

## AUTOMAÇÃO NO CONTROLE DO TRÂNSITO URBANO

**Bruno Igor Rodrigues Domingues** – bruno.igor.domingues@poli.usp.br

Escola Politécnica da USP

Avenida Prof. Luciano Gualberto, travessa 3 n° 380

05508-970 – São Paulo - SP

**Bruno Nigro** – bruno.nigro@poli.usp.br

Escola Politécnica da USP

Avenida Prof. Luciano Gualberto, travessa 3 n° 380

05508-970 – São Paulo - SP

**Fernando Nobre** – fernando.nobre@poli.usp.br

Escola Politécnica da USP

Avenida Prof. Luciano Gualberto, travessa 3 n° 380

05508-970 – São Paulo - SP

### ***Resumo:***

Para a operação dos sistemas de controle de tráfego urbano, é necessário coletar diversos tipos de dados sobre o fluxo de tráfego. Estas coletas podem ser feitas de forma automatizada utilizando-se dispositivos eletrônicos tais como os detectores de veículos. Em muitos casos estes sistemas são implantados sem a preocupação com a utilização dos dados coletados por estes dispositivos para fins além do controle de tráfego propriamente dito, uma vez usados para fins de programação semafórica ou fiscalização de velocidade, esses dados são abandonados. Se esses dados fossem utilizados por um sistema inteligente de monitoramento de tráfego, os congestionamentos nas grandes capitais poderiam ser reduzidos, além da melhora da qualidade de vida e tempo perdido pela população. Nesse trabalho o impacto do trânsito urbano será analisado, então algumas propostas existentes serão expostas e por fim a proposição de como melhorar o tráfego urbano dando enfoque a soluções automatizadas.

***Palavras-chave:*** Automação, trânsito urbano, trânsito, congestionamento, scoot.

## 1 INTRODUÇÃO

Com a crescente globalização e o dinamismo que domina o cotidiano nos centros urbanos, o tempo passa cada vez mais a ser valioso. Porém os congestionamentos que tomam conta das ruas das cidades, oriundos de um planejamento inadequado somada ao grande influxo de pessoas, tomam mais e mais tempo e dinheiro dos moradores e gestores das grandes cidades. O tempo médio gasto diariamente no trânsito pelo brasileiro é de 2,6 horas. Em países desenvolvidos, esse tempo é de uma hora. O trânsito ruim afeta 20,5% da população do País.

Em muitos casos, soluções paliativas são adotadas, a mais óbvia e direta sendo a simples adição e ampliação das vias. Essa solução traz vários problemas, como aumento da poluição sonora e atmosférica, diminuindo a qualidade de vida da população (CAMBRUZZI e JUNIOR, 2003, apud. PEREIRA, 2005). Além disso, esta solução geralmente ocasiona o aumento da frota de veículos, que faz o problema original retornar em pouco tempo.

O transporte público é uma alternativa que muitos apontam com convicção, porém de acordo com uma pesquisa realizada pelo Departamento de Transportes britânico, quase 60% dos motoristas aceitam o congestionamento, desde que o atraso seja previsível (DfT, 2004), como pode ser visto na FIGURA 1. Isso só se torna possível através de algum sistema inteligente que possibilite estimar este atraso.

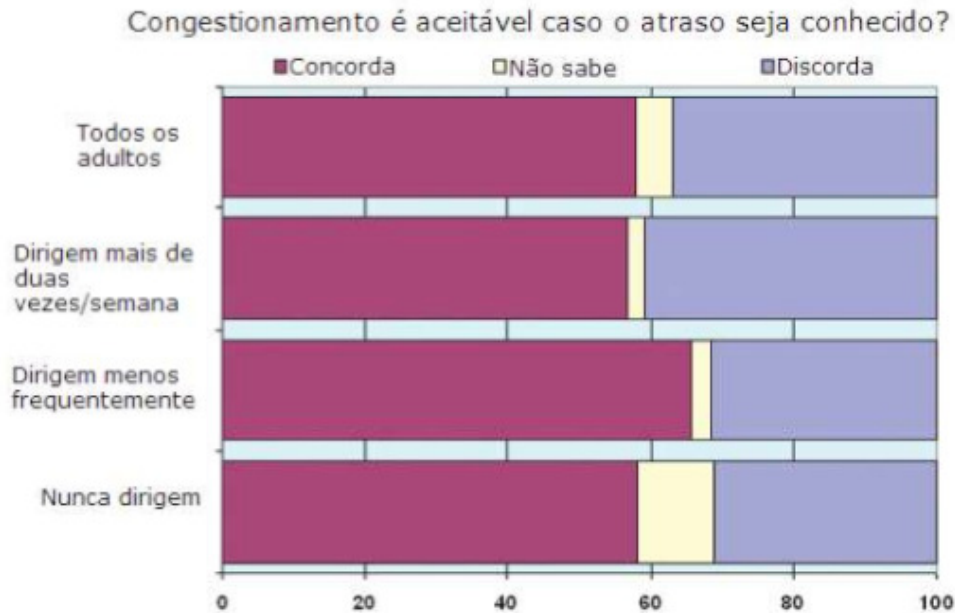


FIG. 1 - Congestionamento é aceitável caso o atraso seja conhecido?

Fonte: Adaptado de DfT, 2004

Assim, um conjunto de medidas é necessário para integrar os sistemas de medição, controle e prevenção, de tal forma a conseguir prever situações de congestionamento e aperfeiçoar o uso da malha viária. Tais medidas englobam os conceitos mais básicos que estão presentes há bastante tempo, como o *Ridesharing*, *Park&Ride*, faixa para veículos de alta ocupação (HOV) etc., conhecidos como TDM – *Traffic Demand Management* até medidas mais sofisticadas, como semáforos inteligentes (SCOOT), análise dinâmica das condições de trânsito através de algoritmos de análise de vídeo, ou malhas indutivas nas ruas. Todas estas técnicas buscam melhorar a fluidez do trânsito, porém com um pacote de medidas que seja viável, tanto no quesito econômico quanto na aceitação por parte dos usuários. Para isto as medidas não podem depender demasiadamente da mudança de planos do usuário, mas deve fornecer mecanismos e ferramentas para que este possa se beneficiar do sistema sem alterar radicalmente sua rotina, mas guiando-o para a melhor rota. E esta rota deve ser automatizada, seja com semáforos inteligentes ou controle dinâmico de fluxo.

## **2 REALIDADE DA AUTOMAÇÃO URBANA BRASILEIRA**

O aumento do poder aquisitivo dos brasileiros, a diminuição do preço dos carros usados, incentivos dado pelo governo como diminuição do IPI para carros novos e especialmente a facilidade de crédito e a precariedade do sistema de transporte público fazem com que o número de veículos nas ruas já congestionadas só aumente. Além disto, o transporte coletivo da maioria das cidades brasileiras são caros e ineficientes e a popularização dos carros flexíveis, que viabilizaram a escolha do combustível mais barato são fatores que contribuíram para que muitas pessoas preferissem o transporte individual ao coletivo. Cada vez há mais carros nas ruas e muitos deles são antigos e sem manutenção adequada.

As prefeituras têm investido em obras civis para tentar melhorar esse trânsito, como por exemplo, a ampliação das marginais em São Paulo, a ampliação do metrô ou a criação de corredores de ônibus. Estas soluções são todas paliativas, pois a ampliação de vias é meramente um alívio temporário, que por sua vez incentiva mais pessoas a adquirirem seus veículos, e a ampliação do transporte público, medida sem dúvida muito necessária, não atinge o foco do problema, que é o excesso de veículos circulando em uma malha viária sem nenhum grau de inteligência. É indiscutível que as medidas sendo adotadas atualmente trarão benefícios, pelo menos a curto prazo, o que falta é um pacote de soluções mais abrangente, visto que poucas soluções envolvendo automação são implementadas.

Os primeiros sistemas de controle do tráfego urbano tiveram como objetivo melhorar as condições de circulação e fluidez exclusivamente dos veículos privados. Com o tempo, estes objetivos foram se expandindo, passando a incluir, entre outros, a priorização do transporte coletivo, a maximização da segurança dos pedestres e dos ciclistas, além da redução do consumo de combustível e da emissão de poluentes (LEANDRO, 2001).

Segundo ROESS *et. al* (1998), os primeiros sistemas de controle de tráfego em área eram formados por um computador localizado em uma central de controle e semáforos instalados em campo. Da central, os comandos eram enviados para os controladores semafóricos em campo e os únicos dados que voltavam do campo automaticamente eram avisos sobre falhas nos equipamentos, porém, nos últimos anos alguns indícios, tímidos e limitados, mas reais, de automação no trânsito começaram a aparecer. Os radares e as lombadas eletrônicas por exemplo, que detectam os veículos que ultrapassam a velocidade limite da via e os fotografa.

Outra solução adotada foi a sincronização dos semáforos em uma avenida, que foi apelidado de “onda verde”.

Em São Paulo, a CET disponibiliza via internet ou via painéis de mensagem variável (PMV) em alguns pontos mais movimentados os pontos de congestionamento da cidade, que é atualizado em intervalos de poucos minutos, mantendo o motorista avisado. Avisa também sobre acidentes ou problemas ocorridos em um determinado local.

Rádios e emissoras de televisão também ajudam a monitorar o trânsito em grandes cidades, informando os pontos mais congestionados.

Apesar dessas tecnologias já estarem sendo utilizadas nas cidades brasileiras, ainda é muito pouco perto do que já foi estudado e do que é utilizado em outros países. Um dos principais problemas é a falta de integração entre os sistemas de monitoramento/aviso/prevenção, cada sistema se preocupa em fazer seu papel, mas não há um compartilhamento de informação que permitiria uma maior automatização do trânsito. Um exemplo são os semáforos, nos quais a obtenção dos parâmetros necessários para o controle semafórico utilizando-se dados de detectores de veículos é geralmente feita por formulações sigilosas (totalmente ou em parte). Além disso, a utilização dos dados é exclusiva para o controle semafórico. Alguns trabalhos, como o de MENESES (2003), buscaram melhorar o acesso a esses dados para sua utilização pelos órgãos de trânsito e por pesquisadores. Este autor propôs uma solução para o problema de importação e modelagem de dados da base de dados do sistema do CTA da cidade de Fortaleza (CTAFOR), implementado em 2000.

Os dados coletados por detectores de veículos também podem ser utilizados para auxílio na avaliação do desempenho do controle de tráfego quanto a fluidez e segurança. Exemplos de trabalhos realizados neste sentido são os de DAVIS e NIHAN (1984), BARBOSA e MONTEIRO (2000), DAHLGREN (2002), BERTINI (2002) e MARTIN (2003).

### **3 POSSÍVEIS SOLUÇÕES**

O problema do trânsito urbano, mais acentuado em cidades como São Paulo, mas presente em todas as metrópoles do mundo, já gerou inúmeros trabalhos e estudos a respeito de técnicas de automação do trânsito urbano, desde as soluções mais simples até propostas sofisticadas de automação, como o SCOOT, que será detalhado mais adiante.

Existem diversas soluções que não envolvem mudança de hábito dos condutores, em geral são soluções mais simples que tem impacto menor no trânsito, alguns exemplos são **faixas adicionais**: uma abordagem comum para problemas de congestionamento é adicionar faixas à via, tanto ampliando a via quanto diminuindo a largura das faixas existentes ou convertendo um acostamento ou outro espaço em uma faixa. Esses tipos de ajustes são caros, consomem tempo e geram controvérsias. Além de não ser comprovada a eficácia desta solução. Em outros países é comum ver a existência de **faixas para veículos com alta ocupação (HOV)** – Faixas de tráfego destinadas exclusivamente a veículos que transportam mais de um passageiro. Essas faixas têm o objetivo de reduzir o tempo de viagem de HOVs, e estimular que as pessoas não viagem sempre sozinhas, levando alguma carona para diminuir o numero de carros na rua.

Já outras soluções pedem um pouco mais de boa vontade por parte do motorista, mas como as citadas anteriormente, também não envolvem automação, um exemplo é o **Ridesharing** – Consiste em fazer com que um grupo de pessoas que fariam a viagem em vários veículos esse reúna em apenas um com o objetivo de aumentar a ocupação de veículos, reduzindo a demanda de tráfego urbano, principalmente nos horários de pico, porém as pessoas precisam sacrificar a flexibilidade de horários em prol do “ridesharing”. Os **arranjos alternativos de trabalho** – Esta forma de TDM tem como objetivo fazer com que a demanda se distribua mais uniformemente no tempo ou no espaço. Isto pode ser feito das seguintes formas (FERRONATTO, 2002): **horário de trabalho escalonado** - entrada no serviço é distribuída em um período de tempo, entre os empregados, que continuam trabalhando pelo mesmo número de horas.

Existem diversas outras propostas de melhoria do trânsito urbano que não envolvem automação, mas fogem do escopo deste artigo, os exemplos citados acima servem para exemplificar algumas das soluções bastante simples tecnicamente que já são utilizadas em muitos países e que quando combinadas com aplicações de automação, descritas mais adiante, podem reduzir significamente o trânsito.

Projetar, implementar, otimizar e ajustar sistemas de controle do trânsito urbano envolve uma quantidade considerável de esforço e conhecimento. Devido a várias razões, mudanças no ambiente não sempre acarretam mudanças nas unidades de controle de trânsito, que pode ser uma tarefa dispendiosa. Muitas vezes quando tem uma pequena obra na via, por exemplo, ou alguma anomalia no trânsito, as unidades de controle não são ajustadas de acordo. Assim, a eficácia dos sistemas de controle de trânsito urbano depende da sua capacidade de reagir às mudanças no trânsito, e do “conhecimento” armazenado no sistema que o torne capaz de reagir adequadamente às mudanças nas condições de trânsito, otimizando o fluxo de veículos por meio de ajustes nos tempos dos semáforos e coordenação entre semáforos subsequentes. Para um sistema inteligente de controle urbano, idealmente precisamos um sistema proativo, de tempo real, que atencipa o que irá acontecer nos próximos 15 minutos (Roozmond, 1997).

Já existem alguns sistemas de controle inteligentes (e.g., UTOPIA-SPOT ou SCOOT) que tomam decisões racionais a respeito das condições dos semáforos sob diversas condições de trânsito. Outros sistemas capazes de auto-otimização são MOVA

(Inglaterra) e LHOVRA (Suécia), ambos são projetados para otimizar intersecções isoladas e nenhuma interação explícita ocorre entre intersecções.

Nesta secção iremos analisar o sistema SCOOT, uma solução automatizada para o controle de semáforos: A sigla SCOOT significa SPLIT CYCLE OFFSET OPTIMIZATION TECHNIQUE, onde Split significa porcentagem ou fração de verde (note que não é a duração de tempo de verde em segundos), Cycle é o tempo do ciclo semafórico e Offset significa defasagem. Assim, significa “Técnica de Otimização da Porcentagem de Verde, Ciclo de Defasagem”.

Recentemente, estudos de simulação “off-line” do SCOOT vêm sendo desenvolvidos na América do Norte, uma vez que só nos últimos anos este tipo de sistema tem atraído a atenção de americanos e canadenses (Abdel-Rahim e Taylor, 2000; Perrin e Martin, 2002). Estas simulações têm apontado, entretanto, para o fato de que, quando opera-se no pico do tráfego, planos fixos bem atualizados, e otimizados para um período específico, podem produzir resultados tão bons quanto as estratégias de controle adaptativo. Além disso, sistemas de controle em tempo real tendem a produzir menores tempos de viagem quando os níveis de demanda do tráfego evoluem lentamente, conforme concluído por Stewart *et al.* (1998).

SCOOT é um sistema de controle de tráfego em tempo real, na medida em que variam os tempos semafóricos (% de verde, ciclo de defasagem) em função do fluxo de tráfego a cada momento. Ao contrário do controle de tráfego em tempos fixos, onde os tempos semafóricos são invariáveis, o sistema de controle em tempo real reage às variações de tráfego de forma a adequar os tempos semafóricos ao tráfego em cada instante. Convém lembrar aqui a diferença entre o sistema de controle em tempo real com sistemas atuados e de sistemas de seleção dinâmica de planos. Nos sistemas atuados, os tempos semafóricos também não são fixos, variando de um mínimo a um máximo. Porém, neste caso não existe um cálculo de otimização visando minimizar os atrasos na área sob controle. O sistema atuado simplesmente prolonga o verde à medida que detecta a aproximação de mais veículos até atingir o verde máximo. Os sistemas de seleção de planos são apenas uma variação do sistema de controle em tempos fixos. Ao invés dos planos serem selecionados por uma tabela horária, eles são selecionados por uma tabela de decisão baseada em parâmetros de tráfego. Assim, esses sistemas continuam baseados em planos de tempo fixo.

Os blocos básicos do sistema SCOOT podem ser vistos na figura 2, abaixo



Figura 2 – Blocos básicos do sistema SCOOT (fonte: Sun Hsien Ming)

O sistema SCOOT basicamente detecta veículos em uma região em volta de uma intersecção semaforizada, envia os dados para o computador central que realiza os cálculos necessários e então atua no semáforo para otimizar o fluxo de veículos

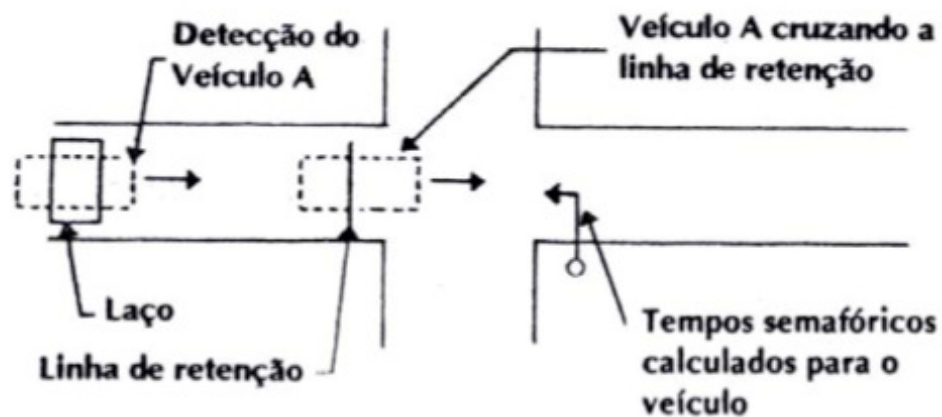


Figura 3 – Intersecção com SCOOT (fonte: Sun Hsien Ming)

A conclusão de estudos detalhados sobre o SCOOT (Stewart *et al.*, 1998) é que os sistemas de tempo real representam uma significativa melhoria, quando comparado a sistemas de utilização de planos de tempo fixo otimizados para períodos específicos de pico do tráfego.

## **4 PROPOSTA**

Como proposta de solução para o trânsito urbano, este artigo propõe a completa integração dos sistemas atualmente existentes de controle urbano (radares, PMV, detectores de presença, câmeras, semáforos inteligentes, etc.) em um sistema único e interligado, de tal forma a permitir a utilização do maior número de informações para tomada de decisões. Além disto, o sistema de automação e controle de trânsito urbano deve deixar de somente de coletar informações dos veículos pelos sensores de fluxo e velocidade e passar a interagir com o sistema de navegação do veículo. Assim, ele pode ver qual a rota de veículo, ver quantos veículos pretendem seguir aquela rota, antecipar o trânsito da região e fornecer rotas alternativas (ou previsão do trânsito) para o veículo para que o navegador evite situações de trânsito real e trânsito futuro. Além disto, podendo prever o trânsito em uma determinada região com certa antecedência permitindo que diversas medidas sejam tomadas, como avisar aos motoristas para que mudem a rota, otimização dos tempos dos semáforos a fim de evitar o engarrafamento, etc. São atribuídos valores numéricos para quantificar o trânsito atual e futuro. A comunicação pode ser feita através de redes sem fio (3G ou outra). Os dados para prever o trânsito podem vir da informação das rotas, da medição do fluxo e velocidade em outras vias e cruzar isso com dados históricos, pois nem todos os veículos utilizam sistemas de navegação GPS, e condições climáticas, pois o sistema pode saber as áreas mais propensas a alagamentos, e dadas certas condições de chuva, já pode prever o trânsito nestas regiões.

## **5 FUTURO**

Pode-se pensar que no futuro todos os carros serão guiados automaticamente e para que isso aconteça é necessário que haja controle sobre os cruzamentos das vias urbanas para que se garanta a segurança dos passageiros e transeuntes. Para que isso aconteça são necessárias duas coisas, um sistema que garanta que os carros não irão colidir em cruzamentos, ou seja, uma espécie de semáforo virtual, que fará com que um carro pare se tiver outro cruzando a via, e um sistema que garanta a segurança de um transeunte atravessando na faixa de pedestres, através de câmeras e um algoritmo que analise a existência de um ser vivo em frente ao carro que possa ser atropelado se o carro mantiver o trajeto, tomando a medida necessária para que não haja acidentes. O sistema de navegação ficará sincronizado com o sistema de controle de tráfego urbano da cidade que vai otimizar todas as rotas por conhecer antecipadamente a rota de todos (não haverá carros que não tenha o sistema de navegação, senão não funciona como o esperado).

Para que esse futuro se torne presente é necessário que haja avanços na automação do controle de trânsito urbano, que é bastante precário, principalmente no Brasil que essa automação praticamente não existe.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MING, S. H. **Uma breve descrição do sistema SCOOT**. São Paulo, 14 p., 1997. Notas Técnicas da CET.

DOURADO, V. A. F; CAMPOS, V. B. G. **Sistemas de informação em tempo real no gerenciamento da demanda de tráfego urbano**. Rio de Janeiro, 12 p., 2007. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia.

ROOZEMOND, D. A. **Using intelligent agents for urban traffic control system**. Delft, 5 p., 1998. Delft University of Technology.

OLIVEIRA, R. S.; FARGES, J.L.; MOREIRA, G. O.; KRAUS Jr., W. Controle ótimo de um cruzamento automatizado de tráfego urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 14., Natal. **Anais...** Porto Alegre: UFSC – Departamento de automação e sistemas, 2002. p. 1501-1506