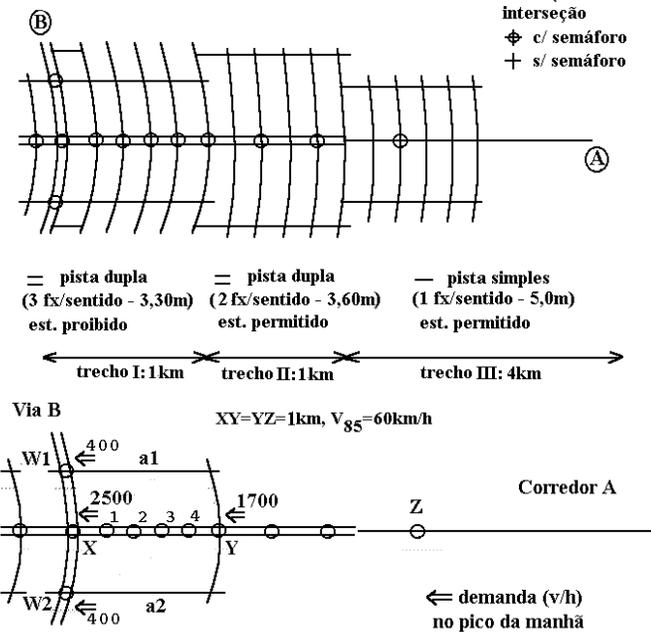


BALANCEAMENTO III

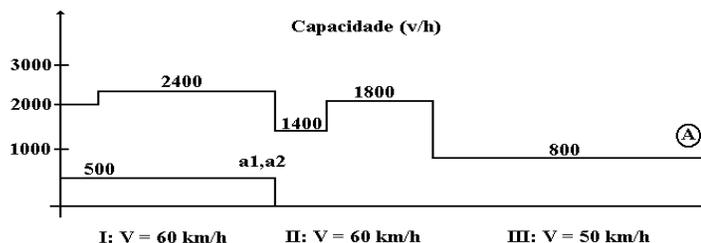
- corredor A: ligação Leste/Centro São Poli - 6 km até o Anel B (Centro)



- demanda: na via B, no sentido dominante (interno) é 900 v/h direto e 200 v/h à esquerda; no sentido não dominante é 750 v/h direto e 350 v/h à esquerda; nas vias transversais é cerca de 450 v/h, sendo 100 v/h direto, 300 v/h para o centro e 50 v/h para o bairro; na via A, no sentido dominante, há dois gargalos: gargalo em Y: fluxo na linha de retenção 1400 v/h, sobre-demanda de 300 v/h; gargalo em X: fluxo na linha de retenção 2000 v/h, sobre-demanda de 200 v/h, sem receber em X a sobre-demanda retida em Y, ou 500 v/h com ambas. demanda no sentido não dominante é de 600 v/h em Y e 800 v/h em X; (admitir 10% de conversões à direita e 20% de veículos pesados em todos os fluxos).

- problemas: . operação dominada pelas interseções críticas (gargalos em X e Y, em que há sobre-demanda no pico da manhã); . número excessivo de interseções intermediárias no trecho XY (corresponde à falta de hierarquização adequada na área lindeira).

- perfil de capacidade (medido para pico da manhã, válido para ambos os sentidos):

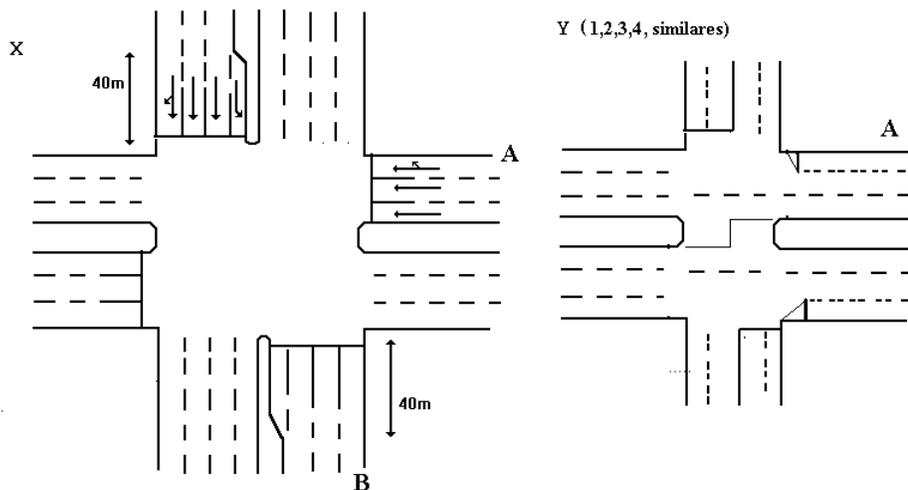


características atuais do corredor A (geometria e controle de tráfego):

- trecho com pista dupla: com 9,90 metros por sentido;
3 faixas por sentido no trecho XY
(3 faixas de 3,30 metros e estacionamento proibido);
no trecho anterior, 2 faixas de tráfego de 3,60 metros
e estacionamento permitido (2,70 m);
- conversões à esquerda: proibidas em A após Z;
nas interceptantes, as conversões à esquerda permitidas
(não protegidas); todos os semáforos com 2 estágios,
exceto X, onde há 3 estágios
(um para ambas as conversões à esquerda de B);
- tempos de semáforo: ciclo de 120 segundos em todos os semáforos;
taxa de verde de A: 50% em X e Y; 60% nas demais;
taxa de verde de B: 25% direto e 15% esquerda;
(tempo perdido: 4 seg. por mudança de estágio)

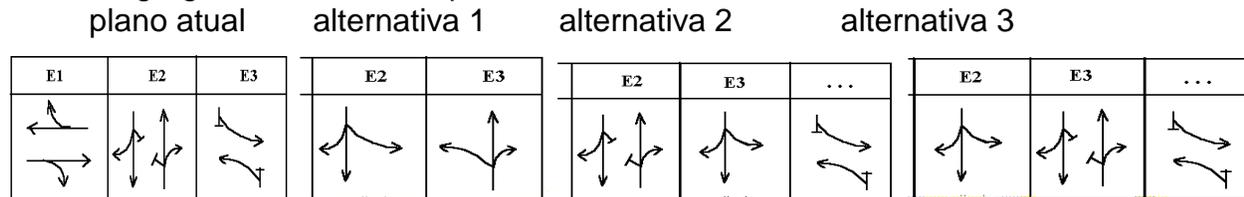
características das vias interceptantes (exceto B): pista simples com 1 faixa de tráfego e
1 faixa de estacionamento (3,30+2,20 metros por sentido);

características da via B: 3 faixas por sentido (3,30 metros),
estacionamento proibido e 1 faixa utilizada como baia de conversão.

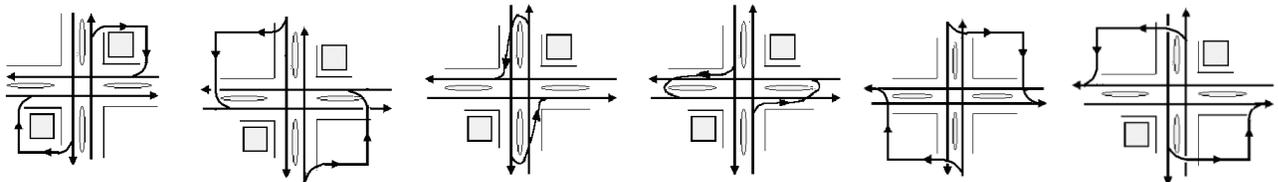


estratégias alternativas de ação:

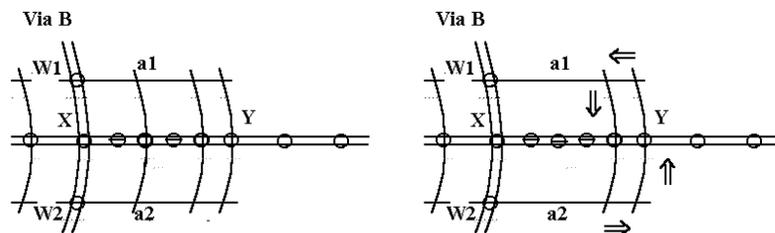
- eliminar gargalo Y proibindo estacionamento (40 m);
- eliminar gargalo X com aumento de faixas (4 x 3,0 m);
- eliminar gargalo X alterando o plano semafórico;



- eliminar gargalo X proibindo conversão à esquerda de B;
loop de quadra: depois ou antes retornos: depois ou antes saída antecipada loop paralelo

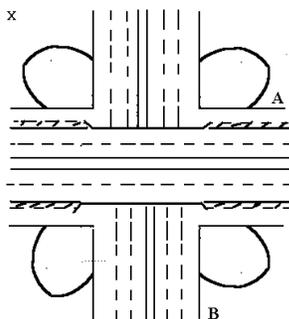


- eliminar interseções em 1 e 3 (fechamento canteiro);
- eliminar interseções 1, 2 e 3 e criar binário em 4 e 5;

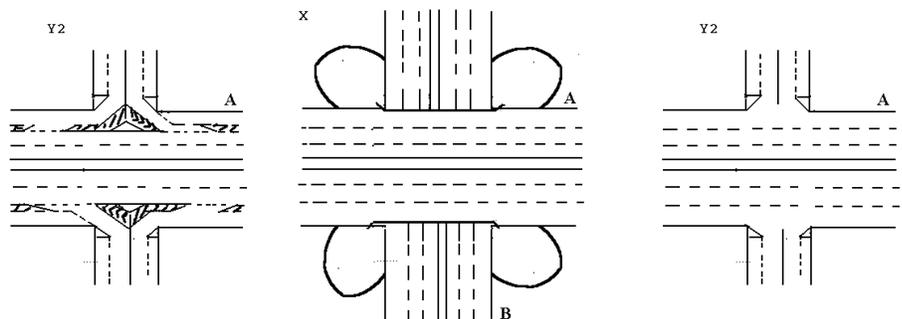


- trecho expresso: interconexão em X e acesso em Y.

alternativa expressa



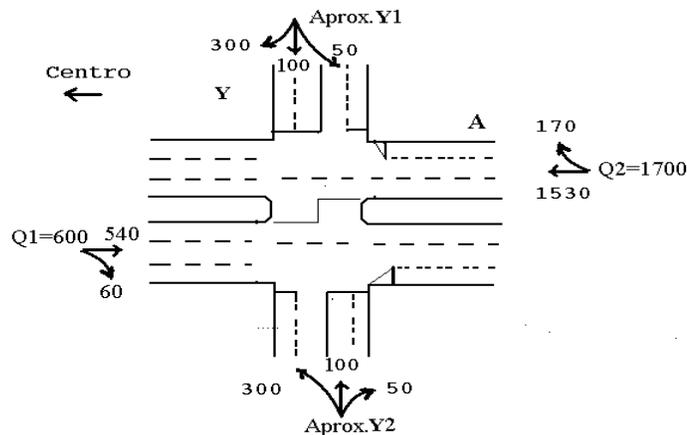
alternativa semi-expressa



- 1) Verifique se os acessos ao corredor em Y permitem acomodar os volumes atuais sem semáforo, analisando a situação atual mais crítica (as dimensões no canteiro central acomodam um veículo por sentido). Estime o tempo de espera no acesso ao corredor e a fila média correspondente, inclusive no canteiro central, para estas manobras. Para que níveis de demanda, seria possível manter a operação da interseção sem semáforo se houvesse o fechamento do canteiro central (atendendo apenas as conversões à direita)?
- 2) Mantendo o dimensionamento atual, avalie o novo fluxo de saturação para o corredor A em Y na opção de proibir o estacionamento na faixa direita (hoje permitido). Qual seria a extensão necessária de proibição para obter eficiência total na aproximação e qual o valor da capacidade para o corredor em Y, ainda mantendo o dimensionamento atual? Qual seria o efeito de proibir o estacionamento também nas vias transversais ao corredor?
- 3) Qual seria a alocação de tempo de verde em X, com fluxo de saturação e o tempo de ciclo atual, na opção de dar capacidade de 2500 v/h para o corredor A? Qual seria a situação resultante em B, considerando que a observação da operação indicou que as aproximações de B não estão saturadas como A, com filas estacionárias para o sentido dominante direto e dissipação das filas em 90% do verde para o sentido dominante à esquerda (para os sentidos não dominantes direto e à esquerda, as filas dissipam a fila em 75% e 50% do verde). Por fim, revise o dimensionamento atual em X, com os dados obtidos, e discuta o impacto da operação com os planos semaforicos alternativos.
- 4) Avalie o fluxo de saturação para o corredor A em X na opção de implantar 4 faixas (reduzindo o canteiro central por 40 metros). Verifique a capacidade para o corredor sem a alteração dos tempos semaforicos ou com o tempo de ciclo ótimo, mantendo o plano semaforico. Estime o tempo de espera para o corredor A, com os tempos atuais. Discuta os problemas para a eficiência deste esquema de operação, neste caso específico, decorrentes da extensão limitada da faixa adicional e da existência de apenas 3 faixas em A adiante.
- 5) Analise o impacto da proibição local das conversões à esquerda em B na operação semaforica e nos tempos de percurso dos principais deslocamentos, utilizando um esquema de *loop* de quadra depois (admitindo quadras 100 metros de lado). Como sua avaliação seria alterada se as mesmas vias passassem a ser usadas pelas conversões à esquerda da via A (que hoje usam um *loop* paralelo no sentido dominante e um *loop* antes no sentido não dominante). Com base nesta análise, discuta também os ganhos que seriam obtidos com as demais opções de circulação utilizáveis para proibir a conversão à esquerda de B no semáforo de X, em relação à situação atual e à utilização do *loop* de quadra depois.
- 6) Adotando uma perspectiva de mais longo prazo, analise qualitativamente os impactos relacionados com as intervenções mais radicais: a incorporação de a1 e a2 ao corredor estrutural (com fechamento dos canteiros em 1,2,3 e criação do binário usando 4 e Y) e a implantação de um corredor semi-expresso ou expresso a partir de Y em direção ao centro (além de X). Discuta a capacidade de suporte ao adensamento urbano decorrente da capacidade de tráfego de cada intervenção.

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO:

(1) Fluxos para a análise da interseção Y com operação sem semáforos:



Primeira etapa: manobra de conversão à direita e de cruzamento até o canteiro central;
Segunda etapa: manobra de cruzamento e de conversão à esquerda do canteiro central.

Aproximação Y2, 3 movimentos:

- conversão à direita de 50 v/h (na etapa 1 apenas);
- cruzamento de 100 v/h (em ambas as etapas);
- conversão à esquerda de 300 v/h (em ambas as etapas).

Etapa 2:

- convergência de 300 v/h da conversão à esquerda e
- cruzamento de 2 faixas de 100 v/h a partir do canteiro central.

Cruzamento: $\alpha = 6$ s (curva B), $q_0 = Q_B = 1700$ v/h, $C_T = 70$ v/h $\therefore X_T = \frac{100}{70} = 1,43$.

Conversão, situações: para primeira faixa ou para segunda faixa (ou terceira faixa)

para a segunda faixa: $\alpha = 8$ s (curva D), $q_0 = Q_B = 1700$ v/h $\therefore C_E \cong 2$ v/h; e
portanto, manobra regular (para segunda faixa) é inviável.

para a primeira faixa: $\alpha = 6$ s (curva C), $q_0 = 0,6 \cdot Q_B = 1020$ v/h $\therefore C_E = 220$ v/h

com manobra forçada (para primeira faixa): $C_E = 220$ v/h $\therefore X_E = \frac{300}{220} = 1,36$

Na hipótese admitida: $X_2 = X_T + X_E = 1,43 + 1,36 = 2,79 = 279\%$ e $C = \frac{400}{2,79} = 143$ v/h.

Efeito na primeira etapa: redução de capacidade para $1 - \frac{X_q}{(m+1)}$ e limite C_2 .

portanto, redução de capacidade para $\frac{1}{2}$ e limite de 143 v/h

Com duas posições, $C \cong 286 \text{ v/h}$ e $X \cong 140\%$, inadequado mesmo com manobra forçada.

portanto, redução de capacidade na primeira etapa para $\frac{2}{3}$ e limite de 286 v/h

Alternativa: faixa de entrada livre para a conversão à esquerda além de 2 posições.

com faixa de entrada livre à esquerda, $\beta \cong \frac{\alpha}{4} + 1,5 = 3 \text{ seg}$ e $C_E = S_E = \frac{1}{\beta} = 1200 \text{ v/h}$

então, $X_E = 0,25$, $X = 1,68$, $C = 238 \text{ v/h}$; com duas posições, $X = 0,84$ (< 85%)

portanto, redução de capacidade na primeira etapa para 0,72 e limite de 476 v/h.

Avaliação admite que a demanda da primeira etapa chega ao canteiro central ...

Etapa 1:

cruzamento de 2 faixas de 400 v/h até o canteiro central e convergência de 50 v/h da conversão à direita, ambos vindos da via secundária.

Cruzamento: $\alpha = 6 \text{ s}$ (curva B) e $q_0 = Q_B = 600 \text{ v/h} \therefore C_T = 530 \text{ v/h}$ e $X_T = \frac{400}{530} = 0,75$.

Conversão: $\alpha = 4 \text{ s}$ (curva A), $q_0 = 0,4 \cdot Q_B = 240 \text{ v/h}$, $C_D = 1200 \text{ v/h}$ e $X_D = \frac{50}{1200} = 0,04$.

Mas manobra de cruzamento tem a capacidade reduzida pela interferência no canteiro:

$C_T = 0,5 \cdot 530 = 265 \text{ v/h} > 143 \text{ v/h}$, $X_T = \frac{400}{143} = 2,80$, $X = 2,84$ e $C = \frac{450}{2,84} = 158 \text{ v/h}$

para uma posição no canteiro, indicando saturação, ou, no melhor caso, com

$C_T = 0,72 \cdot 530 = 382 \text{ v/h} < 476 \text{ v/h}$, $X_T = \frac{400}{382} = 1,05$, $X = 1,09$ e $C = \frac{450}{1,09} = 412,8 \text{ v/h}$.

indicando a necessidade de 2 posições na aproximação da via secundária.

Estimativa de atrasos e as filas médias correspondentes, para $T_p = \frac{1}{2} \text{ h} = 1800 \text{ seg}$:

Etapa 2, com uma posição, utilizando $X = 1$:

$d_r = \frac{3600}{C} = \frac{3600}{143} = 25 \text{ s}$ (sendo $d_{rT} = \frac{3600}{70} = 51 \text{ s}$ e $d_{rE} = \frac{3600}{220} = 16 \text{ s}$).

$d_s = \frac{T_p}{4} \cdot \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 \cdot k \cdot X}{C \cdot T_p}} \right] = \frac{1800}{4} \cdot \left[(1 - 1) + \sqrt{(1 - 1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 1}{143 \cdot 0,5}} \right] = 150 \text{ s}$

$d = d_r + d_s = 175 \text{ s}$, que corresponde a fila média de $n = \frac{143}{3600} \cdot 175 = 6,95$ veículos.

Etapa 1, utilizando $X = 2,84$:

$d_r = \frac{3600}{C} = \frac{3600}{158} = 23 \text{ s}$ (sendo $d_{rT} = \frac{3600}{143} = 25 \text{ s}$ e $d_{rE} = \frac{3600}{1200} = 3 \text{ s}$),

$$d_s = \frac{1800}{4} \cdot \left[(2,84 - 1) + \sqrt{(2,84 - 1)^2 + \frac{8 \cdot 1,2,84}{158,0,5}} \right] = 1690 \text{ s}$$

e $d = d_r + d_s = 1713 \text{ s} = 28,55 \text{ min.}$ e fila média de $n = \frac{158}{3600} \cdot 1713 = 75,3$ veículos.

Aproximação Y1, 3 movimentos:

conversão à direita de 300 v/h (apenas na primeira etapa),
cruzamento de 100 v/h (em ambas as etapas) e
conversão à esquerda de 50 v/h (em ambas as etapas).

Etapa 2:

cruzamento de 2 faixas de 100 v/h a partir do canteiro central
convergência de 50 v/h da conversão à esquerda

Cruzamento: $\alpha = 6 \text{ s}$ (curva B), $q_0 = Q_A = 600 \text{ v/h}$, $C_T = 530 \text{ v/h}$ e $X_T = \frac{100}{530} = 0,19$.

Conversão, situações: para primeira faixa ou para segunda faixa:

para segunda faixa: $\alpha = 8 \text{ s}$ (curva D), $q_0 = Q_A = 540 \text{ v/h}$, $C_E = 400 \text{ v/h}$

e a manobra regular é possível com $X_E = \frac{50}{400} = 0,125$.

Portanto, $X_2 = 0,19 + 0,125 = 0,315 = 31,5\% \Rightarrow C = \frac{150}{0,315} = 476 \text{ v/h}$ (com 1 posição).

Efeito na primeira etapa: redução de capacidade para $1 - \frac{X_q}{(m+1)}$ e limite C_2 .
portanto, redução de capacidade para 0,84 e limite de 476 v/h

Etapa 1:

cruzamento de 2 faixas de 150 v/h até o canteiro central e
convergência de 300 v/h da conversão à direita.

Cruzamento: $\alpha = 6 \text{ s}$ (curva B), $q_0 = Q_B = 1700 \text{ v/h}$, $C_T = 70 \text{ v/h}$ e $X_T = \frac{150}{70} = 2,14$

Conversão: faixa de entrada livre, devido ao estacionamento permitido (trecho anterior)

$\alpha = 4 \text{ s}$, $\beta = \frac{\alpha}{4} + 1,5 = 2,5 \text{ seg}$, $C_D = S_D = \frac{1}{\beta} = 1440 \text{ v/h}$ e $X_D = \frac{300}{1440} = 0,21$.

Mas manobra de cruzamento tem capacidade reduzida pela interferência no canteiro:

$C_T = 0,84 \cdot 70 = 58,8 \text{ v/h}$, $X_T = \frac{150}{58,8} = 2,55$, $X = 2,55 + 0,21 = 2,76$ e $C = \frac{450}{2,76} = 163 \text{ v/h}$

Neste caso, a utilização de 2 faixas para cruzamento em Y1 ainda seria deficiente.

A faixa de entrada livre da conversão à direita seria obstruída pela fila de cruzamento.

Embora Y2 seja mais crítico que Y1, não há estratégias alternativas para Y1.

Estimativa de atrasos e as filas médias correspondentes, para $T_p = \frac{1}{2}h = 1800\text{seg}$:

Etapa 2, utilizando $X = 31,5\%$:

$$d_r = \frac{3600}{C} = \frac{3600}{476} = 7,5 \text{ s (sendo } d_{rT} = \frac{3600}{530} = 6,8 \text{ s e } d_{rE} = \frac{3600}{400} = 9 \text{ s)}.$$

$$d_s = \frac{T_p}{4} \cdot \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 \cdot \kappa \cdot X}{C \cdot T_p}} \right] = \frac{1800}{4} \cdot \left[(0,315 - 1) + \sqrt{(0,315 - 1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 0,315}{476 \cdot 0,5}} \right] = 3,5 \text{ s}$$

$$d = d_r + d_s = 11 \text{ s, que corresponde a fila média de } n = \frac{400}{3600} \cdot 11 = 1,2 \text{ veículos.}$$

Etapa 1, com uma posição, utilizando $X = 2,76$:

$$d_r = \frac{3600}{C} = \frac{3600}{163} = 22 \text{ s (sendo } d_{rT} = \frac{3600}{58,8} = 61 \text{ s e } d_{rE} = \frac{3600}{1440} = 2,5 \text{ s)},$$

$$d_s = \frac{1800}{4} \cdot \left[(2,76 - 1) + \sqrt{(2,76 - 1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 2,76}{163 \cdot 0,5}} \right] = 1618 \text{ s}$$

$$\text{e } d = d_r + d_s = 1640 \text{ s} = 27,3 \text{ min. e fila média de } n = \frac{163}{3600} \cdot 1640 = 74,2 \text{ veículos.}$$

Não seria recomendável retirar o semáforo em Y.

Com fechamento do canteiro central, a operação sem semáforos seria possível.

Apenas as conversões à direita ficariam nas interseções (outros fluxos mudam de via). Neste caso, as estimativas realizadas mostram que a capacidade em Y supera 1000 v/h. Nos demais cruzamentos (1,2,3,4) a capacidade é menor (não há faixa de entrada livre).

A capacidade pode ainda ser melhorada aumentando o número de faixas no corredor.

(2) Análise do impacto no corredor A, em Y, com semáforo:

Estratégia: proibição do estacionamento (determinar extensão suficiente).

Mantendo-se o dimensionamento, basta avaliar o impacto no fluxo de saturação.

Método de Webster/Cobbe/66: $S = S_b \cdot f_i \cdot f_{loc} \cdot f_{est} \cdot f_{cd} \cdot f_{ce} \cdot f_{vp}$

Situação atual: estacionamento permitido até a linha de retenção $p = 1,68.f$ metros

$$\text{sendo que } f=1, \text{ para veículos leves, } f_{est} = \frac{9,90 - 1,68}{9,90} = \frac{8,22}{9,90} = 0,83.$$

Nova situação: admitindo eficiência total $p = 0$ e $f_{est} = 1,0$, naturalmente.

Observação em campo: $C = 1400v/h$, $u = 50\%$ (taxa de verde), $S = \frac{C}{u} = 2800v/h$.

Forma mais trabalhosa: calibrar fator de localização específico f_{loc} :

S_b = fluxo de saturação básico: $L = 9,90m \therefore S_b = 9,9 \cdot 525 = 5197,5v/hv$;

$$f_i = \text{declividade } f_i = \frac{100 - 3 \cdot i}{100} : i = 0 \therefore f_i = 1;$$

$$f_{est} = \text{estacionamento } f_{est} = \frac{L - p}{L} = 0,83;$$

$$f_{cd} = \text{à direita } f_{cd} = \frac{100}{100 + (p_{cd} - 10) \cdot (e_{cd} - 1)}$$

$$p_{cd} = \frac{170}{1700} = 0,10 = 10\%, \therefore f_{cd} = 1$$

$$f_{ce} = \text{à esquerda } f_{ce} = \frac{100}{100 + p_{ce} \cdot (e_{ce} - 1)}, p_{ce} = 0\% \text{ (proibido)} \therefore f_{ce} = 1$$

$$f_{vp} = \text{composição de tráfego } f_{vp} = \frac{100}{100 + p_i \cdot (e_i - 1)}, 20\% \text{ de veículos pesados,}$$

$$\text{com } e_i = 1,75 \therefore f_{vp} = 0,87$$

$$\text{Portanto, } f_{loc} = \frac{S_{campo}}{S_b \cdot f_i \cdot f_{est} \cdot f_{cd} \cdot f_{ce} \cdot f_{vp}} = \frac{2800}{5197,5 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87} = 0,75$$

Revisão: $S = 5197,5 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,10 \cdot 1 \cdot 0,87 = 3374v/h$.

Estimativa mais direta: apenas fatores alterados $S' = S \cdot \frac{f'_{est}}{f_{est}} = 2800 \cdot \frac{1}{0,83} = 3374v/h$.

Novo valor da capacidade, mantendo o dimensionamento atual, $C = 0,5.3374 = 1687v/h$ um aumento de 20% decorrente do efeito direto do novo fluxo de saturação. muito próximo da demanda atual no corredor no sentido Bairro-Centro.

Para ter eficiência total da faixa com estacionamento proibido na aproximação:

$$p_{\ell} = 1,68 - 0,9 \cdot \frac{(z - 7,60)}{g} = 0 \text{ e } g = 60\text{seg a taxa de verde, ou seja, } z = 120\text{metros.}$$

Situação mais usual: redimensionado do semáforo (repartição do ganho).

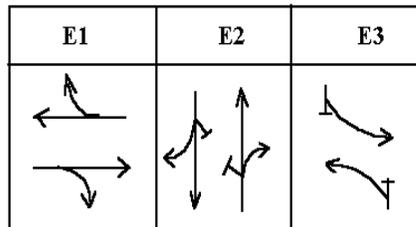
Uma melhoria do fluxo de saturação na via transversal, pode trazer ganho ao corredor.

Em última estância, a alocação de verde pode proteger o corredor (prejudicando outros).

(3) Revisão do dimensionamento, com o plano semafórico atual do cruzamento em X.

Tempos atuais, com três estágios:

- E1 com taxa de verde efetivo de 50% para o corredor A,
- E2 com taxa de verde efetivo de 25% para os fluxos diretos da via B, e
- E3 com taxa de verde efetivo de 15% para os fluxos de conversão de B, tempo perdido total (de 12 seg.), 10% do tempo de ciclo (120 seg.).



Opção de dar capacidade de $C = 2500v/h$ para o corredor:

mantendo o fluxo de saturação $S = 4000v/h$ $C = u.S \Rightarrow u = \frac{C}{S} = \frac{2500}{4000} = 62,5\%$

mantendo o tempo de ciclo $t_c = 120\text{seg}$, $g_{ef} = 0,625.120 = 75\text{seg}$ para o corredor (admitindo tempo morto é um segundo menor que o amarelo, $g = g_{eg} - 1 = 74\text{seg}$).

Sobram $120 - 75 - 12 = 33$ seg. de tempo de verde efetivo para os estágios E2 e E3:

mantendo a repartição relativa atual, seriam 20 seg. para E2 e 12 seg. para E3 (outro critério seria adotar a alocação proporcional às taxas de solicitação).

Para avaliar melhor a situação, é necessário encontrar as taxas de solicitação de verde.

Taxa de solicitação de verde calculada através da observação de campo (indireto): a partir do tempo de dissipação da fila (para grupos de tráfego não saturados)

$$y = \frac{g_s}{r + g_s} \text{ onde } g_s \text{ e } r \text{ são o tempo de dissipação da fila e de vermelho,}$$

para graus de saturação menores que 80% a 90% se há dissipação de fila a partir do crescimento da fila entre ciclos (para grupos de tráfego saturados)

$$y = u \cdot \left(1 + \frac{\Delta n_c}{N_c} \right) \text{ onde } \Delta n_c \text{ e } N_c \text{ são o crescimento e o escoamento da fila}$$

para graus de saturação maiores que 100% se não há dissipação de fila (são aproximações desprezando os efeitos da aleatoriedade e da fila horizontal).

Para graus de saturação intermediários (não há dissipação): $y \cong u.X$ e $X \cong 90\% \text{ a } 100\%$

Na situação da via B, observação de campo:
 no sentido dominante (interno) para o grupo de tráfego crítico direto (de E2)
 há filas estacionárias;
 para o grupo de tráfego crítico de E3 (conversão à esquerda para o centro)
 as filas dissipam em 80% do verde

Para o fluxo dominante direto, filas estacionárias e $y = 0,95.u = 0,95.0,25 = 0,24$ ($X = 95%$)
 que corresponde à taxa de solicitação crítica do estágio E2
 O fluxo direto não-dominante dissipa a fila em 75% do tempo de verde:

$$g_s = 0,75.g = 0,75.30 = 23,5\text{seg} \Rightarrow y_{\tilde{n}\text{-dom}} = \frac{g_s}{r + g_s} = \frac{23,5}{90 + 23,5} = \frac{23,5}{113,5} = 0,21$$

Para fluxo dominante de conversão (externo), dissipação da fila em 90% do verde:

$$g_s = 0,9.g = 0,9.18 = 16,2\text{seg} \Rightarrow y_{\text{dom}} = \frac{g_s}{r + g_s} = \frac{16,2}{102 + 16,2} = \frac{16,2}{118,2} = 0,14$$

O fluxo não-dominante de conversão dissipa a fila em 50% do tempo de verde:

$$g_s = 0,5.g = 0,5.18 = 9\text{seg} \Rightarrow y_{\tilde{n}\text{-dom}} = \frac{g_s}{r + g_s} = \frac{9}{102 + 9} = \frac{9}{111} = 0,08$$

Redimensionamento do semáforo em X, na situação atual:

$$\text{fluxo dominante do corredor, } S = \frac{C}{u} = \frac{2000}{0,5} = 4000\text{v/h e } y_{E1} = \frac{Q}{S} = \frac{2200}{4000} = 0,55.$$

nos demais estágios, $y_{E2} = 0,24$ e $y_{E3} = 0,14$.

$$\text{Portanto, } Y_T = 0,93 \Rightarrow t_{\text{co}} = \frac{1,5.t_p + 5}{1 - Y_T} = \frac{1,5.12 + 5}{1 - 0,93} = \frac{23}{0,07} = 328,5\text{seg} > 120\text{seg. (máximo)}$$

$$\text{Tempo de ciclo mínimo requerido, sem saturação : } t_c^{\text{min}} = \frac{t_p}{1 - Y_T} = \frac{12}{0,07} = 171,4\text{seg}$$

(com 120seg. a interseção estará saturada e os grupos críticos terão problemas).

$$\text{Com a eliminação do gargalo em Y, } y_{E1} = \frac{2500}{4000} = 0,625$$

$$Y_T = 0,24 + 0,14 + 0,625 = 1,005 \Rightarrow t_c = t_c^{\text{máx}} \text{ da mesma forma (com saturação).}$$

Pode-se evitar algum a saturação de alguns grupos críticos, apenas piorando os outros.

Sem alterar o tempo de ciclo, com a demanda atual, a repartição de verde seria alterada:

$$\text{Estágio E1 teria } g_{ef1} = \frac{0,55}{0,93} \cdot (120 - 12) = 64\text{seg com } u_1 = \frac{64}{120} = 0,53 < 0,55$$

(mas taxa de maior que a atual, em que $u_1 = 0,50$).

$$\text{Com demanda majorada, } g_{ef1} = \frac{0,625}{1,005} \cdot (120 - 12) = 67\text{seg com } u_1 = \frac{67}{120} = 0,55 < 0,625$$

Com tempo de ciclo igual, a melhora para A implica na piora de B.

Adotando $t_c = t_c^{\text{máx}} = 180\text{seg}$ como tempo de ciclo o máximo admitido, na situação atual:

$$g_{ef}^{E1} = \frac{0,55}{0,93} \cdot (180 - 12) = 99\text{seg} \therefore g_{E1} = 98\text{seg}, u_1 = \frac{99}{180} = 0,55 \cong y_{E1}$$

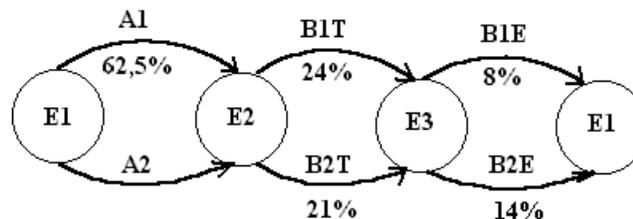
$$g_{ef}^{E2} = \frac{0,24}{0,93} \cdot (180 - 12) = 43\text{seg} \therefore g_{E2} = 42\text{seg}, u_2 = \frac{43}{180} = 0,24 \cong y_{E2}$$

$$g_{ef}^{E3} = \frac{0,14}{0,93} \cdot (180 - 12) = 25\text{seg} \therefore g_{E3} = 24\text{seg}, u_3 = \frac{25}{180} = 0,14 \cong y_{E3}$$

(aumento marginal da taxa de verde e da capacidade com 50% mais de tempo de ciclo).

Alteração de plano: a regra básica para obter máximo rendimento dos semáforos dar o maior tempo possível à operação dos movimentos críticos, dar a menor ociosidade possível aos movimentos menos críticos, e evitar interferências entre movimentos e restrições físicas.

Situação atual:



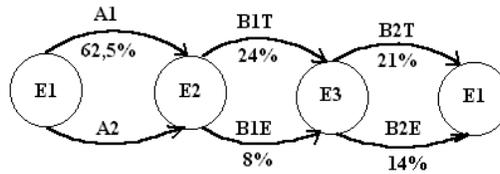
Portanto, sequência crítica A1-B1T-B2E com $Y_T = 100,5\%$ e $t_p = 12\text{seg}$.

Não pode ser melhorada em nenhuma das alternativas consideradas.

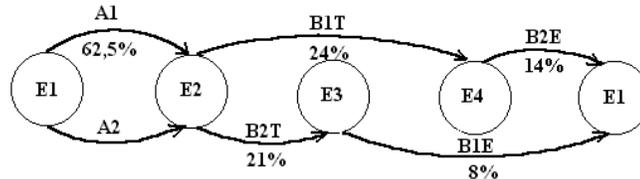
Única chance de reduzir a taxa de solicitação global: superpor operação de B1T e B2E (movimentos incompatíveis, operação simultânea não é possível).

Planos de operação semafórica alternativos:

Alternativa 1



Alternativa 2



Planos de 3 estágios, a combinação atual é a mais eficiente:

alternativa 1, grupos de tráfego críticos B1T e B2T, verde de $24\%+21\%=45\%$
 atual, grupos críticos B1T e B2E, necessidade de verde é $24\%+14\%=38\%$.

A alternativa 1 permite que B1T e B1E operem como um único grupo de tráfego e que as faixas possam ser compartilhadas de forma mais livre (também B2T e B2E). No período em análise, por exemplo, uma baía de conversão à esquerda mais extensa poderia ser parcialmente utilizada para escoar o fluxo adiante, visto que sua solicitação para conversão à esquerda somente (8%) seria menor que a das faixas adjacentes (24%). Além disso, as interferências entre fluxos de uma mesma aproximação que param/andam em estágios diferentes deixariam de ocorrer (o que melhora a fluidez e reduz o potencial de problemas de segurança). As vantagens em termos de fluidez podem ser avaliadas revisando o fluxo de saturação com B1E como parte de B1T e uma faixa de extensão reduzida (a atual baía de conversão à esquerda) utilizada também para o fluxo adiante (o mesmo para B2T com B2E).

Planos de 4 estágios, mesma eficiência no uso do verde (mas plano mais complexo).

alternativa 2, grupos críticos são ainda B1T e B2E (reduz interferência)

alternativa 3, altera somente a ordem (efeito maior na segurança).

Nestes casos, as interferências entre movimentos de uma mesma aproximação que param/andam em estágios diferentes voltam a ocorrer e de forma potencialmente mais perigosa (visto que a situação muda de um estágio para outro) e o uso compartilhado das faixas deixa de ser a forma de operação usual. A mesma eficiência no uso do verde decorre do fato de ter apenas 3 mudanças de estágios em cada seqüência alternativa, incluindo-se a atual seqüência crítica entre estas (isto é, A1-B1T-B2E, como no plano atual).

(4) Alterações físicas e/ou de circulação são necessárias para eliminar saturação em X.

Estratégias mais simples: introdução de uma quarta faixa nas proximidades da retenção.

Situação atual:

3 faixas de 3,30 metros, isto é, largura de 9,90 metros
canteiro de 4,0 metros e as calçadas 2,0 metros.

Opção:

implantação de 4 faixas de 3,0 metros, extensão de 40 metros até retenção
pode, por exemplo, tomar 2,10 metros do canteiro nessa extensão.

Método de Webster/Cobbe/66: $S = S_b \cdot f_i \cdot f_{loc} \cdot f_{est} \cdot f_{cd} \cdot f_{ce} \cdot f_{vp}$

Sem a implantação da quarta faixa:

tempo de ciclo de 120 segundos e tempo de verde efetivo de 60 segundos

capacidade medida de $C = 2000v/h \therefore S = \frac{C}{u} = 4000v/h$ (estimativa de campo)

Criação da quarta faixa (com extensão reduzida de 40 metros ou algum valor revisado):

Novamente, forma mais trabalhosa, calibrar um fator de localização específico.

Forma mais simples, correção direta do valor de fluxo de saturação obtido em campo.

Efeitos:

aumento da largura efetiva de $L = 9,90m$ para $L - p$ com $L = 12,0m$ e
efeito da extensão reduzida (p calculado segundo as recomendações usuais)

Para o caso da aproximação do corredor, sentido dominante, da interseção X::

$S_b =$ fluxo de saturação básico: $L = 9,90m \therefore S_b = 9,9 \cdot 525 = 5197,5veq/hv$;

$f_i = 1$, $f_{est} = 1$ (hoje proibido), $f_{cd} = 1$ (com 10% de conversões), $f_{ce} = 1$ (hoje proibido),

$f_{vp} = \frac{100}{100 + p_i \cdot (e_i - 1)} = 0,87$ (com 20% de caminhões com equivalente 1,75veq/vp)

Portanto, $f_{loc} = \frac{S_{campo}}{S_b \cdot f_i \cdot f_{est} \cdot f_{cd} \cdot f_{ce} \cdot f_{vp}} = \frac{4000}{5197,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87} = 0,89$.

Situação proposta: faixa adicional por 40 metros (como se houvesse estacionamento)

$$S_b = 12,00.525 = 6300v/h \text{ e}$$

$$\text{dado } z = 40m, g = 60s \text{ (} f = 1), p_\ell = 1,19m \text{ e } f_{est} = 0,91.$$

Portanto, $S' = 6300.1.0,91.0,89.1.1.0,87 = 4439v/h$.

Sem alterar o dimensionamento semaforico, capacidade seria $C' = 0,5.4439 = 2219,5v/h$.

Com o redimensionamento do semáforo:

$$y'_{E1} = \frac{Q}{S} = \frac{2500}{4439} = 0,56, \text{ mantendo-se } y_{E2} = 0,24 \text{ e } y_{E3} = 0,14$$

$$\therefore Y'_T = 0,94 \Rightarrow t_{co} = \frac{1,5.t_p + 5}{1 - Y_T} = \frac{1,5.12 + 5}{1 - 0,94} = \frac{23}{0,06} = 383\text{seg.}$$

(admitindo a eliminação do gargalo em Y).

Adotando o tempo de ciclo máximo igual a 120 segundos, com alocação proporcional:

$$g_{ef}^{E1} = \frac{0,56}{0,94} . 108 = 64\text{seg} \therefore g_{E1} = 63\text{seg}, u_1 = \frac{64}{120} = 0,53 < 0,56$$

$$g_{ef}^{E2} = \frac{0,24}{0,94} . 108 = 28\text{seg} \therefore g_{E2} = 27\text{seg}, u_2 = \frac{28}{120} = 0,23 < 0,24$$

$$g_{ef}^{E3} = \frac{0,14}{0,94} . 108 = 16\text{seg} \therefore g_{E3} = 15\text{seg}, u_3 = \frac{16}{120} = 0,13 < 0,14.$$

Ainda saturado, pois $t_{c,\min} = \frac{12}{0,06} = 200\text{seg} < 120\text{seg}$, mas com $C = 0,53.4439 = 2352,6v/h$.

Alocação preservando o corredor pode, naturalmente, ser adotada com menor prejuizo.

Estimativas de atraso e fila médios, admitindo um período de pico de ½ hora:

Com situação atual, sem melhora em Y:

$$(Q=2200v/h): X = \frac{2200}{2000} = 1,10, y = \frac{2200}{4000} = 0,55, d_r = \frac{(1-0,50)^2}{(1-0,55)} \cdot \frac{120}{2} = 33\text{seg}$$

$$d_s = \frac{1800}{4} \cdot \left[(1,10 - 1) + \sqrt{(1,10 - 1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 1,10}{2000 \cdot 0,5}} \right] = 106,7\text{seg} \text{ e } d = 33 + 106,7 = 139,7\text{seg}$$

Com situação atual, com melhora em Y:

$$(Q=2500v/h): X = \frac{2500}{2000} = 1,25, y = \frac{2500}{4000} = 0,625, d_r = \frac{(1-0,50)^2}{(1-0,625)} \cdot \frac{120}{2} = 40\text{seg}$$

$$d_s = \frac{1800}{4} \cdot \left[(1,25 - 1) + \sqrt{(1,25 - 1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 1,25}{2000 \cdot 0,5}} \right] = 233,7\text{seg} \text{ e } d = 40 + 233,7 = 276,7\text{seg}$$

Com alterações (melhora em Y e intervenção do canteiro) e dimensionamento atual:

$$(u=50\%): X' = \frac{2500}{2219} = 1,126, \quad y' = \frac{2500}{4439} = 0,56, \quad d'_r = \frac{(1-0,50)^2}{(1-0,56)} \cdot \frac{120}{2} = 34,1\text{seg}$$

$$d'_s = \frac{1800}{4} \cdot \left[(1,126-1) + \sqrt{(1,126-1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 1,126}{2219 \cdot 0,5}} \right] = 126,4\text{seg} \quad \text{e} \quad d' = 34,1 + 126,4 = 160,5\text{seg}.$$

Com alterações (melhora em Y e intervenção do canteiro) e dimensionamento revisado:

$$(u=53\%): X' = \frac{2500}{2352} = 1,062, \quad y' = \frac{2500}{4439} = 0,56, \quad d'_r = \frac{(1-0,53)^2}{(1-0,56)} \cdot \frac{120}{2} = 30,12\text{seg}$$

$$d'_s = \frac{1800}{4} \cdot \left[(1,062-1) + \sqrt{(1,062-1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 1,062}{2352 \cdot 0,5}} \right] = 75,24\text{seg} \quad \text{e} \quad d = 30,12 + 75,24 = 105,36\text{seg}.$$

Portanto, mesmo sem eliminação do gargalo em X, a redução de atraso é significativa.

$$\text{Redução de fila média: de } n = \frac{2000}{3600} \cdot 276,6 = 221,3v \quad \text{para} \quad n' = \frac{2352}{3600} \cdot 105,36 = 68,8v.$$

Supondo que não houve nenhuma alteração de rota, estes seriam os efeitos relevantes.

Como estas estimativas são de fila teórica, pode-se melhorar a precisão dos resultados.

Aspecto importante: a via A tem apenas 3 faixas adiante de X (restrição adiante).

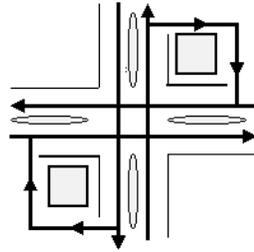
Como fluxos à direita são pequenos (10%), estimativa de fluxo de saturação exagerada. Exemplo de suposição: contribuição da faixa adicional limitada à conversão à direita

$$\text{portanto, deve-se limitar o novo valor para } S' = \frac{S}{p_{cd}} = \frac{4000}{0,9} = 4444v/h.$$

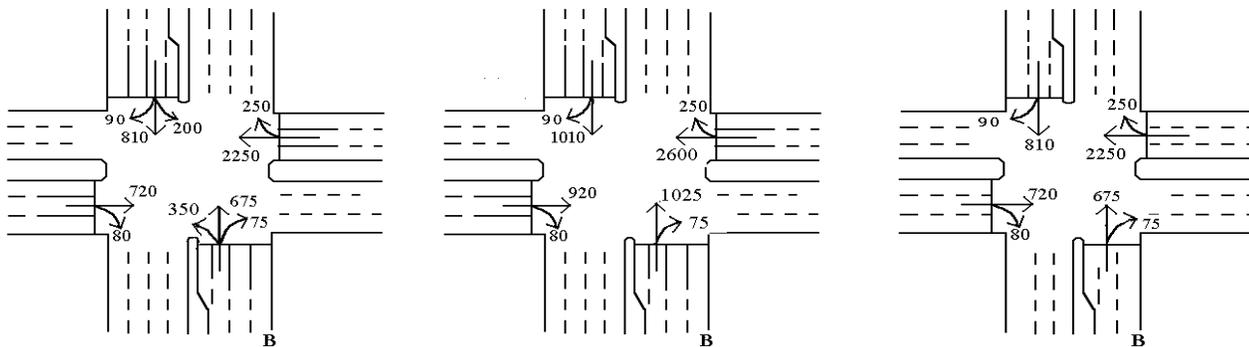
A revisão das estimativas de impacto poderia ser feita da mesma forma.

(5) Alterações de circulação: os efeitos locais contra atrasos de circulação.

Estratégia: proibição das conversões à esquerda em B com loop de quadra depois.



Alteração dos fluxos na interseção: situação atual, loop depois e saída antecipada



Fluxos na interseção aumentam com loop de quadra e diminuem com saída antecipada.

Revisão dos fluxos de saturação:

Aproximação da via A: apenas a composição de tráfego foi alterada.

aumento do fluxo direto para 2550 v/h, $p_{cd} = \frac{250}{2850} = 8,7\%$ e $f_{cd} = 1,0$ (igual).

aumento de demanda e da taxa de solicitação de verde efetivo $y_{E1} = \frac{2850}{4000} = 0,71$.

Aproximações da via B: alteração da composição e incorporação da antiga baía.

sentido dominante tende a ser o mesmo fluxo direto na situação original
 dado que a demanda é equilibrada e os fluxos de saturação são similares
 valores de campo: $y_{E2} = 0,24$ (fluxo direto) e $y_{E3} = 0,14$ (fluxos de conversão)

fluxos diretos: $S = \frac{900}{0,24} = 3750v/h$ ($C = u.S = 0,25.3750 = 937,5v/h$)

fluxos de conversão: $S = \frac{350}{0,14} = 2500v/h$ ($C = u.S = 0,15.2500 = 375v/h$)

revisão do fluxo de saturação do sentido suposto dominante apenas.
 alteração na proporção de conversões à direita é novamente irrelevante.

efeito da incorporação da antiga baía de conversão (40 metros) para fluxo direto aumento da largura da via para o fluxo direto mas extensão reduzida admitindo um verde efetivo de 50 seg. (~duração dos estágios E2 e E3)

$$p_{\ell} = 1,68 - 0,9 \cdot \frac{40,0 - 7,6}{50} = 1,097 \text{m e } S' = \frac{13,20 - 1,097}{9,90} \cdot 3750 = 4584 \text{v/h}$$

(13,20m corresponde às 4 faixas, com baía, e 9,90m às 3 faixas, sem

baía).

eliminação da interferência das conversões à esquerda não é em geral tratada ... antes: interação das conversões (em E3) com o fluxo direto (em E2)

antes: hipótese favorável é operação independente ($p'_{ce} = 0$ e $f'_{ce} = 1,0$)

baía acumula conversões em E2 e alimentam todo o verde de E3
faixas adjacentes à baía alimentam todo o verde em E2 também
se faixas adjacentes alimentam parcialmente E2, o efeito depois é

$$p_{ce} = \frac{200}{900 + 200} = 18\%, \quad f_{ce} = \frac{100}{100 + (18 - 10)(1,25 - 1)} = 0,98$$

$$\text{e } S'' = \frac{1,0}{0,98} \cdot 4584 = 4677,5 \text{v/h}, \quad S''' = 0,82 \cdot S'' = 3835,6 \text{v/h direto.}$$

(eliminação da interferência e demanda das conversões à esquerda)
se a baía tem capacidade insuficiente, há bloqueio do fluxo direto
se a baía alimenta E3 parcialmente, há bloqueio das conversões
se a baía tiver capacidade insuficiente, há uso das faixas adjacentes
hipótese admitida: operação independente ($p'_{ce} = 0$ e $f'_{ce} = 1,0$).

naturalmente, na nova situação tem-se $p''_{ce} = 0$ e $f''_{ce} = 1,0$ (seria igual).

aumento de demanda e da taxa de solicitação de verde efetivo $y_{E2} = \frac{1100}{4584} = 0,24$

Redimensionamento do semáforo: $Y = 0,71 + 0,24 = 0,95$, $t_p = 8 \text{seg}$

$$t_{co} = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,95} = \frac{17}{0,05} = 340 \text{seg} > t_c^{\text{máx}} = 120 \text{seg} \therefore t_c = 120 \text{seg}, \quad G_{ef} = 120 - 8 = 112 \text{seg},$$

$$g_{ef}^{E1} = \frac{0,71}{0,95} \cdot 112 = 84 \text{seg} \therefore g_{E1} = 83 \text{seg}, \quad \text{com } u_1 = \frac{84}{120} = 0,70 < 0,71!$$

$$g_{ef}^{E2} = \frac{0,24}{0,95} \cdot 112 = 28 \text{seg} \therefore g_{E2} = 27 \text{seg}, \quad \text{com } u_2 = \frac{28}{120} = 0,233 < 0,235!$$

basicamente no limite de capacidade (bem melhor que a situação atual no corredor)

Para proteger o corredor A, limitando seu grau de saturação em 95%:

$$\text{para A, } u_1 = \frac{0,71}{0,95} = 0,74 \text{ e } g_{ef}^{E1} = 0,74 \cdot 120 = 89 \text{seg} \therefore g_{E1} = 88 \text{seg.}$$

$$\text{para B, } g_{ef}^{E2} = 112 - 89 = 23 \text{seg} \therefore g_{E2} = 22 \text{seg.}, \quad u_2 = \frac{23}{120} = 0,19 < 0,235,$$

(saturando significativamente a via B para proteger a via A)
esta opção não será usada (vias de importância similar na interseção X)

Estimativas de atraso médio, incluindo os atrasos de circuitação gerados:

Situação atual em X (Q=2500v/h, sem gargalo em Y) para os fluxos dominantes:

$$E1: X = \frac{2500}{2000} = 1,25, y = \frac{2500}{4000} = 0,625, u = 0,50, d_r = \frac{(1-0,50)^2}{(1-0,625)} \cdot \frac{120}{2} = 40\text{seg},$$

$$d_s = \frac{1800}{4} \cdot \left((1,25-1) + \sqrt{(1,25-1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 1,25}{2000 \cdot 0,5}} \right) = 233,7\text{seg} \text{ e } d = 40 + 233,7 = 273,7\text{seg},$$

$$E2: X = \frac{900}{937,5} = 0,96, y = \frac{900}{3750} = 0,24, u = 0,25, d_r = \frac{(1-0,25)^2}{(1-0,24)} \cdot \frac{120}{2} = 44\text{seg},$$

$$d_s = \frac{1800}{4} \cdot \left((0,96-1) + \sqrt{(0,96-1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 0,96}{937,5 \cdot 0,5}} \right) = 42\text{seg} \text{ e } d = 44 + 42 = 86\text{seg},$$

$$E3: X = \frac{350}{375} = 0,93, y = \frac{350}{2500} = 0,14, u = 0,15, d_r = \frac{(1-0,15)^2}{(1-0,12)} \cdot \frac{120}{2} = 50\text{seg},$$

$$d_s = \frac{1800}{4} \cdot \left((0,93-1) + \sqrt{(0,93-1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 0,93}{375 \cdot 0,5}} \right) = 63,5\text{seg} \text{ e } d = 50 + 63,5 = 113,5\text{seg}.$$

Nova situação em X (Q=2500v/h, sem gargalo em Y), dominantes, atrasos no semáforo:

$$E1: X = \frac{2850}{2800} = 1,01, y = \frac{2850}{4000} = 0,71, u = 0,70, d_r = \frac{(1-0,70)^2}{(1-0,71)} \cdot \frac{120}{2} = 18\text{seg}$$

$$d_s = \frac{1800}{4} \cdot \left((1,0-1) + \sqrt{(1,0-1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 1,0}{2800 \cdot 0,5}} \right) = 34\text{seg} \text{ e } d = 18 + 34 = 52\text{seg},$$

$$E2: X = \frac{1100}{1089} = 1,01, y = \frac{1100}{4675,7} = 0,235, u = 0,233, d_r = \frac{(1-0,233)^2}{(1-0,235)} \cdot \frac{120}{2} = 46\text{seg}$$

$$d_s = \frac{1800}{4} \cdot \left((1,01-1) + \sqrt{(1,01-1)^2 + \frac{8 \cdot 1 \cdot 1,01}{1089 \cdot 0,5}} \right) = 59,5\text{seg} \text{ e } d = 46 + 59,5 = 105,5\text{seg}.$$

Via A: dominante (2500 v/h), redução de atraso 221,7 seg por veículo (total: 154 vh)

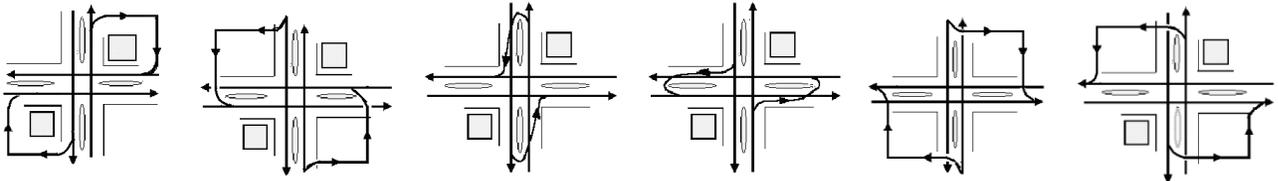
Via B: dominante, direto (900v/h), aumento de atraso 19,5 seg. por veículo (total 5 vh), e esquerda (200v/h), redução de atraso 8 seg. mas novo atraso na via A de 52 seg.

mais trajeto adicional corresponde a $d_c = \frac{4 \cdot 100}{11} = 36\text{seg}$ adicionais por veículo.

(admitindo quadras regulares de 100 metros e velocidade de 40 km/h ou 11 m/s)
efeito final: um tempo de viagem adicional de 76 seg. por veículo (total 7,3 vh)
(os fluxos do outro sentido de tráfego seriam avaliados da mesma forma).

Outros aspectos importantes: para *loop* de quadra depois
 custo e prazo de implantação reduzidos (alterações da sinalização de orientação,
 esquema de implantação da medida e revisão da programação semafórica).
 efeitos nas vias utilizadas para *loop* de quadra (mais tráfego, ruído, ...)

Avaliação comparativa tem de considerar muitos aspectos:



loop de quadra: depois ou antes retornos: depois ou antes saída antecipada loop paralelo

	Volume na interseção	Entradas e saídas	Outras interferências (ou vantagens)
Loop de Quadra Depois	Aumenta	1 saída à direita após e 1 entrada à direita antes da interseção	Maior circuitação; pode gerar tráfego de passagem em vias secundárias.
Loop de Quadra Antes	Não muda	1 saída à direita antes e 1 entrada à esquerda também antes da interseção	Maior circuitação; pode gerar tráfego de passagem em vias secundárias; conflito com os 2 sentidos da via transversal na entrada à esquerda
Retorno Depois	Aumenta	1 retorno contra o sentido oposto	Maior circuitação; conflito de entrelaçamento após o retorno para convergir à direita no sentido oposto; a fila no retorno pode gerar bloqueio do fluxo direto. Fácil semaforizar o retorno e sincronizá-lo com semáforo principal (mesmo sentido) mas pode afetar interseção anterior se estiver próxima.
Retorno na Transversal	Aumenta	1 retorno contra a via transversal	Maior circuitação; eventualmente a fila no retorno pode gerar bloqueio do fluxo transversal. Fácil semaforizar o retorno e sincronizá-lo com semáforo principal (mesmo sentido) mas pode afetar interseção anterior se próxima.
Saída Antecipada	Diminui	1 saída à esquerda antes e 1 entrada à esquerda após a interseção.	Pode gerar tráfego de passagem em vias secundárias; conflito com o sentido oposto na saída do corredor; conflito com os 2 sentidos da via transversal na entrada à esquerda (exceto em vias de mão-única).
Loop Paralelo	Não muda	1 saída à esquerda, após e 1 entrada à direita também após a interseção.	Maior circuitação; pode gerar tráfego de passagem em vias secundárias. As manobras de conversão à direita são afetadas pelos pelotões gerados pelo semáforo anterior, se estiver próximo.

Note que muitos esquemas atendem conversões à esquerda das vias transversais de forma distinta (um mesmo retorno pode atender a conversão na própria via e a outra conversão na via transversal, evitando implantar retornos em ambas as vias, se for conveniente).

Aspectos físicos específicos também tem de ser considerados e podem ser mais importantes. Por exemplo, além da capacidade específica em cada caso, deve-se considerar:
padrão físico das vias a serem utilizadas para circulação,
visibilidade nas entradas à direita não semaforizadas para o corredor,
visibilidade para as conversões à esquerda com fluxo oposto.

Em muitos casos, as vias necessárias para implantar os esquemas de circulação pretendidos podem não existir, pelo menos em uma distância da interseção que torne os trajetos de circulação (e os correspondentes atrasos) aceitáveis para os usuários.

Outros esquemas de circulação podem ser usados (por exemplo, *loops* de circulação nos quadrantes adjacentes, operando como rotatórias ao redor da interseção), além de esquemas mais complexos implantados nas próprias interseções (como as rotatórias propriamente ditas), que normalmente exigem maior área (e acarretar a necessidade de desapropriações ...).

Em todos os casos, o planejamento de circulação deve considerar áreas mais amplas que as interseções críticas e ponderar diversos outros aspectos urbanísticos, além dos relacionados com a acessibilidade, capacidade e segurança do tráfego veicular e de pedestres.

- (6) Estratégias mais radicais: incremento bastante mais significativo para a capacidade diretriz urbanística: fomentar o crescimento na região servida pelo corredor.

Estratégia mantendo caráter de corredor arterial:

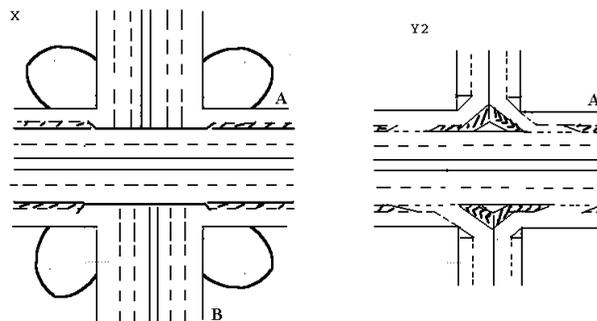
incremento de capacidade pela incorporação das ligações paralelas **a1** e **a2** (vias auxiliares a1 e a2 são também melhoradas para tráfego de passagem).
melhora das condições de ligação com a via A, através do binário de acesso.
fechamento do canteiro em outras interseções (eliminação dos semáforos).
(implantados integralmente ou introduzidos de forma progressiva ...).

Estratégia transformando corredor em expresso ou semi-expresso:

interconexão em desnível em X (normalmente elevando as faixas diretas da via A)
fechamento de todos os canteiros até interconexões adjacentes (total)
segregação do tráfego local (opção expressa) ou não (opção semi-expressa)
rotas alternativas para fluxos de atravessamento (alças de entrada e saída)
facilidades para travessias de pedestres (normalmente em desnível, ...)
(outros impactos na segurança de tráfego, no uso do solo lindeiro, na área ...)

Opção expressa:

seção transversal: duas faixas para o tráfego de passagem e uma faixa lindeira (faixa lindeira serve o tráfego gerado pelos lotes e pelas vias adjacentes)
segregação entre faixas expressas e faixa lindeira poderia com sinalização
interconexões em desnível em X, entradas e saídas algumas transversais (Y, ...).

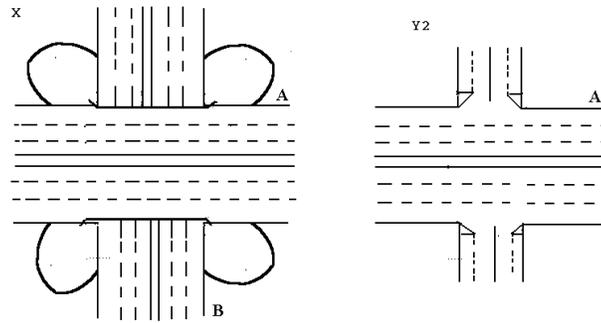


Capacidade avaliada com operação expressa em fluxo contínuo, por exemplo:

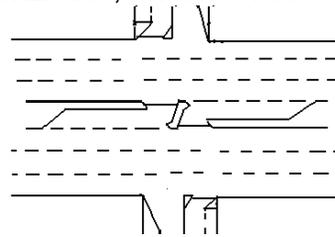
2 faixas expressas de 3,30 metros, barreiras de ambos os lados, rampa de 2%
velocidade de fluxo livre (autos) e capacidade ao redor de 80 km/h e 4190 v/h.

Opção semi-expressa:

transformações físicas na via A menores e diversas opções complementares (pode-se manter alguns semáforos, fechar canteiros centrais ou não, ...)
opção de usar as três faixas, manter a interconexão em X e canteiros fechados



opção de fechamento parcial do canteiro, mantendo conversões à esquerda (normalmente não semaforizadas, exceto em locais especiais ou com pedestres)



(segregação menor mas problemas de segurança de tráfego importantes ...)

Capacidade, sem semáforos, avaliada para fluxo contínuo não-expresso:

efeito das interferências lindeiras (acesso dos lotes e vias adjacentes ...)

3 faixas de tráfego, ambiente urbano, barreiras de ambos os lados, rampa de 2% velocidade de fluxo livre (autos) e capacidade ao redor de 60 km/h e 5142 v/h.

Em ambas as estratégias, o impacto do fluxo de passagem seria confinado à via A.

O incremento de capacidade tem de ser obtido também adiante, de forma balanceada.

Gargalos de capacidade podem situar-se fora das rampas críticas (entradas e saídas)

Por exemplo, em X há entrelaçamento sobre o viaduto na via A e sob o viaduto na via B.

