

SP 01/12/91

NT 136/91

## Crítérios Para Retirada de Controladores Semco.

### Núcleo de Estudos de Tráfego (NET)

#### 1. Introdução

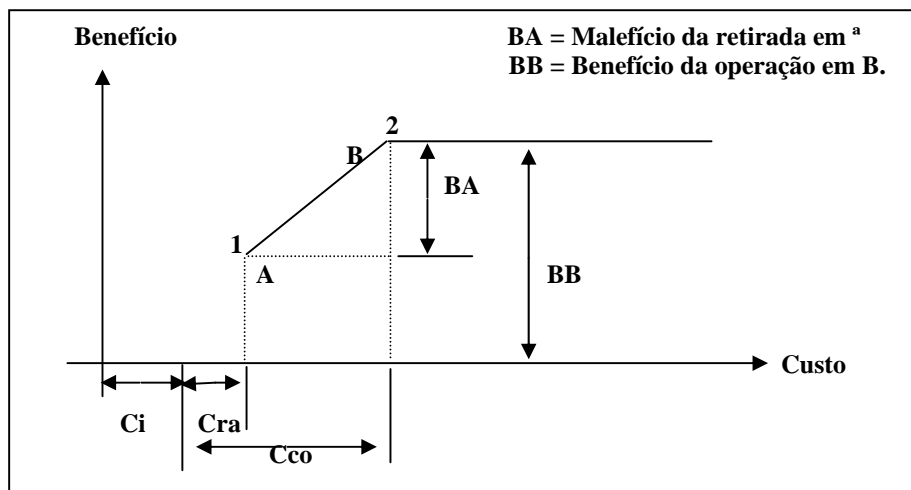
Na carência atual de controladores para expansão, complementação ou reposição do Semco, uma alternativa possível é retirar o controlador de um local onde ele seja menos necessário ou mesmo desnecessário ou prejudicial, para colocá-lo em outro local mais prioritário.

Simplificando o problema para apenas dois locais: um local A de onde o controlador sai, e outro local B para onde vai, e supondo ainda que haja só uma solução possível para a readequação em A, temos três alternativas:

1. Deixar tudo como está (solução zero);
2. Fazer a troca A → B; e
3. Colocar um equipamento novo em B.

Podemos colocar num gráfico os custos e benefícios (adicionais) destas soluções, em comparação com a solução zero:

Figura 1



O custo de aquisição de um controlador novo é de  $C_{co} = 8$  mil dólares.

O custo de remoção e adequação do equipamento,  $C_{ra}$ , depende da solução adotada, que é discutida adiante.

Os benefícios e malefícios são funções das particularidades locais e equipamentos existentes, sendo os cálculos análogos aos apresentados no estudo Planejamento e Projeto da Aplicação do Sistema Semafóricos - ASS.

Do ponto de vista de análise Benefício/Custo, a política de descobrir um Santo para cobrir outro, se justifica apenas quando a inclinação da reta 1 → 2 é menor que 1, isto é, quando:

Fórmula 1

$$\frac{BA}{Cco - Cra} < 1 \quad \text{e} \quad Cco > Cra$$

Fórmula 2

Isto é, quando o custo de readequação é menor que de um controlador novo e a diferença é maior que os inconvenientes que esta readequação vai causar.

Ora, um controlador novo custa 8 mil dólares, e ainda que a readequação seja gratuita, o valor diário deste custo é cerca de 3,2 mil dólares (usando juros de 1% ao mês e mês de 25 dias) ou cerca de 0,8 veículo hora/dia (4 mil dólares por veículo/hora).

Para obter um benefício deste, mesmo num cruzamento pequeno, com 10 veículos/dia, se conseguir economizar 0,5 segundos por veículo, já estaremos ganhando 1,4 veículos hora/dia numa relação B/C de 1,75.

Assim em praticamente todo controlador onde BA for positivo, a equação 1 será válida, já que dificilmente podemos dizer que BA é positivo e vale menos que 0,8 segundos por veículo.

Isto é, na precisão de nosso cálculos (ou imprecisão) ou BA é zero ou é bem maior que o custo.

A primeira conclusão ainda em fase de introdução é pois: a menos que a CET/DSV/PMSP estejam em fase de "penúria absoluta", só retirar controladores onde BA = 0, isto é, que possam ser readequados sem nenhum prejuízo, e quando o custo de readequação for inferior à aquisição de um Plessey Zero Km (8 mil dólares em agosto/91).

Em fase de penúria quase absoluta, a remoção se justifica quando:

Fórmula 3

$$\frac{Ci + Cra}{Ci + Cco} + \frac{BA}{BB} < 1$$

Que equiivale a :

Fórmula 4

$$\frac{BB - BA}{Ci + Cra} > \frac{BB}{Ci + Cco}$$

Onde Ci é o custo de uma implantação Semco num cruzamento novo.

Isto é, a relação B/C da remoção é maior que a relação B/C de adquirir um controlador novo.

Fórmula 5

$$\text{Usar Pr} = \frac{BB - BA}{Ci + Cra} \quad \text{como critério de prioridade de}$$

Remoção (quanto maior, maior é a prioridade) (se  $Pr < BB/Cco$  não remover).

Isto considerado, passamos a analisar as possibilidades de readequação, e custos correspondentes. Quando houver mais de uma alternativa para o mesmo local, usar a de maior Pr (Fórmula 5).

## 2. Alternativas de Liberação dos Controladores Velhos

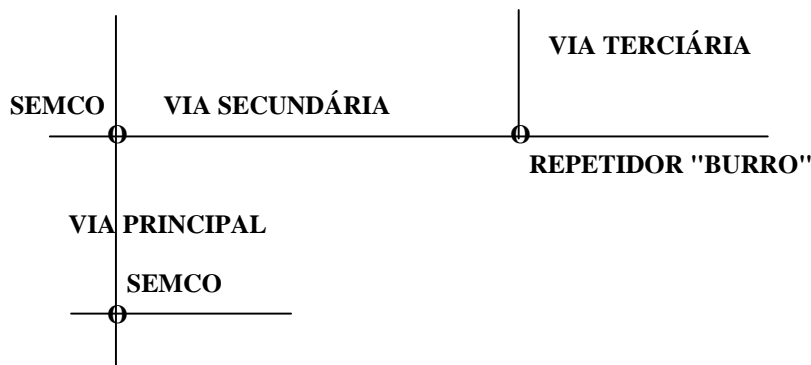
- 2.1 Juntar dois controladores no mesmo.
- 2.2 Substituir o controlador por um repetidor "burro", que acionado por sinais das lâmpadas opere seus próprios tempos com defasagens constantes.
- 2.3 Trocar o controlador por outro mais simples sem sincronismo, isolado.
- 2.4 Trocar grupos de controladores (até 3) por outros mais simples de um só plano, desconectados do Semco.
- 2.5 Trocar um ou mais equipamentos por outros mais simples que o Semco, mas mais complexos que os dois itens anteriores.

A solução sugerida no primeiro item (juntar dois controladores no mesmo) é possível, quando o semáforo deva ser sincronizado a outro próximo que permanece no Semco e as condições de capacidade e disposição dos controladores o permitirem. Estas condições são analisadas em estudo à parte.

A solução 2.2 é recomendada em condições idênticas a 2.1, quando as capacidades de um controlador forem superadas. Esta solução já foi usada alguns anos atrás. Embora não haja no momento equipamento em estoque, na CET, para esta substituição, ela é tecnicamente simples e barata. Recomendamos que se investigue melhor este filão, que se aplica a:

1. Semáforos de pedestres próximos ao cruzamento principal (com botoeira ou não);
2. Semáforos de veículos com pequeno volume na transversal, próximos a cruzamentos importantes (podendo ser semi atuados).

Figura 2



3. Grupos e estágios que excedem a capacidade de um controlador simples do SEMCO, com interseções complexas (tipo Praça Jorge de Lima).

As soluções 2.3, 2.4 e 2.5 se aplicam quando os semáforos ou grupos de semáforos, pelas suas características, não necessitam de um equipamento de controle sofisticado como o SEMCO, com as seguintes condições gerais:

- Os ciclos e graus de saturação sejam baixos;
- A necessidade de supervisão ou alteração de planos pela Central seja muito pequena;

- Não haja detetores, ou se houver seus dados nunca tiverem sido utilizados (nem se verifique necessidade de utilização); e
- Não haja necessidade de sincronismo com um semáforo que deve permanecer no SEMCO:

Estes semáforos correspondem a locais onde o volume caiu desde os 10 anos em que o SEMCO foi implantado (região da antiga rodoviária, por exemplo) ou em locais onde o volume sempre foi fraco.

A solução 2.3 se aplica quando se trata de um único semáforo, que pode operar isolado dos demais, com um só plano.

A solução 2.4 quando forem de dois a três semáforos simples e próximos, que necessitam sincronização entre si, mas não com a rede do SEMCO.

A solução 2.5 depende de um estudo mais detalhado e provavelmente, apenas com o estoque obtido em 2.1, 2.3 e 2.4, já será possível suprir as necessidades de complementação SEMCO.

### Metodologia

Das cinco alternativas de substituição 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, e 2., estamos nesta fase desconsiderando as opções:

- 2.2 - de um repetidor "burro", pela inexistência atual de equipamento em estoque;
- 2.5 - de substituição do equipamento por outro multiplanos ou atuados, pela mesma razão de 2.2, e por provavelmente já obtermos o número de controladores necessários, só em 2.1, 2.3 e 2.4.

Como a alternativa 2.1 será vista à parte, analisamos a seguir as alternativas 2.3 e 2.4.

- 2.3 - semáforos isolados para serem substituídos por Sobrasin.

São considerados candidatos os semáforos que:

- não apresentem necessidade de sincronização com outros semáforos pelo critério de distâncias mínimas ( $TV < 0,4 L$ );
- não tenham detetores instalados, ou se tiverem, estes estejam quebrados e não se considere necessária sua recuperação;
- operem melhor isolados que sincronizados (ver metodologia empregada no Projeto ASS\* - item 2.3). Os que operarem melhor sincronizados que isolados devem recair no caso 2.1;
- os que operarem melhor isolados, devem ser testados quanto ao benefício da multiprogramação, conforme metodologia ASS - item 2.3), obtendo o Benefício da multiprogramação que corresponde ao prejuízo de retirá-los do SEMCO.
- 

\* ASS - Planejamento e Projeto de Ampliação do Sistema Semafórico.

Não se justifica retirada do equipamento que custa 100 mil dólares por controlador, isto é, salário de um técnico por quatro anos (com encargos) sem que este técnico gaste pelo menos algumas horas nos dois picos examinando In loco e calculando e deixando pelo menos um relatório técnico, explicando por que este equipamento deve ser retirado do SEMCO.

O maior benefício é o da multiprogramação. Embora existam outros, este é o mais evidente e calculável, podendo ser usado com BA na fórmula 5.

O custo da remoção,  $C_{ra}$ , deve ser considerado igual à revisão necessária no controlador velho, o custo de adquirir e instalar o controlador substituto e de efetuar os eventuais rearranjos necessários no local.

$BB$  deve ser estimado a partir da lista de controladores novos, incluindo o benefício da sincronização (mesma metodologia que no Projeto ASS) e da multiprogramação.

- 2.4 substituição de grupos de semáforos.

Quando um conjunto de até três semáforos que necessitem (ou que convenha) serem sincronizados entre si, porém que:

- não apresentem necessidade de sincronização com o SEMCO, pelo critério de distâncias mínimas;
- não tenham detetores e nem necessidade de tê-los;
- operem melhor com ciclo próprio que sincronizados com o SEMCO (ver metodologia usada no projeto ASS);
- existiam máquinas disponíveis (estoque) que os sincronizem.

São candidatas a serem retiradas do SEMCO, em função dos benefícios da multiprogramação, calculados pela mesma metodologia que no projeto ASS, e usando a fórmula 6 como coeficiente de prioridade:

#### Fórmula 6

$$Pr = \frac{n \times BB - \sum BA}{\sum (C_{ra} + C_i)}$$

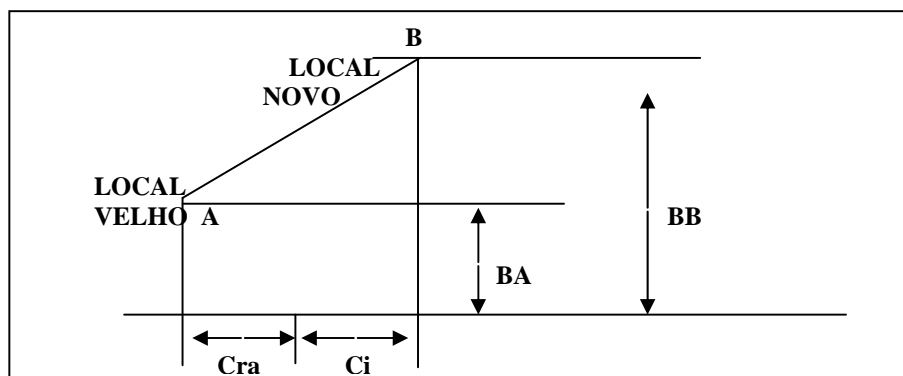
onde  $n$  é o número de cruzamentos.

#### Generalização da Fórmula Benefício/Custo

Considerando agora temos diversos controladores a serem retirados, e diversos locais para instalar os controladores do SEMCO, o problema pode ser apresentado assim:

1. cada local a ser retirado tem um custo de readequação para a CET, e um prejuízo social decorrente de um novo equipamento menos eficiente; e
2. cada local novo tem um custo de instalação e um benefício de operação.

Figura 3



O custo total é dado por:

$$C_t = C_i + C_{ra}$$

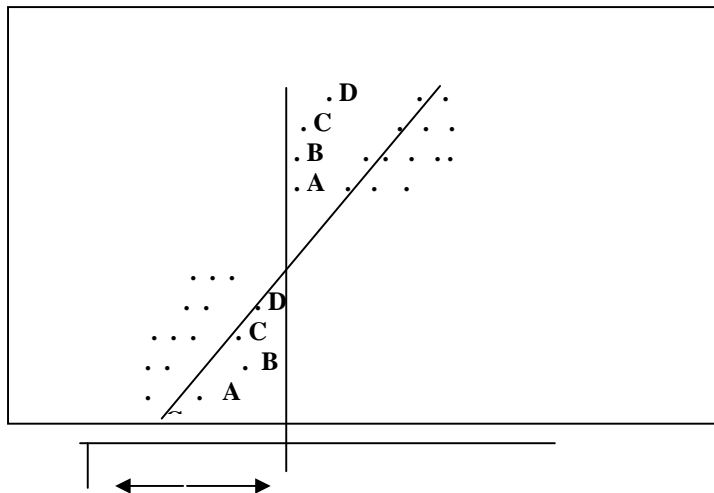
E a relação Benefício/Custo por:

$$B/C = \frac{BB - BA}{C_i + C_{ra}}$$

Conforme já mostrado antes.

Em havendo vários locais velhos e vários locais novos, obtemos duas nuvens de pontos. E o primeiro melhor par a ser trocado é o de maior relação B/C. Para escolher os n primeiros, basta achar uma reta que corte os dois conjuntos no mesmo número de pontos (n) (na figura 4 - Pontos). Só tem validade um estudo de substituição quando se conhece os locais para onde vão os semáforos substituídos.

Figura 4



-----  
 Eng.º Pedro Szasz  
 Núcleo de Estudos de Tráfego (NET)