

## Capítulo II

### *Engenharia e Segurança de Tráfego*



## METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DOS BENEFÍCIOS OPERACIONAIS DE UM SISTEMA CENTRALIZADO DE CONTROLE SEMAFÓRICO

**Paulo Marinho de Paiva Neto**  
**Carlos Felipe Grangeiro Loureiro**

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes - PETRAN  
Universidade Federal do Ceará - UFC

### RESUMO

O aumento no número de cidades que operam Sistemas Centralizados de Controle do Tráfego Urbano (CTA) trouxe consigo a necessidade de avaliar tecnicamente esse tipo de intervenção, haja vista que a alocação adequada de recursos financeiros tem influência direta na qualidade da gestão do tráfego urbano. Na cidade de Fortaleza, por exemplo, o controle semafórico centralizado em tempo real, utilizado no CTAFOR, vem sofrendo avaliações técnicas no sentido de justificar o investimento realizado. Percebe-se, no entanto, que as metodologias empregadas em estudos dessa natureza não consideram todo o conjunto de usuários do transporte motorizado – coletivo e individual, adotando como objeto de estudo elementos viários isolados submetidos a determinadas estratégias de controle semafórico. Esta pesquisa de dissertação tem como objetivo principal desenvolver uma metodologia para avaliar o desempenho operacional de diferentes estratégias de controle semafórico centralizado, em caráter global e espacial. O estudo de caso consistirá na comparação entre o desempenho operacional do controle semafórico utilizado antes da implantação do CTAFOR (tempo fixo) e o atualmente utilizado (tempo real).

### ABSTRACT

The increase in the number of cities which operate Urban Traffic Control (UTC) systems, brought up the need to technically evaluate this kind of intervention, since the adequate financial resources allocation has a direct influence in the quality of urban traffic management. In the city of Fortaleza, for instance, the real time signal control system, under operation at CTAFOR, is being technically assessed as a means to justify the accomplished investment. However, the methodologies adopted in such studies do not consider the whole set of public transit and automobile users, focusing at isolated network elements operating under specific signal control strategies. This M.Sc. thesis research has as its main objective to develop a methodology to evaluate the operational performance of different centralized signal control strategies, in a global and spatial way. Its case study will consist of comparing the operational performance of the signal control scheme adopted before CTAFOR deployment (fixed time plans) and the present one (real time control).

### 1. INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas de controle semafórico centralizado é vista como uma forma de aumentar a eficiência do transporte motorizado sem, no entanto, expandir o espaço viário. Essa medida vem sendo utilizada em várias cidades do mundo, pois se apresenta como uma alternativa tanto ao transporte individual como ao coletivo por ônibus. Justificadas pelo alto investimento de implantação e manutenção desses sistemas, diversas metodologias têm sido utilizadas para avaliar seu desempenho operacional, utilizando pesquisas de campo e simulações de tráfego. Esses métodos buscam avaliar interseções, corredores e redes de tráfego, quando controlados por esses sistemas, utilizando indicadores quantitativos, como o atraso e o número de paradas.

Em Fortaleza, o controle semafórico centralizado do sistema CTAFOR (Loureiro *et al.*, 2002a) vem passando, nos últimos dois anos, por constantes avaliações técnicas, objetivando verificar a sua eficiência quando implementado nesses elementos viários. Esse esforço é explicado pela necessidade de justificar o investimento realizado com o sistema, em um estudo futuro de avaliação econômica, além de subsidiar a expansão do mesmo a outras áreas da cidade.

Contudo, estudos de avaliação realizados com foco em elementos viários isolados não são capazes de quantificar os benefícios proporcionados a todo o conjunto de usuários do transporte motorizado. Uma vez que os usuários que circulam pela área controlada têm origens e destinos variados, e conseqüentemente tempos de viagem diferentes, os impactos gerados pelo tipo de controle semafórico implementado nessa área se estendem às demais regiões da cidade.

### **3. OBJETIVOS**

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver e aplicar uma metodologia espacializada de avaliação dos benefícios proporcionados pelo controle semafórico centralizado do CTAFOR aos usuários do transporte motorizado deste município. Como objetivos específicos, tem-se:

- a) Realizar o levantamento das metodologias de avaliação existentes na literatura, objetivando a consolidação de aspectos relevantes à elaboração da metodologia proposta;
- b) Estabelecer os critérios a serem utilizados em uma avaliação de benefícios de um controle semafórico centralizado, considerando os princípios da mobilidade urbana, assim como identificar indicadores que permitam quantificar esses benefícios;
- c) Consolidar um banco de dados de caráter espacial capaz de viabilizar a avaliação, utilizando os resultados de outros estudos e os dados simulados pelo próprio sistema;
- d) Determinar as zonas da cidade de Fortaleza mais e menos impactadas pela utilização do controle semafórico centralizado na área de abrangência do CTAFOR, identificando, assim, o padrão de mobilidade dos usuários do transporte individual e coletivo da cidade.

### **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **4.1. A Mobilidade Urbana e o Controle Semafórico Centralizado**

O controle semafórico centralizado é um tipo de ITS (*Intelligent Transportation Systems*) urbano caracterizado por maximizar a capacidade de aproximações de interseções semaforizadas. Nesse sentido, esse tipo de sistema interfere diretamente nos tempos de viagem dos veículos, aumentando a eficiência do sistema de mobilidade urbana. Apesar da avaliação do complexo sistema de mobilidade contemplar todo o conjunto de seus componentes (Macário, 2000), faz-se necessário garantir o cumprimento dos objetivos de cada um deles, individualmente.

#### **4.2. Controle Semafórico Centralizado do CTAFOR**

O tipo de controle semafórico utilizado pelo CTAFOR, o inglês SCOOT, é o adaptativo em tempo real, definido como um sistema capaz de alterar instantaneamente os tempos de ciclo, frações de verde e defasagens dos semáforos, a partir de dados de volume de tráfego, objetivando minimizar atrasos e número de paradas (TRL, 2000).

#### **4.3. Metodologias de Avaliação do Controle do Tráfego Urbano**

As metodologias encontradas na literatura podem ser divididas naquelas que utilizam medições em campo e nas que fazem uso da simulação de tráfego. No primeiro grupo, vale citar a primeira experiência ocorrida no Brasil, em que Mazzamatti *et al.* (1998) buscaram justificar a implantação do sistema centralizado em tempo real, comparando sua eficiência com a do sistema de controle anterior (tempo fixo), por meio de medições de atraso em três corredores de tráfego. Loureiro *et al.* (2002b) também compararam as mesmas estratégias de controle para um conjunto de interseções semaforizadas da cidade de Fortaleza, medindo em campo o indicador atraso veicular. Também em Fortaleza, Pereira Neto *et al.* (2003) usaram medições de velocidade para

analisar um conjunto de corredores, buscando comparar o controle semafórico utilizado antes da implantação do CTAFOR, o tempo fixo, e o atualmente utilizado, o centralizado em tempo real.

Outras metodologias utilizaram simulações de tráfego, como Stewart *et al.* (1998), que usaram o microsimulador INTEGRATION para comparar a eficiência de três estratégias de controle semafórico: tempo fixo não centralizado, tempo fixo centralizado e tempo real centralizado. As simulações foram efetuadas sobre uma interseção semafórica isolada hipotética, submetida a vários níveis de tráfego, avaliando os valores de atraso. Outros estudos foram realizados em corredores de tráfego, utilizando o simulador CORSIM. Jhaveri *et al.* (2003), por exemplo, utilizaram como medidas de desempenho o atraso e o tempo de viagem. Também usando o CORSIM, Hansen *et al.* (2000) avaliaram a eficiência de duas estratégias de controle semafórico centralizada (tempo fixo coordenado e tempo real), em uma área da cidade de Honolulu, EUA, usando como indicadores o atraso e o número de paradas.

## **5. METODOLOGIA**

O objetivo geral desta pesquisa será atingido por meio da comparação entre o desempenho operacional do controle semafórico por tempo fixo, utilizado antes da implantação do CTAFOR, e o controle em tempo real. A área de estudo, já delimitada, contemplará todo o município de Fortaleza, uma vez que se busca avaliar os benefícios inerentes a todas as zonas da cidade.

### **5.1. Definição dos Critérios e Indicadores**

Esta etapa está sendo concluída com base na revisão bibliográfica sobre os estudos de avaliação do Controle de Tráfego Urbano (CTU) e sua relação com a Mobilidade Urbana. O indicador de maior interesse será o tempo de viagem, pois representa o aspecto mais perceptível ao usuário.

### **5.2. Organização da Base de Dados Espacializada**

Esta etapa, já concluída, foi realizada com uso do *software TransCAD 3.6* (Caliper, 1996) e contemplou os seguintes aspectos: i) definição da rede viária; ii) alimentação das características da rede (sentidos, conectores de centróides, etc.); iii) inserção dos dados de atraso veicular e de velocidade, nas situações antes e depois. Este último teve base nos resultados de estudos anteriores e nos dados de tráfego obtidos a partir da interface TRANSCOOT (Meneses, 2003);

### **5.3. Elaboração da Metodologia Espacializada**

A metodologia, já concluída, se diferencia pelo seu caráter global e espacial. O desempenho operacional de cada estratégia de controle é calculado por modo de transporte, num dado período do dia, com base nos atrasos causados pelas estratégias avaliadas. Fazendo uso da alocação das viagens na rede viária e de rotinas de análise espacial, é possível obter os tempos médios de viagem dos usuários de cada modal, por par origem-destino, possibilitando a identificação das zonas mais e menos impactadas pelo controle semafórico usado em determinada área da cidade.

### **5.4. Estudo de Caso**

O estudo de caso será realizado na cidade de Fortaleza, consistindo na comparação entre o desempenho dos dois tipos de controle semafórico (tempos fixo e real) e na verificação dos critérios definidos no início da pesquisa. A aplicação da metodologia será feita com base nas alocações de tráfego – transportes público e individual - referentes ao pico da manhã, na cidade

de Fortaleza. Esse período de análise é justificado pela inexistência de matrizes OD para outros horários do dia. Uma aplicação da metodologia espacializada foi realizada por Paiva Neto (2003) para o transporte individual. Este trabalho servirá de base para esta etapa, havendo ainda a utilização dos resultados de outros estudos e a análise dos impactos no transporte público.

## 6. RESULTADOS ESPERADOS

Esta pesquisa de dissertação apresenta uma proposta de metodologia, com caráter espacial, que permite avaliar qualquer estratégia de controle semafórico contemplando o conjunto de usuários do transporte motorizado de uma cidade. Além dessa contribuição, diretamente relacionada à pesquisa científica em Engenharia de Tráfego, a dissertação também pretende avaliar globalmente o controle semafórico centralizado em tempo real do CTAFOR, com expectativa de gerar resultados importantes para os técnicos desse órgão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caliper (1996) *TransCAD - Transportation Workstation Software, User's Guide*, Version 3.0 for Windows, Caliper Corporation, Newton, EUA.
- Hansen B.G., Perrin H.J. e Martin P.T. (2000) *SCOOT Real-time adaptive control in a CORSIM Simulation Environment*. 79th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- Jhaveri X.X., Martin P.T. e Perrin H.J. (2003) *SCOOT Adaptive Signal Control: An Evaluation of its Effectiveness over a Range of Congestion Intensities*. 82th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- Loureiro, C. F. G.; C. H. P. Leandro e M. V. T. de Oliveira (2002a) *Sistema Centralizado de Controle do tráfego de Fortaleza: ITS Aplicado à Gestão Dinâmica do Trânsito Urbano*. Anais do XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Natal, RN, Comunicações Técnicas, p. 19-26.
- Loureiro, C.F.G.; Gomes, M.J.T.L. e Leandro, C.H.P. (2002b) *Avaliação do desempenho nos períodos de pico do tráfego de interseções semaforizadas com controle centralizado em tempo fixo e real*. Anais do XVI Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes, Natal, v. 1, p. 365-376.
- Macário, R. (2000) *Upgrading Quality in Urban Mobility Systems*. Total Quality Management. Volume 11, Nº 4/5 e 6, S747.
- Mazzamatti, M.V, Netto, D.V.V.F, Vilanova, L.M, Ming, S.H. (1998). *Benefits gained by responsive and adaptive systems in São Paulo*. IEE Road Transport Information and Control, 21-23 April 1998. Conference Publication No 454.
- Meneses, H. B. (2003) *Interface lógica em ambiente SIG para bases de dados de sistemas centralizados de controle do tráfego urbano em tempo real*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará.
- Paiva Neto, P.M.; Meneses, H.B.; Loureiro, C.F.G. (2003) *Metodologia de avaliação espacializada do desempenho operacional de diferentes estratégias de controle semafórico centralizado*. Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro, RJ, v. 1, p. 591-603.
- Pereira Neto, W.A.; Oliveira, F.M.N.; Loureiro, C.F.G. (2003) *Avaliação do desempenho operacional em períodos de pico do controle semafórico em tempo real nos corredores arteriais de Fortaleza*. Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro, RJ, Comunicações Técnicas.
- Stewart, J.A.; K. Lepik e M. Van Aerde (1998) *Benefit Sensitivity of Adaptive Traffic Control Strategies at Isolated Traffic Signals*. Transportation Research Record 1692, pp. 173-182, Washington, D.C., EUA.
- TRL (2000) *SCOOT 0414 - Executive Summary - Description of SCOOT*. SCOOT Traffic Handbook, Transportation Research Laboratory, England.

Universidade Federal do Ceará  
Departamento de Engenharia de Transportes  
Campus do Pici, Bloco 703  
CEP: 60.455-760 Fortaleza -CE  
Fone/Fax: (85) 288-9488

e-mail:  
Felipe Loureiro: felipe@det.ufc.br  
Paulo Marinho: paulom@det.ufc.br