

SP 01/11/91

NT 135/91

## **Relatório de Viagem/Chile: Verificação da Central de Controle de Tráfego "On Line" de Santiago**

### **Núcleo de Estudos de Tráfego (NET)**

#### Objetivos da Viagem

A viagem à cidade de Santiago do Chile teve por objetivo conhecer e verificar a experiência daquela cidade com a implantação de uma sistema de controle dinâmico - on line - numa área piloto com 40 interseções semaforizadas, controladas por controladores T-200 da Plessey.

Como o sistema Semco foi também implantado com equipamentos da Plessey, a idéia foi verificar e comparar os dois sistemas, para verificar a possibilidade de implantar um sistema idêntico numa área do Semco, e nesse caso, qual seria o grau das modificações e/ou adaptações necessárias.

A viagem teve também o objetivo precípua de conhecer o sistema SCOOT (Split, Cycle and Offset Optimisation Technique), que é o software responsável pelo controle dinâmico, das suas vantagens e benefícios e da sua operacionalidade.

Além disso, a viagem teve ainda o propósito de ser o início de um eventual programa de intercâmbio entre Brasil e Chile, com o objetivo de trocar experiências e conhecimentos na área de tráfego, uma vez que há intercâmbios e contatos com países da Europa (Inglaterra, França, Espanha, etc.) e praticamente nenhum contato com os países da América do Sul, muitos dos quais também estão bastante preocupados com a gestão do trânsito. O Chile, por exemplo, é o primeiro país da América do Sul a implantar um sistema dinâmico, que é considerada uma das tecnologias mais modernas de controle de tráfego.

Por outro lado, o governo do Chile está interessado em criar uma empresa voltada para a gestão do tráfego, semelhante à CET. Com essa finalidade, foi levado material didático e de divulgação utilizado pelo CETET no programa Espaço Vivencial de Trânsito, folheto sobre a Zona Azul, relatório diário de operação da Central, além de outras informações sobre o funcionamento e trabalhos da CET, sua estrutura organizacional, atribuições, etc.

#### Dados Gerais Sobre Santiago

A cidade de Santiago é subdividida em várias municipalidades autônomas. Com uma população de 4,5 milhões de habitantes e uma frota circulante de 450 mil veículos, Santiago é uma cidade relativamente bem servida de transporte coletivo, pois possui uma rede de 31 Km de Metrô (com 37 estações) e uma frota de 12 mil ônibus (na sua maior parte microônibus, muitos deles velhos modelos já com vários anos de uso).

A composição dos modos de viagens é a seguinte:

1. 60% das viagens são feitas por ônibus;
2. 15% das viagens são feitas por Metrô; e
3. 25% das viagens são feitas por veículos particulares.

A cidade conta ainda com 1 mil interseções semaforizadas.

Os principais eixos são avenidas bastante largas, com 4 ou mais faixas de tráfego por sentido, sem canteiro central. Existe a Av. Costanera, com volume diário de mais de 100 mil veículos, onde é operado um sistema reversível (pico da manhã: mão única de direção de tráfego no sentido

leste/oeste; pico da tarde: mão única de direção no sentido oposto; demais horários: mão dupla de circulação). Essa operação é feita apenas usando focos semaforicos, sem a intervenção de agentes operadores de tráfego.

Digno de registro é o fato de existir um relógio medidor de eletricidade ao lado de cada controlador semaforico, para medir o consumo de energia elétrica dos grupos focais para efeito de pagamento à companhia fornecedora de energia elétrica.

### Organização Administrativa

Como a cidade de Santiago é subdividida em vários municípios autônomos e independentes, cada qual é responsável pela implantação e manutenção dos serviços públicos na sua área, incluindo a sinalização viária. Decorre daí uma certa diversidade de padrão da sinalização, principalmente com relação à sinalização semaforica. Quanto a esta última, para evitar os problemas decorrentes dessa divisão administrativa (padrão de sinalização, tratamento de eixos de tráfego que cortam vários municípios, etc.), foi criada a Unidad Operativa de Control de Tránsito - UOTC - subordinada ao Ministério de Transportes e Telecomunicações do Chile, responsável pela normatização da sinalização semaforica da cidade de Santiago e pela operação da Área Piloto, prevendo-se, entretanto, para o futuro, também a operação de todo o sistema semaforico da cidade.

### Padrão de Sinalização

O que se sobressai na sinalização de Santiago é o seu uso bastante criterioso, evitando a poluição visual como ocorre em São Paulo, resultando numa cidade visualmente mais limpa e mais agradável.

A sinalização semaforica é constituída basicamente de grupos focais repetidores, havendo poucos com braço projetado, mesmo nas avenidas muito largas. Mesmo assim, não há a impressão de falta de visibilidade. Ao contrário, os focos semaforicos se sobressaem na paisagem urbana. As lentes são sempre de 300mm para todas as cores.

Nos eixos principais não há postes. Todas as instalações são subterrâneas. Há instalações aéreas apenas nas ruas secundárias e locais.

### Restrição de Circulação

Visando a controlar a emissão de poluentes pelos veículos, há uma lei vigorando na cidade de Santiago, com índice bastante satisfatório de respeito, através da qual é proibida a circulação de veículos com placas terminando em determinados dígitos (2 dígitos por dia). Por exemplo, na segunda-feira são proibidos de circular os veículos com placas terminando em 0 e 4, na terça os veículos com placa terminando em 1 e 5, etc.

Caso a poluição chegue a nível inaceitável, a restrição passa a ser de 4 dígitos.

### Área Piloto

A área piloto, constituída por 40 interseções, controladas por 33 controladores, sendo 22 T-200 da Plessey, 4 Ferranti e 7 chilenos, é subdividida em duas sub-áreas e é comandada por um computador central PDP 11/83, o qual roda o programa SCOOT Kernel, versão 2.3.

O sistema, além dos 40 cruzamentos acima citados em SCOOT, tem capacidade de controlar mais 100 cruzamentos em tempo fixo.

O custo da implantação do sistema importou em aproximadamente US\$ 1 milhão (dólares), sem incluir o custo da aquisição do imóvel para o Centro de Controle e que serve também de escritório para a UOTC.

### Sistema SCOOT

O sistema SCOOT basicamente é um software que otimiza o trânsito de forma dinâmica ou on line, isto é, para e a cada momento, baseado em informações enviadas por detetores de tráfego, o melhor plano de tráfego.

Basicamente são três otimizadores de tráfego que funcionam simultaneamente.

### Otimizador de Ciclo

É determinado, previamente, um ciclo máximo e um ciclo mínimo para o sistema. Dentro dessa faixa, o sistema procura otimizar o ciclo da seguinte forma:

1. O otimizador atua a cada 5 minutos (ou a cada 3 minutos na saturação);
2. Para o ciclo entre 32 e 64 s, o otimizador pode incrementar ou diminuir o ciclo vigente de 4 em 4 s; para o ciclo de 64 a 120 s, o otimizador incrementa ou diminui o ciclo de 8 em 8 s e 16 s para ciclos entre 160 e 240. Caso persista a necessidade de alteração após o novo ciclo, o incremento ou decréscimo será unitário ( 1 s).

### Otimizador de Reparto ou Split

Esse otimizador atua no início do verde de cada estágio e o incremento ou decréscimo é de 4 em 4 s.

### Otimizador de Defasagem

Esse otimizador atua a cada ciclo, no início do estágio de maior duração e dá incrementos ou decréscimos de segundo em segundo.

Tendo em vista a atuação conjunta dos três otimizadores que se interagem, o resultado de um é influenciado pela atuação dos outros, resultando numa combinação de ciclos verdes bastantes flutuantes.

O sistema de monitoramento remoto permite visualizar na tela de vídeo todo o sistema, com a indicação dos links com congestionamento, congestionamento leve, bloqueio e trânsito normal.

### Laços Detetores

Os laços são colocados no final do link e são usados para detectar presença.

São utilizadas placas detectoras de 4 canais com microprocessador 8748, capazes de fazer a sintonia automaticamente. Foi adquirida uma placa para ser testada aqui em São Paulo, conforme relatório justificativo.

Se for compatível com o nosso sistema, poder-se-á evitar o trabalho demorado de calibragem manual do laços, bem como aumentar a confiabilidade dessa sintonização uma vez que sendo feito automaticamente, adaptar-se-á rapidamente às variações das condições existentes no local (umidade, temperatura, vibração, etc.).

Como os laços estão no final do link e muitas vezes longe de controlador e as unidades de detecção são absolutamente independentes do mesmo, são muitas vezes utilizados gabinetes próprios para as unidades de detecção, instalados próximos aos laços.

O sistema utilizado em Santiago para o projeto SCOOT, em condições gerais, é de 1 laço para cada 2 faixas de tráfego.

### Validação do Sistema

São fornecidos os seguintes parâmetros para o sistema:

- Tempo de percurso (ou tempo de viagem) do link (entre o laço detetor e a linha de retenção);

- A fila máxima (em número de veículos) que o link suporta;
- Ocupação de saturação (em LPU's por segundo) estimada através da largura da via; (LPU = Link Profile Unit);
- Start Lag;
- End Lag; e
- Default offset (um valor default para a defasagem).

O LPU é uma medida de ocupação (uma vez que os detetores são detetores de ocupação) e tem equivalência com o número de veículos. Essa equivalência varia de link para link em função da configuração ou do lay out físico do cruzamento.

Quando um laço é rompido, o sistema assume default da defasagem.

Com os dados fornecidos e com as informações enviadas pelos laços detetores, o sistema calcula, a cada ciclo, o tempo de desmanche da fila formada durante a retenção dos veículos no período de vermelho.

A validação consiste em medir o tempo de desmanche da fila em campo e compará-lo com o tempo calculado pelo SCOOT. Se este último for maior, aumenta-se a ocupação de saturação inicialmente estimada. Se for menor, diminui-se a ocupação de saturação. As medições e as alterações são feitas até se encontrar um equilíbrio ou uma coerência entre os 2 tempos, quando se considera então calibrado o link.

#### Tabela Horária

É possível elaborar uma tabela horária, onde o SCOOT é encarado como se fosse um plano de tráfego. Exemplificando:

Período	Plano
1	Plano 1
2	SCOOT
3	Plano 2
4	Plano 3
5	SCOOT

#### Relógio

Os relógios dos controladores são sincronizados com o relógio da Central a cada 24 horas, sendo o acerto feito às 12h00.

#### Central

Há operadores na Central apenas nos horários com expediente normal nos dias úteis. Nos demais horários e nos fins de semana e feriados, não há nenhum tipo de trabalho, permanecendo fechada a Central. Se houver corte de energia na Central, os controladores funcionam com base nos planos locais e quando da volta da energia o sistema volta automaticamente, sem necessidade de intervenção manual.

#### Outros Projetos de Santiago

Além do sistema implantado na Área Piloto, foram feitas mais duas licitações para os seguintes projetos.

### Avaliação da Área Piloto

Esta licitação foi ganha pela Universidade Católica e consiste em criar metodologia e procedimentos para aferir os resultados do sistema.

Estão previstas aferições comparando o desempenho do SCOOT com o desempenho do sistema a planos fixos calculados a partir do programa TRANSYT (na mesma área). Também está prevista a comparação do sistema em rede local com o sistema centralizado.

Nestas aferições estão incluídos a emissão de poluentes, o atraso e o número de paradas.

### Projeto para a Cidade de Santiago

Foi feita licitação pública para o projeto e implantação do controle das demais interseções semaforizadas da cidade.

A Plessey juntamente com a firma chilena Sonda ganhou o controle de metade da cidade com 460 interseções a um custo de 13 milhões de dólares, enquanto o grupo espanhol SIGE (Codelán, Ortodika y Bonal) juntamente com a firma chilena Auter ganhou o controle da outra metade da cidade com 540 interseções a um custo de 14,5 milhões de dólares.

Observa-se que a concorrência incluiu a oferta dos financiamentos necessários para a implantação do projeto.

O tempo estimado para a implantação das duas áreas é de 1,5 ano.

O projeto prevê inicialmente o controle centralizado a planos fixos (2 centrais), porém poderá ser adaptado no futuro para sistema de controle dinâmico com baixo custo.

### Especificação de Controladores

Foi elaborada uma especificação de controladores, válida para toda a cidade de Santiago (eventualmente no futuro para todo o Chile), visando padronizar os equipamentos utilizados, inclusive até o nível de gabinete. Assim, os diversos controladores utilizados, apesar de provenientes de diversos fabricantes, são todos compatíveis entre si: Plessey, Ferrnti, AF4, etc.

### Contatos Mantidos

Além do pessoal da UOTC (que por enquanto funciona com 9 pessoas, mas com previsão de aumento do efetivo devido à operação dos semáforos em toda a cidade), foram mantidos contatos com os fabricantes chilenos: Sonda, Auter, Sarasota, Rumbler, etc.

Digno de nota também foi a audiência mantida com o senhor Sergio Gonzalez Tagle, subsecretário de Transportes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones del Chile.

### Similaridades do Sistema com o Semco

A Central de Controle de Santiago, analogamente à nossa, é constituída basicamente por equipamento DEC (Digital Equipment Corporation).

Logicamente, estes equipamentos são mais modernos, possuindo assim, maior velocidade e capacidade de processamento (microcomputador PDP 11/83), com maior resolução gráfica (Terminal de Vídeo VT 320 e VT 220) e maior velocidade e diversidade de impressão de caracteres (impressora LA 120). O sistema operacional também possui as mesmas características que o atualmente utilizado, sendo no entanto mais moderno e conseqüentemente com maiores recursos (RSX 11M+).

A Unidade de Transmissão Central (UTC), que é a interface de comunicação entre o computador central e os controladores remotos, possui grande similaridade técnica e física com nosso sistema, pois além de ser constituída de 2 gabinetes com 4 racks (prateleiras) cada, também possui ciclo e

velocidade de transmissão/recepção idênticos; sendo estes 1 s e 200 bauds, respectivamente. O sistema de comunicação analisado não utiliza a placa Amplificador/Receptor Diferencial com o nosso, uma vez que além de não existir computador de reserva, visando uma possível substituição, também não existe a necessidade de transmissão dos sinais provenientes do Unibus do processador a uma distância grande, uma vez que os gabinetes possuem as placas Interface Lógica e Duplo Modem ficam lado a lado com o mesmo.

Ressalta-se que considerando 1 rack, a utilização destas placas é quantitativa e funcionalmente idêntica à nossa, ou seja, as 4 placas Interface Lógica transformam tanto os dados paralelos, em série na transmissão (central - remota), quanto os dados série paralelo (remota - central); e as 8 placas Duplo Modem transformam os sinais digitais série em sinais analógicos em frequência de voz, que após passarem por transformadores isoladores e causadores de impedância são enviados pelas linhas de transmissão até as Unidades de Transmissão Remota (UTR) correspondentes. O sistema de transmissão de dados utilizado, em ambos os casos, é designado de Telecomand 8 (TC8), podendo ser interfaceado, sem prejuízo algum, a uma variedade de configurações de linhas, utilizando para tal, variantes dos modems e bandeja de transformadores. No caso do sistema Semco, optou-se pela configuração multipontos a 4 fios, o que proporciona uma perda máxima de 13 db, enquanto que no sistema utilizado em Santiago, a opção foi pela configuração radial de 2 fios, que acarreta perda máxima de 24 db.

A Unidade de Transmissão Remota (UTR) utilizada naquele sistema também não apresenta grandes diferenças em relação ao nosso, uma vez que cérebros, ou seja, os microprocessadores utilizados são similares, sendo ambos de 8 bits (8085 e 8080). A única diferença digna de ser mencionada é devido ao fato do nosso sistema de comunicação remoto (UTR) utilizar o microprocessador do próprio controlador; enquanto no sistema de Santiago, existe outro micro no controlador (8088 - 16 bits).

Quanto ao controlador de tráfego, utiliza-se o modelo T-200 da Plessey, que comparado com o nosso T-99, apresenta entre outras, as seguintes características:

- Programação de conflitos através de PROM e não de straps de hardware;
- Operação manual através de botão após habilitação realizada pelo programador, ao invés de plug de comando;
- Programação de temporizações realizada em EPROM e copiadas em RAM, visando possíveis modificações temporárias. No caso de se perder os dados de RAM devido a uma falha de bateria, há o retorno imediato às temporizações da EPROM, O nosso sistema só possui memória RAM (volátil);
- Funcionamento em modo atuado, sendo isto impossível no T-99; e
- Programação de temporizações de segurança através de EPROM e não de straps.

No mesmo gabinete do controlador de tráfego está instalado o equipamento detetor veicular, embora sendo totalmente independente do mesmo. A forma de detecção é semelhante ao nosso sistema, ou seja, através de loops instalados nas vias (detecção por indutância). Outros detalhes são dados no capítulo de laços detetores.

Com todos os dados coletados, conclui-se que a implantação de um sistema SCOOT, com reutilização da infra-estrutura existente, é totalmente viável; sendo necessário para tal efetivação, as seguintes alterações e/ou adaptações em termos de central de controle existem duas opções, sendo:

- Substituição dos computadores e periféricos existentes por equipamentos da linha VAX e seus periféricos, tornando possível a operação de ambos os sistemas (Tempo Fixo e SCOOT) no mesmo computador, uma vez que ele é multitarefa.
- Instalação de microprocessador da linha PDP (ou similar, desde que compatível com a UTC) e periféricos, na mesma sala dos computadores existentes. Este micro seria responsável apenas pelos controladores de uma área predeterminada (SCOOT).

Em ambos os casos existem alterações a serem realizadas na UTC, sendo estas em termos de sinais de /para os controladores locais.

#### RTD - Rede de Transmissão de Dados

Caso deseje-se utilizar as linhas existentes, será necessário o reposicionamento de algumas dessas linhas de comunicação, visando locar os controladores predeterminados na mesma linha.

#### Equipamentos Remotos

- A utilização do controlador T-99 é viável, sendo necessárias algumas adaptações no formato das palavras de comunicação existentes (controle/indicação);
- Dependendo da complexidade do local de instalação, caso o número de bits disponíveis não seja suficiente, poderá ser necessária a instalação de outro gabinete contendo somente UTR e equipamentos detetores; e
- Reavaliação do posicionamento existente e construções em outros locais, de laços detetores, a fim de prover o sistema com as informações necessárias.

-----  
Eng.º Mauro Vincenzo Mazzamati (NET)  
Eng.º Sun Hsien Ming (NET)  
Eng.º Virgílio dos Santos (SSI)