

# **EXPERIÊNCIAS OPERACIONAIS PÓS-IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DE TRÁFEGO EM ÁREA DE FORTALEZA - CTAFOR**

**Marcus Vinicius Teixeira de Oliveira**

**Marcos José Timbó Lima Gomes**

**Hamifrancy Brito Meneses**

**Waldemiro Aquino Pereira Neto**

Sistema Centralizado de Controle de Tráfego de Fortaleza – CTAFOR  
Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e Cidadania de Fortaleza - AMC

**Carlos Felipe Grangeiro Loureiro**

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

## **1. INTRODUÇÃO**

Desde meados de 2000, Fortaleza experimenta a utilização de uma nova política de gerência do trânsito urbano, com a implantação do Sistema Centralizado de Controle de Tráfego de Fortaleza – CTAFOR. Utilizando tecnologia avançada de ITS (*Intelligent Transportation Systems*), este sistema propõe integrar a gestão do trânsito e transporte público através de recursos dinâmicos de informação e operação.

Para atender este propósito, localiza-se numa mesma central de operação três sub-sistemas, compostos por um circuito fechado de televisão (CFTV) com 30 câmeras alocadas em pontos estratégicos, um sub-sistema de painéis de mensagens variáveis (PMV) contando com 20 painéis distribuídos nos principais corredores e um sub-sistema de controle centralizado de semáforos adaptativo em tempo real (*SCOOT - Split, Cycle and Offset Optimization Technique*) controlando atualmente 170 cruzamentos.

No período pós-implantação foram desenvolvidos vários estudos com o propósito de definir indicadores para avaliar os reais benefícios advindos deste sistema: aplicação de diferentes estratégias de controle em interseções isoladas, redução do atraso por sub-área, operação semafórica nos corredores com progressões de tempo-fixo em períodos fora do pico, dentre outros.

Neste contexto, parece evidente a falta do conhecimento do potencial operacional desempenhado por estes sistemas. O objetivo deste artigo é, portanto, além de apresentar as pesquisas desenvolvidas, compartilhar experiências vivenciadas no período pós-

implantação do CTAFOR, avaliando reais benefícios resultantes da operação integrada dos três sub-sistemas, discutindo dificuldades e apresentando novas estratégias e soluções encontradas para a realidade local.

## **2. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA CENTRAL DE CONTROLE**

De modo a integrar os sub-sistemas CFTV, PMV e SCOOT, foram desenvolvidos procedimentos operacionais que orientam os técnicos do CTAFOR no controle cotidiano do tráfego urbano. Atualmente, o sistema CFTV está integrado de forma manual com os sistemas PMV e SCOOT. Desta forma, quando são detectadas ocorrências de trânsito (ex. colisões, veículo em pane), as informações da referida ocorrência são usadas para orientar os procedimentos operacionais do PMV e do SCOOT. No caso do PMV, os técnicos definem os painéis e as mensagens adequadas a serem transmitidas aos motoristas, de acordo com a localização e as características da ocorrência observada. Simultaneamente, o técnico analisa as imagens da ocorrência e define as intervenções necessárias aos parâmetros operacionais do sistema SCOOT, capazes de sanar ou minimizar os impactos negativos decorrentes (ex. aumento de atraso). As mensagens nos painéis e as alterações nos parâmetros do SCOOT são mantidas enquanto durar a ocorrência de trânsito.

Além de fornecer dados para os sub-sistemas PMV e SCOOT, as imagens captadas pelo sub-sistema CFTV também são repassadas para os gerentes responsáveis pela operação e fiscalização do trânsito. Desta forma, é possível orientar a operação dos agentes de trânsito em campo de forma mais eficiente e eficaz, reduzindo o tempo de desobstrução da via.

Cabe destacar que a interface entre os sub-sistemas PMV, CFTV e SCOOT ainda se faz por meio do elemento humano, através de procedimentos operacionais executados pelos técnicos de trânsito. Contudo, o CTAFOR tem como meta uma integração automatizada e otimizada destes três sub-sistemas, de modo a fornecer uma resposta mais rápida e eficaz para os usuários do sistema viário, relativamente, a resolução de incidentes nas vias. Por exemplo, pretende-se que o sub-sistema SCOOT envie alarmes de congestionamento ao PMV indicando o local do congestionamento. Por sua vez, o sub-sistema PMV definiria o painel e a mensagem mais adequada a ser transmitida.

### **3. ESTUDOS DE AVALIAÇÃO PÓS-IMPLANTAÇÃO**

A etapa de implantação do CTAFOR exigiu um intenso trabalho de calibração dos parâmetros do sistema SCOOT realizado a partir de validações de campo e de procedimentos de ajuste fino, durando mais de dez meses. Com esta etapa concluída foi iniciado um processo de avaliação do sistema com o objetivo de mensurar o desempenho do controle semafórico adaptativo diante de diferentes situações do tráfego e de outras alternativas de controle. Estes resultados servirão para direcionar a estratégia a ser implementada nas áreas de tráfego controladas pelo CTAFOR. Com este intuito, foram desenvolvidos, por meio de convênio de cooperação entre a AMC e a Universidade Federal do Ceará (DET/UFC), vários estudos que buscassem conhecer melhor os recursos disponíveis desta tecnologia bem como suas limitações.

#### **3.1 Avaliação do desempenho nos períodos de pico do tráfego de interseções semaforizadas com controle centralizado em tempo fixo e real**

Baseado em estudo de caso de seis interseções semaforizadas integrantes do CTAFOR, este estudo teve como objetivo comparar o desempenho da operação com planos de tempo fixo dimensionados pelo TRANSYT *versus* o controle adaptativo, em tempo real, do sistema SCOOT, avaliando, especificamente nos períodos de pico do tráfego, a magnitude e o grau de variabilidade dos indicadores atraso médio e volume atendido em cada aproximação destes cruzamentos. As medições em campo das duas variáveis analisadas foram realizadas por meio de gravação em vídeo das imagens veiculadas pelas câmeras do sub-sistema CFTV e o procedimento de determinação do atraso veicular resultou de uma adaptação da metodologia proposta pelo HCM 2000. De forma geral, os resultados encontrados neste estudo prático vieram confirmar conclusões baseadas em simulações computacionais que sugeriram uma crescente superioridade do controle em tempo real sobre planos fixos à medida em que as demandas de pico aumentam.

#### **3.2 Validação dos Valores de Atraso Simulados pelo SCOOT**

Através de levantamentos de campo em quatro interseções semaforizadas da área controlada pelo CTAFOR este estudo objetivou validar os valores de atraso veicular simulados no controle adaptativo, em tempo real, do sistema SCOOT. Foram realizadas medições em campo da variável “atraso veicular médio” por meio de gravação em vídeo das imagens veiculadas pelas câmeras do sub-sistema CFTV. Foram comparados, então, os valores de atraso simulados pelo SCOOT com aqueles observados aplicando a metodologia

do HCM2000. Os resultados das análises estatísticas permitiram concluir que o sistema se apresentou como um excelente simulador da variável atraso médio veicular nas aproximações das interseções controladas pelo CTAFOR.

### **3.3 Análise do Desempenho da Progressão em Tempo Fixo nos Corredores Arteriais**

Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia da implantação da progressão de tempo fixo por maximização da banda de passagem nos corredores arteriais de Fortaleza, em períodos de baixa demanda de tráfego. A análise, baseada em um estudo de caso, consistiu da comparação entre a eficiência desse tipo de progressão e àquela proporcionada pelo sistema de controle adaptativo SCOOT, utilizado pelo Sistema Centralizado de Controle do Tráfego de Fortaleza – CTAFOR, adotando como medidas de desempenho valores de atraso veicular e qualidade da progressão, simulados pelo próprio sistema. Os resultados obtidos por meio das análises de inferência estatística confirmaram as expectativas iniciais de que, em períodos de baixa demanda, a progressão de tempo fixo por banda de passagem reduz atrasos e número de paradas nos links do corredor, beneficiando também as vias transversais.

### **3.4 Análise do Desempenho Operacional do Controle em Tempo Real nos Corredores em Período de Pico**

Este estudo objetivou a análise comparativa dos níveis de velocidade média observados atualmente (pós-implantação do controle em tempo real) em 9 corredores arteriais, em contraposição aos níveis observados em 1997 (antes da implantação). Tendo como objetivo principal analisar os ganhos de desempenho operacional, em períodos de pico, resultantes da implantação do controle centralizado em tempo real do tráfego nos corredores arteriais de Fortaleza (CTAFOR). Especificamente, foram avaliados os ganhos de velocidade média por sentido de tráfego, comparando estatisticamente cenários antes e depois da implantação do sistema CTAFOR. Um subproduto desta avaliação foi a caracterização operacional dos corredores em níveis de serviço estabelecidos com base nas velocidades e tempos médios de percurso. O trabalho discute ainda a utilização eficiente dos recursos operacionais do sistema SCOOT para a priorização do tráfego em corredores arteriais.

### **3.5 Desenvolvimento da Interface Lógica ASTRID/SCOOT e TransCAD**

Este trabalho concebeu e desenvolveu uma interface lógica capaz de promover a integração entre a base de dados de tráfego coletada e armazenada diariamente pelo sistema

ASTRID/SCOOT do CTAFOR, para parte da malha viária da cidade de Fortaleza, e o SIG-T TransCAD, atribuindo um caráter espacial a estes dados, para a realização de análises sobre o tráfego urbano desta área. Esta interface lógica, denominada TRANSCOOT, combina uma arquitetura modular e um modelo espaço-temporal de versões para importar dados dinâmicos de tráfego para o ambiente SIG estático, de forma flexível e eficiente, sendo possível assim, a realização de análise sistêmica do tráfego urbano da cidade, auxiliando a tomada de decisão e ações de planejamento dos técnicos responsáveis pela gestão do tráfego na área da cidade controlada pelo CTAFOR.

### **3.6 Avaliação Espacializada do Desempenho Operacional de Diferentes Estratégias de Controle de Semafórico Centralizado**

Objetivando avaliar o desempenho operacional de diferentes tipos de controle semafórico centralizado, em caráter global e espacial, foi desenvolvido uma metodologia levando em consideração todas as viagens realizada na malha viária de Fortaleza, em um determinado período do dia. A metodologia consiste na determinação do desempenho operacional do controle semafórico centralizado, aplicado a uma certa região, tendo como bases as viagens realizadas entre cada par de Zonas de Análise de Tráfego (ZAT). Este resultado é obtido pela relação entre a diferença de atraso veicular proporcionados pelo controle semafórico em tempo fixo (cenário 1) e em tempo real (cenário 2), e o tempo total gasto na realização das viagens entre o par de ZAT's. Dessa forma, os resultados da metodologia proposta visam a auxiliar os gestores públicos na tomada de decisão estratégica, relativa à análise de investimentos na rede viária municipal, assim como fornecer subsídios à expansão do sistema semafórico centralizado a outras áreas da cidade.

### **3.7 Definição de Indicadores de Desempenho para a Área Controlada pelo CTAFOR**

Este estudo teve como objetivo estabelecer indicadores de desempenho definidos para auxiliar a aferição dos objetivos de gestão do tráfego estabelecidos pelo quadro técnico do CTAFOR. Visando facilitar a percepção do conceito de indicadores de desempenho do tráfego, foi apresentado aos técnicos um conjunto de 19 indicadores obtidos junto à literatura especializada, sendo realizadas a seguir dinâmicas de grupo para socializar os conhecimentos apontados em entrevistas realizadas individualmente com cada técnico, de modo a promover o consenso a respeito dos objetivos a serem avaliados e seus respectivos indicadores. Apesar de vários dos indicadores levantados na literatura atenderem aos objetivos definidos, optou-se por trabalhar com indicadores menos complexos, em sua

maioria calculados diretamente a partir das variáveis básicas simuladas pelo SCOOT e armazenadas no ASTRID.

### **3.8 Estudos em Andamento**

#### *3.8.1 Priorização Semafórica do Transporte Coletivo por Ônibus em Sistemas Centralizados de Controle de Tráfego*

Com este trabalho pretende-se avaliar, com base em um estudo de caso, os benefícios operacionais da priorização de veículos de transporte coletivo por ônibus na programação semafórica de um corredor arterial operado pelo sistema CTAFOR, por meio de dados coletados em campo e simulados pelo sistema SCOOT. Para tanto, pretende-se primeiro comparar um controle de tempo fixo bem ajustado com o controle em tempo real. Em seguida, serão avaliados os benefícios operacionais dos dois níveis de prioridade passiva e ativa em ambas as estratégias de controle semafórico. Além das contribuições metodológicas de caracterização operacional e avaliação de estratégias de controle semafórico, espera-se identificar, baseado nos resultados do estudo de caso, a melhor estratégia de priorização semafórica do transporte coletivo nos corredores arteriais de Fortaleza.

#### *3.8.2 Análise da Variabilidade Espaço-Temporal dos Volumes Veiculares em Ambiente Urbano*

Este estudo tem como objetivo principal avaliar as tendências de variação espaço-temporal no padrão do volume de tráfego na malha viária delimitada pelo controle centralizado de semáforos do CTAFOR, procurando relacionar essas variações com os períodos de pico, dias da semana e meses do ano, bem como sua relação com a função da via e área de influência. Espera-se, ao fim do trabalho de pesquisa, contribuir no esclarecimento dos padrões de variação espaço-temporal do volume de tráfego urbano, concluindo sobre as tendências de crescimento do fluxo a longo e curto prazo, e verificando o efeito de fatores sazonais na variabilidade do tráfego de Fortaleza, de forma a avaliar a influência da relação do dia da semana ou de um fator semanal no padrão diário do tráfego.

### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O desenvolvimento dos estudos e pesquisas apresentadas evidenciam claramente a importância e necessidade de avaliar os reais benefícios advindos desta tecnologia ITS, de modo a garantir o maior retorno possível do investimento realizado. Os objetivos do

aprimoramento operacional são, por sua vez, de atingir a otimização na integração dos três sub-sistemas do CTAFOR, permitindo uma maior eficiência na gestão do controle de tráfego urbano.

Neste contexto, encontram-se atualmente em fase de planejamento e coleta de dados, alguns projetos que visam a: i) elaboração de uma metodologia de revisão e atualização periódica da programação semaforizada de tempo fixo para todas as interseções semaforizadas da malha viária de Fortaleza; ii) elaboração de um plano diretor de semáforos que contemple toda a rede semaforizada de Fortaleza, permitindo o planejamento e a programação da expansão da área controlada pelo CTAFOR; iii) desenvolver aplicativo para disponibilização aos usuários, via página WEB, das informações geradas a partir dos dados coletados em tempo real, relativas às condições do tráfego na área controlada pelo CTAFOR.

Atualmente encontra-se também em fase de concepção e desenvolvimento o sistema de gerenciamento do transporte coletivo, batizado de Controle Integrado de Transporte de Fortaleza – CITFOR que, integrado ao sistema CTAFOR, proporcionará a gestão otimizada do transporte coletivo, por meio da priorização semaforizada, gerenciamento da frota, sistema de informação ao usuário, bilhetagem automática, integração temporal, dentre outras facilidades. A fase atual do estudo encontra-se na elaboração das especificações técnicas e concepção da arquitetura, contando ainda com a realização de um projeto piloto.

## **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Castro Neto, M.M. (2003) *Comparação dos Valores Estimados pelo SCOOT com os Valores Observados em Campo para a Variável "Atraso Médio Veicular"*. Projeto de Graduação do Curso de Engenharia Civil da UFC. Fortaleza, CE.
- 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.
- 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, Programa de Mestrado em Engenharia do Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

Meneses, H.B.; Leandro, C.H.P.; Loureiro, C.F.G. (2003) *Indicadores de Desempenho para Sistemas Centralizados de Controle do Tráfego Urbano em Tempo Real. Relatório Técnico CTAFOR*. Fortaleza, CE.

Oliveira, M. V. T.; Loureiro, C.F.G. (2003) *Análise da Variabilidade Espaço-Temporal do Volume Veicular em Ambiente Urbano: Estudo de Caso em Fortaleza*. Plano de Dissertação do Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes da UFC. Fortaleza, CE.

Oliveira Neto, F. M.; Loureiro, C.F.G. (2003) *Priorização do Transporte Coletivo por Ônibus em Sistemas Centralizados de Controle de Tráfego*. Plano de Dissertação do Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes da UFC. Fortaleza, CE.

Paiva Neto, P. M.; Castro Neto, M.M.; Loureiro, C.F.G. (2003) *Progressão em Tempo Real Versus Tempo Fixo por Banda de Passagem em Períodos de Baixa Demanda – Estudo de Caso*. Relatório Técnico CTAFOR. Fortaleza, CE.

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*. Relatório Técnico CTAFOR. Fortaleza, CE.

Pereira Neto, W. A.; Oliveira Neto, F. M.; Loureiro, C.F.G. (2003) *Avaliação do Desempenho Operacional em Períodos de Pico do Controle Semafórico em Tempo Real nos Corredores Arteriais de Fortaleza*. Relatório Técnico CTAFOR. Fortaleza, CE.

**Entidade associada:**

AMC – Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza  
Av. Aguanambi , 90 - Fátima  
Fortaleza, CE – 60.055-402  
Fone: (85) 488-5737  
Fax: (85) 488-5736  
E-mail: ctafor@amc.ce.gov.br

**E-mail dos autores:**

marcusvinicius@amc.ce.gov.br  
timbo@amc.ce.gov.br  
brito@det.ufc  
wapn@det.ufc.br  
felipe@det.ufc.br