

SP 01/11/91

NT 134/91

Metodologia para Agrupar Cruzamentos Semco em um Único controlador

Núcleo de Estudos de Tráfego
Eng.º Luís Molist Vilanova (NET)

Considerações Básicas

No sistema Semco tem-se freqüentemente dois cruzamentos próximos operando cada um com um controlador específico.

A decisão de passar a operar, nessas situações, com um só controlador possibilita o reaproveitamento do outro em projetos importantes.

A operação de mais de um cruzamento por um só controlador deve considerar os seguintes aspectos:

1. Aspectos de programação;
2. Aspectos de operação;
3. Aspectos de detecção; e
4. Aspectos de custo.

Aspectos de Programação

A programação de dois cruzamentos unificados deverá poder ser atendida pela capacidade máxima do controlador quanto aos seguintes itens:

1. Oito grupos semafóricos;
2. Quatro grupos de pedestres;
3. Seis estágios; e
4. Número de chamadas de estágios inferior ao dobro do número de estágios configurado (neste caso, existe às vezes o recurso de criar estágios-gêmeos, o que resolve o problema).

Quando um dos controladores apresentar estágio função de demanda (geralmente botoeira de pedestre), a união não deverá ser efetivada.

Os dois cruzamentos devem operar na mesma rede (ciclo idêntico) em todos os planos.

Evidentemente, ciclos submúltiplos ainda configuram situação de rede.

Neste caso, recomenda-se sempre uma reavaliação da situação atual uma vez que a mesma pode não ser a mais adequada.

Os dois cruzamentos devem apresentar as mesmas características em relação ao período de amarelo intermitente noturno. Cabe aqui também uma possível reavaliação da situação atual.

A junção deverá ser feita apenas quando cada um dos dois controladores apresentar dois estágios. Assim, o controlador remanescente operará, no máximo, quatro estágios. Esta recomendação elimina a possibilidade de agrupar três cruzamentos num só controlador.

Apresenta-se a seguir, para maior clareza, alguns casos particulares.

1. Controlador 1 com seqüência de estágios A 1 e B 1 e ciclo de 100 s.
Controlador 2 com seqüência de estágios A 2 e B 2 e ciclo de 100 s.
Conclusão: é possível juntar os controladores.
2. Controlador 1 com seqüência de estágios A 1 B 1 e ciclo de 100 s.
Controlador 2 com seqüência de estágios A 2 B 2 e ciclo de 100 s, com primeiro par A 2 B 2 totalizando 60 s e o segundo par A 2 B 2 totalizando 40 s.
Conclusão: não é possível juntar os cruzamentos.
3. Controlador 1 com seqüência de estágios A 1 B 1 A 1 B 1 com ciclo de 100 s e com o primeiro par A 1 B 1 totalizando 65 s e o segundo par A 1 B 1 totalizando 35 s.
Controlador 2 com seqüência de estágios A 2 B 2 A 2 B 2 com ciclo de 100 s e com o primeiro par A 2 B 2 totalizando 55 s e o segundo par A 2 B 2 totalizando 45 segundos.
Conclusão: Não é possível unir os cruzamentos.
4. Controlador 1 com seqüência de estágios A 1 B 1 A 1 B 1 com ciclo de 100 s e com o primeiro par A 1 B 1 totalizando 60 s e o segundo par A 1 B 1 totalizando 40 s.
Controlador 2 com seqüência de estágios A 2 B 2 A 2 B 2 com ciclo de 100 s e com o primeiro par A 2 B 2 totalizando 60 s e o segundo par A 2 B 2 totalizando 40 s.
Conclusão: é possível agrupar os dois cruzamentos.

Para qualquer um dos casos é importante reavaliar os ciclos em operação e os estágios atualmente configurados antes de tomar a decisão final.

Muitas vezes, por exemplo, existem estágios configurados no controlador e que não são utilizados em nenhum plano. Nesse caso não há sentido em recusar a união dos dois cruzamentos devido a estágios sobressalentes.

Em termos de observação é importante reprogramar o controlador remanescente com todos os quatro estágios possíveis. Este cuidado visa facilitar a operação manual e os comandos de operadores a partir da Central Semco.

Aspectos de Operação

Em função da operação manual, o cruzamento que perderá o controlador deverá ser visível a partir do controlador remanescente.

Aspectos de distância e grau de saturação

Quanto mais próximos estiverem dois cruzamentos, maior será a facilidade para sua operação por um único controlador.

Quando muito próximos, a programação num cruzamento acaba funcionando como se fosse simplesmente uma translação da outra programação no tempo, independente do plano utilizado.

Muitas vezes, inclusive, tal vinculação em um só controlador beneficia a operação manual e o comando do operador da Central Semco. Senão, na operação manual, acabam sendo necessários dois técnicos para operar no manual, um para cada controlador. Na Central Semco, cruzamentos muito próximos exigem que a mesma intervenção adotada em um deles seja feita no outro. Isso acarreta dois comandos independentes aumentando o trabalho e a possibilidade de falha humana. Ao se ter um só controlador, essa intervenção será única.

No caso de cruzamentos extremamente próximos (conceito este traduzido por distâncias inferiores a 50 metros), a operação por um só controlador torna-se quase imprescindível devido a aspectos de segurança. Os dois cruzamentos funcionam como um conjunto só e uma eventual perda de sincronismo pode levar a situações perigosas para o motorista. Esta perda de sincronismo não é tão rara e pode ocorrer, entre outros casos, pela operação em modo local com relógios não coincidentes.

Outro interveniente na decisão de agrupar dois cruzamentos é o grau de saturação em cada um deles. Quanto maior o grau de saturação, maior será o cuidado com a programação e, portanto, maior flexibilidade será exigida do controlador. Além disso, cruzamentos com elevado grau de saturação sofrem intervenções freqüentes por parte do operador da Central Semco, intervenções essas que são dificultadas quando existe o controle de mais de um cruzamento pelo mesmo controlador.

Portanto, à medida que o grau de saturação aumenta, vai se tornando cada vez menos recomendável a conjugação de dois cruzamentos em um único controlador.

Para formalizar a importância da distância e do grau de saturação, propõem-se as seguintes expressões limites:

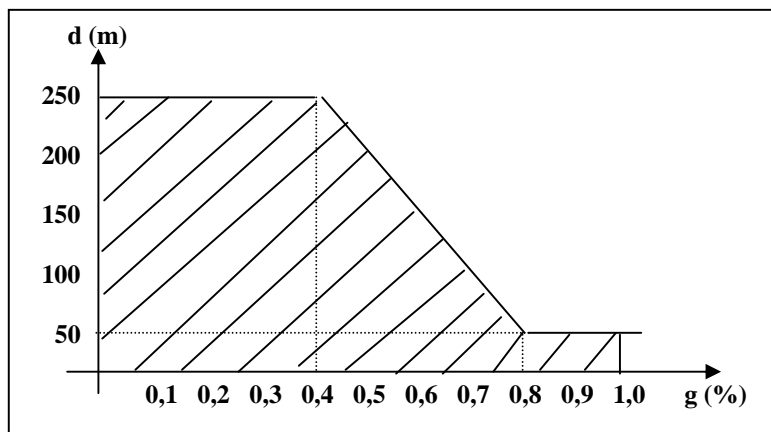
$$\begin{aligned} d_1 &= 250 && \text{(para } g \leq 0,4) \\ d_1 &= 500 \text{ (} 0,9 - g) && \text{(para } 0,4 < g \leq 0,8) \\ d_1 &= 50 && \text{(para } 0,8 < g \leq 1,0) \end{aligned}$$

A unidade de distância é o metro.

A decisão de agrupar os cruzamentos será adotada se a distância d entre eles for menor ou igual à distância d_1 calculada pelas expressões acima, respeitadas as condições enunciadas em outros itens desse relatório.

O método pode ser visualizado no gráfico seguinte:

Figura 1



A área hachurada representa a região em que se adotará o agrupamento em um só controlador.

A atribuição de valores a d e g

A distância d será aquela referente à caixa intermediária entre duas interseções em metros.

O grau de saturação g representa a porcentagem de tempo em que o cruzamento semaforizado está ocupado com veículos que o atravessam.

Corresponde a expressão:

$$\sum y + \frac{T_p}{c}$$

onde,

$\sum y$ = somatória das taxas de ocupação críticas em cada estágio

T_p = tempo perdido por ciclo (segundos)

C = tempo de ciclo (segundos)

Recomenda-se que estes valores sejam adotados por estimativa dentre um dos quatro seguintes:

1. $g = 0,3$ para cruzamentos muito pouco carregados;
2. $g = 0,5$ para cruzamentos pouco carregados;
3. $g = 0,7$ para cruzamentos bastante carregados; e
4. $g = 0,9$ para cruzamentos saturados.

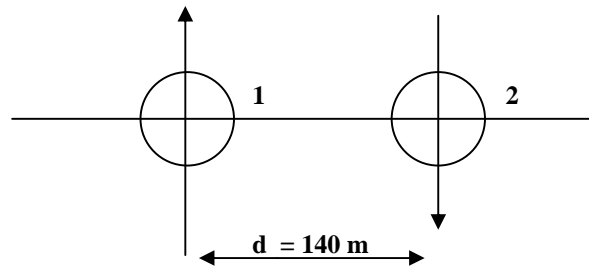
O período de referência a ser observado para a escolha de g será a de hora/pico.

Deverá ser atribuído um valor de g para cada um dos dois cruzamentos em análise. O valor de g para o conjunto dos dois cruzamentos a ser testado na expressão está detalhado nos itens seguintes.

Situação de mão única

Nesta situação, na expressão será adotada o maior valor de g dentre os dois cruzamentos. Para maior facilidade de compreensão, apliquemos o método à situação, exemplo abaixo:

Figura 2



Adotou-se para o cruzamento 1 o valor de $g = 0,7$
 Adotou-se para o cruzamento 2 o valor de $g = 0,5$
 Portanto, o valor de g par o conjunto é igual a $0,7$

Aplicando-se a expressão:

$$d_1 = 500 (0,9) - g$$

$$d_1 = 500 (0,9 - 0,7)$$

$$d_1 = 100 \text{ metros}$$

Como no exemplo, a distância é igual a 140 metros, então opta-se pelo não agrupamento dos dois cruzamentos em um único controlador.

Situação de Mão Dupla

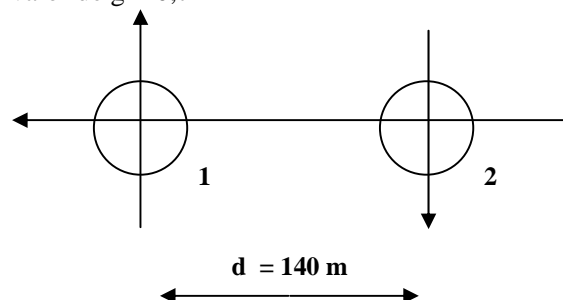
Quando o trecho que une os dois cruzamentos analisados tem mão dupla de circulação, impõem-se maior flexibilidade na programação dos controladores, via de regra. É comum nesse caso que a defasagem seja ora positiva, ora negativa, em função do plano. Portanto, a situação de mão dupla dificulta o agrupamento dos controladores.

Para introduzir este efeito, recomenda-se aumentar o grau de saturação g considerado, da seguinte forma: seja g_1 o grau de saturação adotado para o cruzamento 1 e g_2 analogamente para o cruzamento 2. O grau de saturação g a ser considerado para o conjunto será dado por $g = g_1 + g_2 - g_1 g_2$.

Para maior facilidade de compreensão apliquemos o método à situação, exemplo abaixo:

Figura 3

Adotou-se para o cruzamento 1 o valor de $g = 0,7$



Adotou-se para o cruzamento 2 o valor de $g = 0,5$

Portanto, o valor de g para o conjunto é igual a $g = 0,7 + 0,5 - 0,7 \times 0,5 =$

0,85

Para esse valor de g a expressão pertinente é:
 $d_1 = 50$

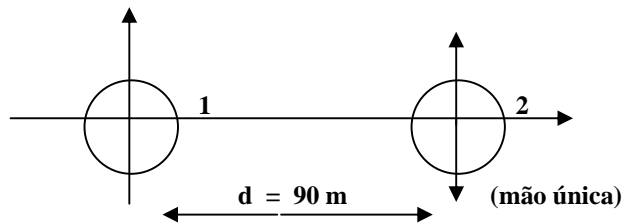
Como 140 é maior do que 50, o agrupamento das interseções não será realizado.

Situação com travessia de pedestres

O grau de saturação a ser adotado no semáforo de pedestres não vai diferir, a rigor, daquele estimado para os cruzamentos veiculares. O tempo de travessia de pedestres corresponde a um intervalo onde o grau de saturação é igual a zero.

Para maior facilidade de compreensão apliquemos o método à situação, exemplo abaixo:

Figura 4



Adotou-se para o cruzamento 1 o valor de $g = 0,7$

Adotou-se para o cruzamento 2, para o link veicular o valor de $g = 0,7$

O ciclo é igual a 100 s e o tempo de travessia de pedestres é de 15 s (entre verde e vermelho piscante).

Portanto,

$$g_1 = 0,7$$

$$g_2 = \left(\frac{100 - 15}{100} \right) \times 0,7 + \frac{15}{100} \times 0 = 0,59$$

Logo,

$$g = 0,7$$

Aplicando a expressão:

$$d_1 = 500 (0,9 - 0,7)$$

$$d_1 = 100 \text{ m}$$

Como a distância d é igual a 90 metros e inferior ao limite de 100 metros, resolve-se pelo agrupamento dos semáforos. Observe-se que o estágio função de demanda não permitirá essa junção se o semáforo de pedestres for do tipo botoeira.

Escolha de Alternativa

É possível que, em determinadas circunstâncias, seja possível pelos critérios expostos ligar um cruzamento A a um outro cruzamento B, ou então a um cruzamento C. Calcula-se então o valor de d_1 para as ligações A/B e A/C. A ligação que apresentar o quociente d/d_1 será a contemplada com o agrupamento dos controladores.

Critérios de Distância Absoluta

Quando dois semáforos distarem menos de 50 metros entre si (caixa intermediária) e a sua junção puder ser absorvida pelo controlador remanescente no tocante à sua capacidade máxima, a união deverá ser efetivada, independentemente de outras considerações. A única restrição será a ocorrência de estágios de demanda que inviabilizará tal agrupamento.

Quando dois semáforos distarem mais de 250 metros entre si (caixa intermediária), o agrupamento não será adotado, independentemente da aprovação de outros requisitos.

Estas duas restrições correspondem nas expressões adotadas aos seguintes patamares:

$$d_1 = 250 \quad (\text{para } g \leq 0,4)$$

$$d_1 = 50 \quad (\text{para } 0,8 < g \leq 1,0)$$

que são representadas no gráfico da figura 1 pelas duras retas paralelas ao eixo das abcissas.

Aspectos de Detecção

O controlador remanescente não poderá suportar mais do que quatro pontos de medição de detetores.

A distância máxima entre qualquer ponto de medição e o controlador não deverá ultrapassar 150 metros.

Aspectos de Custo

Reaproveitamento de Instalações

A existência de RTD - Rede de Transmissão de Dados entre os cruzamentos a serem verificados propicia uma instalação subterrânea a um custo menor.

Assim, quando tivermos opções de escolha e os critérios puramente técnicos não definirem a situação, este aspecto de custo pode ser conclusivo.

Tipos de Instalações

Um fator que deverá ser analisado é o da escolha entre instalações aéreas e instalações subterrâneas devido à enorme diferença de custo entre as duas instalações.

Custo Limite

Embora difícil de avaliar devido à falta de equipamentos apropriados no mercado, a retirada de um controlador para posterior reaproveitamento significa um custo monetário. Do mesmo modo, o seu reaproveitamento em algum novo projeto, implica em benefícios também de difícil avaliação monetária.

Ou seja, deve existir um certo custo limite acima do qual não vale a pena efetuar os necessários serviços de adequação.

Estimados este valor limite em US\$ 8 mil (dólares).

Portanto, se o custo para retirar um controlador e refazer as ligações necessárias ultrapassar o valor de 8 mil dólares decidir-se-á pela não realização do serviço.

Crítérios Para a Escolha do Local do Controlador

Uma vez decidida a junção entre dois cruzamentos deve-se escolher qual dos dois controladores permanecerá.

Os seguintes aspectos deverão ser considerados para tal decisão, na seqüência de prioridades decrescentes:

- Permanece o controlador que está no cruzamento mais importante em termos de operação de tráfego, geralmente aquele com maior taxa de ocupação total;
- Permanece o controlador que está mais perto da maioria das seções de detecção;
- Permanece o controlador que é responsável pelo maior número de grupos (devido a minimização dos cabos de energização);
- Permanece o controlador menos exposto a possíveis abalroamentos; e
- Permanece o controlador do cruzamento que tiver melhor visibilidade do cruzamento cujo controlador deverá ser retirado.

Outras Considerações

Deverá ser analisado se existem projetos, a curto ou médio prazo, que reconfigurarão a área estudada. Conforme as características do projeto, o agrupamento dos controladores poderá ser favorecido ou prejudicado.

Outro fator a ser considerado é a experiência dos operadores da Central Semco no sistema. Uma vez elaboradas as propostas, será conveniente submetê-las às críticas destes funcionários, que podem acrescentar considerações baseadas na prática do dia a dia.

Encaminhamento Recomendado

Propõe-se que seja obedecida a seguinte seqüência de atividades:

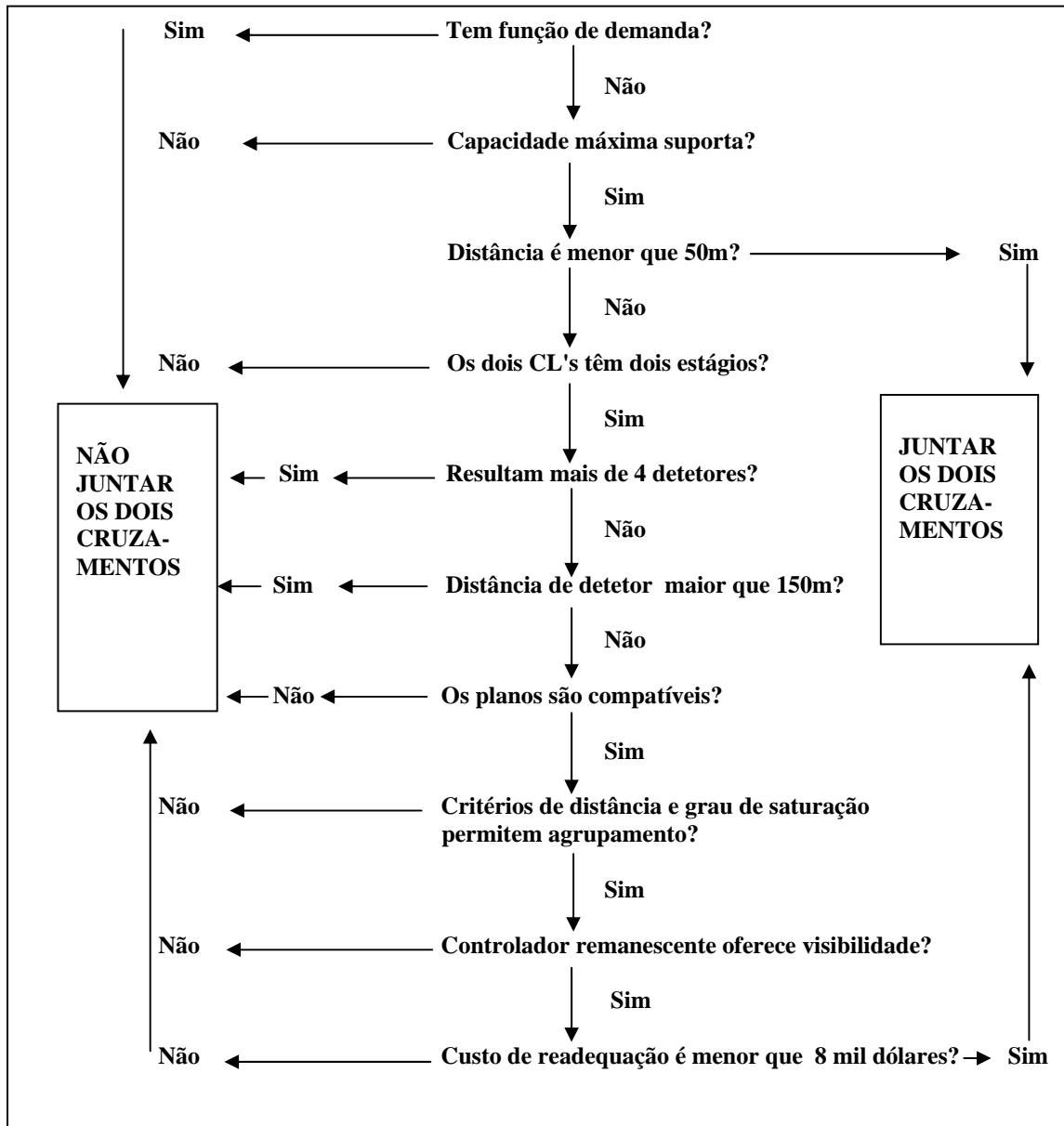
- Determinar, a priori, os cruzamentos que podem sair do Sistema Semco e que podem ser operados por controladores mais simples;
- Determinar os pares de cruzamentos que, a priori, seriam candidatos a reagrupamento.
- Aplicar a metodologia aos pares determinados no item acima;
- Substituir as propostas que não forem aprovadas no item custo por possíveis opções. Exemplificando: o cruzamento A poderia ser interligado com o B ou com o C pelos critérios técnicos, mas foi proposta a escolha de B, pois as condições foram mais favoráveis. Se essa ligação não foi aprovada pelo critério de custo, deve-se analisar agora este critério para a ligação de A com C; e
- Elaborar os projetos de obras civis, elétricos, detetores e banco de dados da Central - Semco.

Esquemática das Atividades

Alguns dos critérios apresentados podem ser conflitantes entre si.

Este item apresenta a seqüência de análise, o que implica indiretamente na priorização destes critérios. Além disso, visa facilitar o trabalho dos técnicos que efetuarão a análise, não só por oferecer um roteiro de trabalho, mas também por introduzir as tarefas mais simples, quando possível, nas primeiras etapas.

Apresenta-se a seguir o roteiro esquemático das etapas a serem analisadas.



 Eng.º Luís Molist Vilanova (NET)

