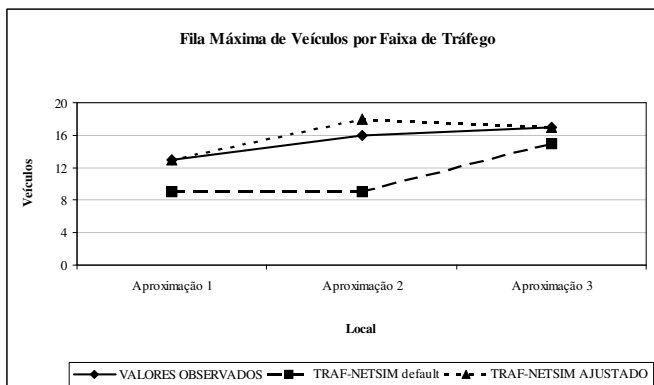


Figura 6.3 – Validação do modelo de micro-simulação – Fila máxima de veículos.

6.4. Codificação dos cenários propostos

A intervenção física proposta, e justificada, para a rede viária em estudo, consiste da implantação de um viaduto ou mergulhão sobre ou sob a Rua Mário Ribeiro, evitando-se com isso os cruzamentos semaforizados existentes na área, que causam congestionamentos, principalmente nos horários de pico.

Estabeleceram-se três *links* adicionais distintos para a análise das alternativas viárias propostas na pesquisa, mostrados nas figuras a seguir.

O cenário 1, apresentado na Figura 6.4, representa a situação na qual o cruzamento na Praça Sibélius é eliminado.

O cenário 2, da Figura 6.5, incorpora a eliminação adicional do cruzamento com a Avenida Bartolomeu Mitre. Finalmente, no Cenário 3, apresentado na Figura 6.6, a configuração mostra a configuração com a eliminação do último cruzamento importante da Rua Mário Ribeiro, antes da Av. Borges de Medeiros.

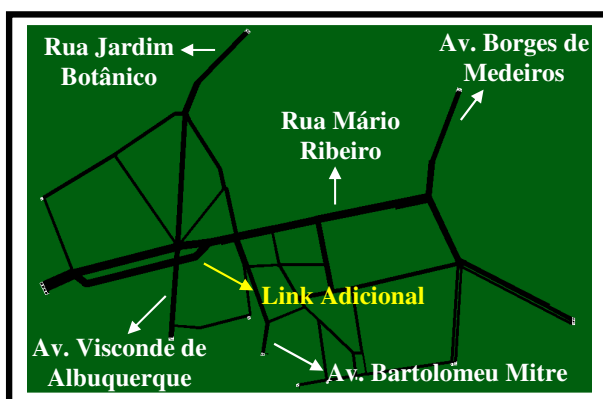


Figura 6.4 – Cenário 1.

Fonte: Tela de animação do TRAFVU (FHWA, 1998).

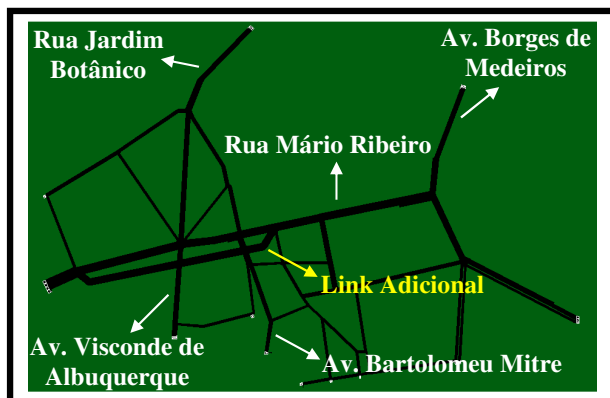


Figura 6.5 – Cenário 2.

Fonte: Tela de animação do TRAFVU (FHWA, 1998).

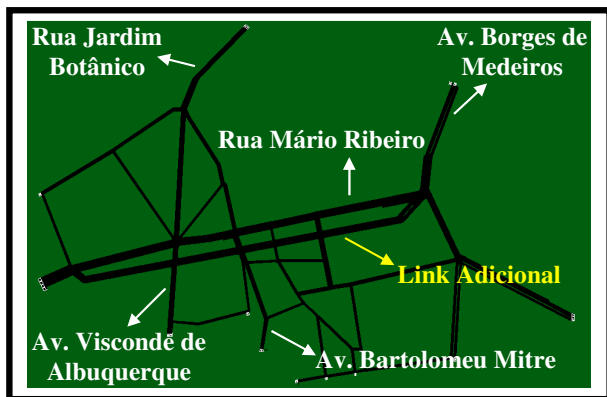


Figura 6.6 – Cenário 3.

Fonte: Tela de animação do TRAFVU (FHWA, 1998).

6.5. Análise e avaliação das alternativas – medidas de efetividade

Para se poder avaliar os cenários propostos, algumas variáveis de tráfego foram estabelecidas como parâmetros de análise, com o propósito de caracterizar o desempenho da rede viária, demonstrando-se com isso qual a melhor alternativa simulada. Essas variáveis foram estabelecidas devido, principalmente, à sua representatividade no desempenho global da rede, avaliando toda a operacionalidade da malha viária de uma forma abrangente. As variáveis são (*Average Values*): *Travel Time (Sec/Veh – Trip)*; *Speed (Mph)* e *Stops (Per Trip)*. Portanto, com base nas análises realizadas – Figura 6.7, pode-se chegar as seguintes conclusões: O Cenário 3 obteve o melhor desempenho para a rede viária em estudo; No Cenário 3, todas as vias que compõem o entorno da Praça Sibelius, ou que são afetadas pelos problemas existentes na mesma, apresentaram melhorias na sua operação, considerando os parâmetros utilizados; Recomenda-se ainda (Cenário 3) um tratamento especial para a interseção das vias Borges de Medeiros e Mário Ribeiro, já que neste cruzamento criou-se uma aproximação adicional o que poderá ocasionar um aumento nos atrasos. Propõe-se uma ligação direta do

link adicional com a Avenida Borges de Medeiros, fazendo com que este link não tenha que desembocar na interseção em destaque, garantindo uma boa operação do tráfego.

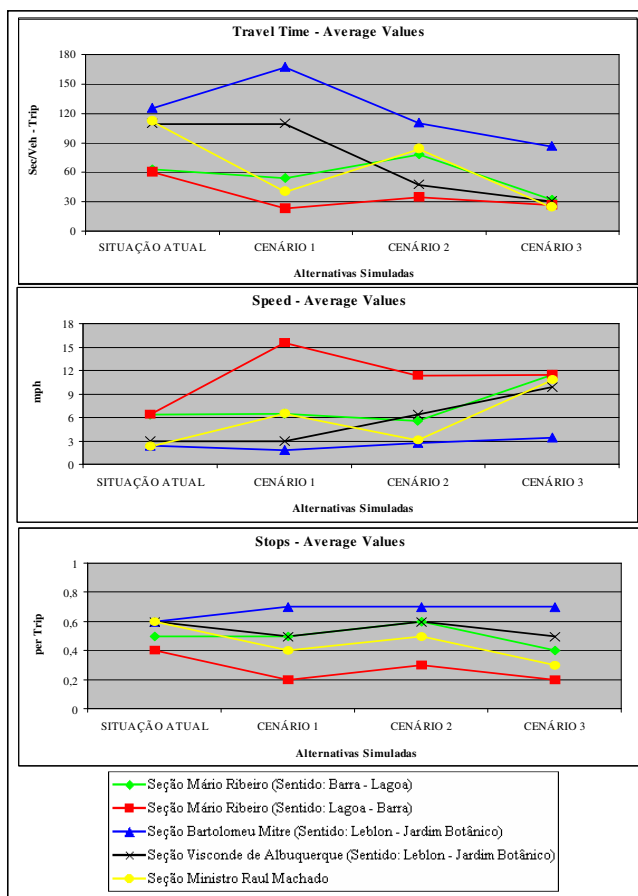


Figura 6.7 – Análise das alternativas simuladas – MOEs.

7. CONCLUSÕES

A calibração dos modelos de micro-simulação ainda é um ponto onde existem opiniões distintas dos pesquisadores, já que há diversas maneiras de se validar, principalmente, um modelo microscópico, não se sabendo exatamente qual a mais adequada. Vários estudos estão sendo desenvolvidos quanto às formas de validação do dito modelo, os quais se apresentam em níveis macroscópicos e microscópicos. Em suma, evidencia-se no capítulo anterior que o procedimento de análise de novas alternativas viárias, proposto nesta pesquisa, produz o efeito desejado, e conseqüentemente consolida-se como uma seqüência lógica a ser seguida pelos pesquisadores e técnicos dos transportes. Ressalta-se que a importância da operação dos ônibus no procedimento proposto, mais exatamente na etapa de delimitação da Área de Influência Diretamente Impactada, sendo o número de rotas dos mesmos, um dos fatores decisivos para tal definição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKÇELIK, R., e M. BESLEY, 2001, "Microsimulation and Analytical Methods for Modelling Urban Traffic". In: *Conference on Advance Modeling Techniques and Quality of Service in Highway Capacity Analysis*, Truckee, California, USA, Julho.
- ARAÚJO, D. R. C., e H. B. B. CYBIS, 2002, "Aplicação do Simulador de Tráfego DRACULA em Porto Alegre – Análise Comparativa com o SATURN". In: *Anais do XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET*, volume 1, pp. 341-352, Natal, Outubro.
- CORBY, M., e F. SACCOMANNO, 1997, "Analysis of Freeway Accident Detection". In: *Transportation Research Record*, Nº 1603, TRB, National Research Council, Washington, D. C., pp. 80-89.
- DAVIES, P., N. AYLAND, C. HILL, S. RUTHERFORD, M. HALLENBECK, e C. ULBERG, 1991, "Assessment of Advanced Technologies for Relieving Urban Traffic Congestion". In: *National Cooperative Highway Research Program*, Report Nº 340.
- DREW, D. R., 1998, "Traffic Flow Theory and Control". New York: McGraw-Hill.
- FERREIRA, A. C. M., 1998, "Modelos de Simulação na Engenharia de Tráfego". In: *Tópicos Avançados em Engenharia de Tráfego, PET-COPPE/UFRJ*, Rio de Janeiro.
- GIBSON, D., e P. ROSS, 1977, "Simulation of Traffic in Street Networks". In: *Transportation Engineering*, pp. 19-27, Dezembro.
- HALATI, A., H. LIEU, e S. WALKER, 1997, "CORSIM Corridor Traffic Simulation Model". In: *Traffic Congestion and Traffic Safety in the 21st Century: Challenges, Innovations, e Opportunities*, American Society of Civil Engineers, New York City, New York.
- ITT Systems and Science Corporation, *CORSIM User's Guide*, Contract Nº DTFH61-97-C-00055, FHWA, U.S. Department of Transportation, March, 1998.
- KATES, R., e K. BOGENBERGER, 1997, "Calibration of the Mesoscopic Highway Simulator Animal: Performance Under Heavy Traffic Conditions". In: *4th ITS World Congress*, Berlin.
- KIM, W., e K. PARK, 2001, "A Framework for the Microscopic Traffic Simulation: Systolic Parallel Processing Approach". In: *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, D. C., Janeiro.
- KRAUS, E., e K. W. LEE, 2001, "Evaluation of Traffic Mitigation Strategies Using a Micro-Simulation Software, NETSIM and a Pilot Rhode Island Intelligent Road". In: *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, D. C., Janeiro.
- LARSON, P. E. N., e C. RASMUSSEN, 2001, "Where the Rubber Meets the Rail: Light Rail Transit Simulation with CORSIM". In: *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Paper Nº 01-2430, Washington, D. C., Janeiro.
- LEONARD, D. R., J. B. TOUGH, e P. C. BAGULEY, 1978, "CONTRAM – A Traffic Assignment Model for Predicting Flows and Queues During Peak Periods". In: *TRRL Report LR 841*, Crowthorne.
- MAY, A. D., N. ROUPHAIL, L. BLOOMBERG, F. HALL, e T. URBANIK, 2001, "Freeway Systems Research Beyond the HCM 2000". In: *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Paper Nº 01-0584, Washington, D. C., Janeiro.
- O GLOBO (2001) *Condenados ao Engarrafamento*, Jornal O GLOBO, 26/03/2001, Rio de Janeiro.
- POYARES, C. N., 2000, "Critérios para Análise dos Efeitos de Políticas de Restrição ao Uso de Automóveis em Áreas Centrais". Tese de M.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- RILETT, L. R., e Kyu-Ok KIM, 2001, "A Comparison of the TRANSIMS and CORSIM Traffic Signal Simulation Modules". In: *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Paper Nº 01-0569, Washington, D. C., Janeiro.
- SCHERER, W. T., A. W. SADEK, e B. L. SMITH, 2001, "A Proposed Framework for State-Based, Data-Driven Models for Improved Transportation Operations". In: *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Paper Nº 01-2152, Washington, D. C., Janeiro.
- SILVA, P. C. M., e N. TYLER, 2001, "Sobre a Validação de Modelos Microscópicos de Simulação de Tráfego". In: *Anais do XV Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes*, ANPET, Campinas, Artigo Aceito para Publicação na Próxima Edição do Periódico *Transportes*.
- SONG, B., e D. DELORME, 2000, "Human Driver Models for SmartAHS Based on Cognitive and Control Approaches". In: *ITSA-2000*, Boston, Maio.
- SOUZA, D. L. M., 2003, "Análise dos Impactos Causados no Tráfego por Alterações na Rede Viária, Utilizando Micro-simulação". Tese de M.Sc, PET-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- Traffic Software Integrated System (TSIS Version 4.2), U.S. Federal Highway Administration. Washington, D. C., (1998).