

## Roteiro do Trabalho Prático 3 – Análise de Fluxo Descontínuo Vias Arteriais e Semáforos – Métodos Práticos de Análise

1º Semestre de 2020

### 1) Apresentação geral sobre o trabalho

- 1.1) o trabalho consiste em avaliar tecnicamente a operação do eixo arterial formado pela Av.Jaguaré e pela Av.Queiroz Filho, no trecho entre os semáforos da Av.Miguel Frias de Vasconcellos e a Av.José César de Oliveira, e avaliar as seguidas intervenções feitas recentemente para melhoria na sua operação (incluindo a implantação de faixas para ciclistas e ônibus e de faixa reversível) e sua adaptação para o caso de vir a ser adotada a proposição de implantação do esquema de Interconexão em Diamante Divergente (DDI-*Diamond Diverging Interchange*) sobre a Pte;Jaguaré, com suas interseções controladas por semáforo.
- 1.2) para desenvolvimento do trabalho deve-se analisar em detalhe os dados fornecidos neste enunciado, complementando as informações obtidas da sua observação em vistorias de campo (incluindo recursos de imagens existentes na internet, como o *Street View* do *Google Earth*), e avaliar a condição de operação prevista com base nos métodos clássicos do DENATRAN/1979 e nas inovações da Resolução 483/2014 do CONTRAN para interseções semaforizadas, além de fontes complementares (incluindo os resumos ou manuais referidos no site da disciplina, entre outras fontes selecionadas) e das recomendações discutidas em classe.
- 1.3) o trabalho não precisa ser entregue (o conteúdo será avaliado através da Prova 3).

### 2) Estrutura do trabalho

**QUESTÃO 1:** Com referência à análise da operação no trecho arterial, no período recente foram implantadas a faixa exclusiva de ônibus à direita (em ambos os sentidos da Av.Jaguaré e da Av.Queiroz Filho, incluindo a Pte.Jaguaré), em 2014, e a faixa reversível junto à pista do sentido centro (conjuntamente com uma via/faixa exclusiva para ciclistas utilizando o canteiro central da Av.Jaguaré), em 2018, além de ações complementares voltadas a melhorar a segurança de tráfego (como a implantação da fiscalização eletrônica de velocidade na Av.Jaguaré em meados de 2014 e a redução do limite de velocidade regulamentada de 60km/h para 50km/h no final de 2015). Note-se ainda que ao longo do trecho considerado da Av.Jaguaré (entre a Av.Miguel Frias e Vasconcellos e a Pte.Jaguaré) existem diversos terrenos e prédios pouco ocupados, havendo diversos empreendimentos aprovados ou propostos (que vem sendo adiados em função da crise econômica atual) que poderão ser implantados no futuro (como, por exemplo, a implantação do Sp Plaza Shopping Center, ocupando toda a quadra junto ao sentido bairro da Av.Jaguaré entre a Av.Kenkiti Simomoto e a Av.Torres de Oliveira).

Uma representação da área de interesse, incluindo as alterações mais recentes, está mostrada no diagrama unifilar detalhado atual (na forma retrográfica) a seguir:

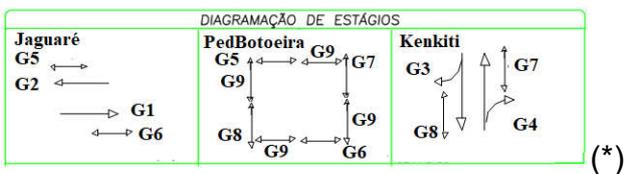


Os semáforos da Av. Jaguaré são gargalos relevantes de capacidade nas 4 interseções do trecho considerado (Av. Miguel Frias e Vasconcellos, Av. Kenkiti Simomoto, Av. Torres de Oliveira e Av. José César de Oliveira). Os planos semafóricos atualmente adotados nas interseções principais da Av. Jaguaré e da Av. Queiroz Filho estão mostrados abaixo:

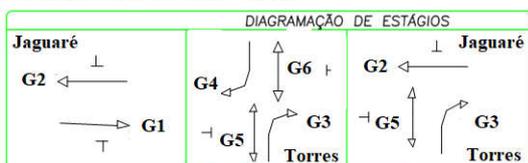
Av. Jaguaré X Av. Miguel Frias e Vasconcellos



Av. Jaguaré X Av. Kenkiti Simomoto



Av. Jaguaré X Av. Torres de Oliveira

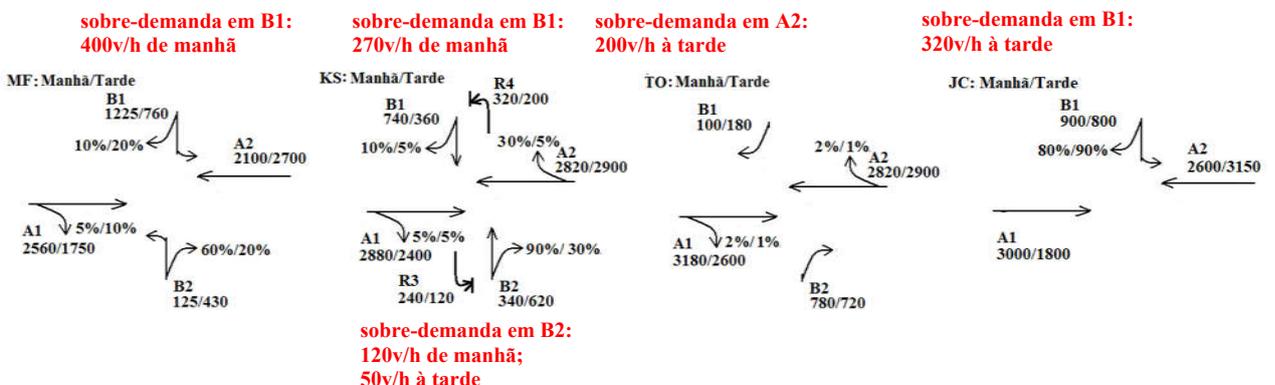


Av. Queiroz Filho X Av. José César de Oliveira



(\*) semáforo controla cruzamentos adjacentes de retorno na Pça. Francisco Luiz Gonzaga.

Os principais fluxos nas interseções consideradas, até 2014, estão mostrados abaixo:



Houve uma significativa redução de tráfego a partir da crise econômica atual, iniciada em 2014. No entanto, as intervenções mencionadas tiveram um impacto na capacidade de tráfego que deve ser avaliada (em especial diante da pressão de novos pólos de tráfego).

As análises feitas a seguir terão foco principal no semáforo da Av.Jaguareé com a Av.Kenkiti Simomoto. Questões similares devem ser conjecturadas para os demais semáforos principais e para os semáforos secundários da Pça.Francisco Luiz Gonzaga, além dos semáforos de pedestres da Av.Mal.Mário Guedes e da alça de acesso após a Pte.Jaguareé. Na representação abaixo está mostrada a situação geral do semáforo com a Av.Kenkiti Simomoto e dos semáforos adjacentes em ambos os sentidos, incluindo os tempos semaforicos na condição inicialmente assumida, que corresponde à configuração existente e dados de demanda até 2014 (sem faixa exclusiva de ônibus, sem ciclovia no canteiro central e sem a faixa reversível na pista do sentido centro).



	MF		KS			TO		
	E1	E2	E1	E2	E3	E1	E2	E3
pico da manhã:	E1:g=113s, Ia=4s, Iv=2s;	E2:g=36s, Ia=3s, Iv=2s;	E1:g=112s, Ia=4s, Iv=1s;	E2:g=6s, Ip=8s;	E3:g=24s, Ia=3s, Iv=2s;	E1:g=118s, Ia=4s, Iv=1s;	E2:g=20s, Ia=4s, g=16s, Ip=8s;	E3:g=8s, Ia=4s, Iv=1s;
pico da tarde:	E1:g=133s, Ia=4s, Iv=2s;	E2:g=36s, Ia=3s, Iv=2s;	E1:g=112s, Ia=4s, Iv=1s;	E2:g=6s, Ip=8s;	E3:g=24s, Ia=3s, Iv=2s;	E1:g=127s, Ia=4s, Iv=1s;	E2:g=20s, Ia=4s, g=16s, Ip=8s;	E3:g=19s, Ia=4s, Iv=1s;

O semáforo da Av.Miguel Frias e Vasconcelos é o primeiro da Av.Jaguareé no sentido centro, sendo o ponto inicial de retenção quando ocorrem demandas excepcionais. Em dias normais, no entanto, a programação semaforica protege a Av.Jaguareé e confina a retenção de demanda à aproximação da Av.Miguel Frias e Vasconcelos (particularmente no pico da manhã, em que foi medida a sobre-demanda de 400v/h até 2014). No sentido bairro, como o primeiro semáforo da Av.Jaguareé na Av.Torres de Oliveira tem apenas um curto estágio para travessia e via transversal (E2), é o próprio semáforo da Av.Kenkiti Simomoto que gera uma eventual retenção de demandas excepcionais (produzindo filas que muitas vezes atingem a Pte.Jaguareé e seus ramos direcionados para a Av.Jaguareé). Em dias normais, novamente, a programação semaforica protege a Av.Jaguareé e confina a retenção de demanda às aproximações da Av.Kenkiti Simomoto (especialmente no sentido USP no pico da manhã, em que foi medida a sobre-demanda de 270v/h, e menor no sentido da Av.Bolonha, medidos até 2014 como 120v/h no pico da manhã em função das manobras de retorno para o sentido centro, e 50v/h no pico da tarde, vindo da USP). Mesmo em dias normais, há também saturação na aproximação do sentido bairro no semáforo da Av.Torres de Oliveira (medido até 2014 como 200v/h no pico da tarde). No entanto, as sobre-demandas geradas na Av.Miguel Frias e Vasconcelos e na Av.Torres de Oliveira são interferências de bloqueio pelas filas adiante na Av.Kenkiti Simomoto.

(a) Deve utilizar o método de Webster&Cobbe/66 para estimar o fluxo de saturação em todas as aproximações e validar as conclusões observadas até 2014. Nos casos em que houver uma discrepância relevante, deve-se calibrar as suposições adotadas para aplicação do método de Webster&Cobbe/66 para reproduzirem as observações iniciais de campo e serem utilizados nas análises seguintes. Para aplicação do método de

Webster&Cobbe/66, devem ser obtidas as informações físicas usando o Google Earth antes de 2014 (quando ambas as vias tinham 3 faixas por sentido, sem faixas exclusivas de ônibus, ciclovia no canteiro central ou faixa reversível na pista do sentido centro), admitindo faixas com cerca de 3,30m em ambas as vias e ambos os sentidos de direção e a presença de significativos fluxos de pedestres em todas as travessias. A composição do tráfego por manobra está mostrada nos dados anteriores sobre demanda. Deve-se considerar também um fluxo de ônibus direto de 800n/h na Av.Jaguapé nos períodos de pico (ambos os sentidos), além de cerca de 5% de caminhões e 10% de motocicletas no tráfego restante (nas vias transversais pode-se assumir fluxo apenas de automóveis).

(b) Com os resultados obtidos para a estimativa dos fluxos de saturação, revise o dimensionamento semaforico nos picos com dados até 2014 considerando a possibilidade de eliminação das sobre-demanda observadas nas aproximações da Av.Kenkiti Simomoto e nos semáforos adjacentes, para o tráfego veicular em dias normais e 90ped/h, mantendo os entreverdes atuais (dimensionamento completo para o pico mais crítico e análise qualitativa do outro pico). O novo dimensionamento permitiria eliminar os problemas observados? Discuta a forma de atendimento aos pedestres no semáforo da Av.Kenkiti Simomoto e proponha formas de melhoria do esquema atual. Com base na sua proposta, revise o dimensionamento do semáforo e avalie o impacto geral nos veículos e pedestres.

(c) As conversões à esquerda estão proibidas no semáforo da Av.Kenkiti Simomoto (assim como nos demais semáforos, com exceção da Av.Miguel Frias e Vasconcelos que tem sentido único e conversão facilitada dada a posição invertida em relação à aproximação oposta na Rua Santo Eurilo). Avalie a forma como as manobras correspondentes às conversões à esquerda no semáforo da Av.Kenkiti Simomoto são atendidas pelos esquemas de circulação e facilidades adjacentes ao semáforo. Identifique um caso em que a alternativa atualmente provida é mais deficiente e a forma em que pode ser melhorada (discuta a condição atual e pelo menos uma opção), avaliando também o impacto nos semáforos em discussão (da Av.Kenkiti Simomoto ou adjacentes).

(d) No que se refere às intervenções realizadas recentemente, estime o impacto nos fluxos de saturação, para os dados de demanda até 2014 com:

- a implantação das faixas exclusivas de ônibus em ambos os sentidos da Av.Jaguapé, com alargamento da faixa direita para 3,30m e estreitamento das demais faixas para 3,20m, considerando faixas exclusivas de ônibus e faixas de uso geral como grupos de tráfego distintos na aplicação do método de Webster&Cobbe/66 e no dimensionamento;
- a implantação adicional da faixa reversível na pista do sentido centro no trecho da Av.Miguel Frias e Vasconcelos até o final da na Av.Jaguapé pela redução da largura do canteiro central com faixa direita de 3,30m e demais faixas de 3,0m, sendo a faixa reversível usada no sentido centro no pico da manhã e no sentido bairro no pico da tarde (o plano semaforico pode ser modificado trivialmente para acomodar a faixa reversível).

Nas condições acima, discuta o impacto da mudança no dimensionamento semaforico da Av.Kenkiti Simomoto em cada período de pico, inicialmente mantendo os entreverdes atuais. Discuta a necessidade de revisar (ou não) os entreverdes de cada mudança de estágio do plano atual no semáforo da Av.Kenkiti Simomoto para cada uma das duas intervenções discutidas acima. Qualitativamente, discuta a possibilidade de manter o plano semaforico atual em cada uma das duas situações: apenas com a implantação da faixa exclusiva de ônibus em ambos os sentidos da Av.Jaguapé; ou com a implantação da faixa exclusiva de ônibus e da faixa reversível na pista do sentido centro. Discuta também o impacto eventual da implantação da ciclovia no canteiro central tanto nos entreverdes

quanto no plano semaforico adotado. A opção de deslocar as travessias de pedestres para o meio de quadra é uma boa alternativa?

(e) Com a implantação da ciclovia no canteiro central da Av. Jaguaré, houve poucas alterações nos planos semaforicos adotados. Não há padrões nacionais consolidados para atendimentos aos ciclistas no Brasil (em São Paulo, a padronização atual está em [http://www.cetsp.com.br/media/392076/msuvol13\\_espacocicloviario.pdf](http://www.cetsp.com.br/media/392076/msuvol13_espacocicloviario.pdf)) mas as interseções (e os semáforos) são locais complexos que podem requerer análise especial.

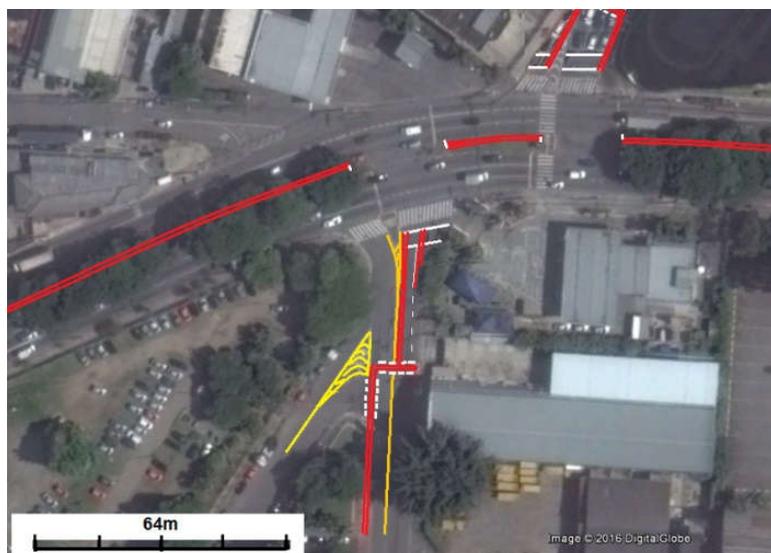
Tomando a interseção da Av. Jaguaré com a Av. Miguel Frias e Vasconcelos para discussão, nota-se a articulação da ciclovia com as ciclo-faixas que provêm das vias adjacentes. Para atendimento aos ciclistas, as opções genéricas de tratamentos para a eventual necessidade de mudança na configuração com ciclo-faixa em interseções são:

- interromper as ciclo-faixas a uma distância da interseção, devolvendo os ciclistas às regras gerais de circulação de trânsito (utilizar as faixas de tráfego como veículos, cedendo preferência ao mudar de faixa ou realizar conversões com fluxo oposto, ressalvada a responsabilidade dos demais veículos pela incolumidade dos mais vulneráveis e pela preferência nas faixas de travessia do transporte não motorizado, com a observância de uma distância lateral mínima de 1,50m na passagem por ciclista); é a forma atualmente adotada para a ciclo-faixa bidirecional à direita na aproximação principal da Av. Miguel Frias e Vasconcelos ;

- reposicionar as ciclo-faixas utilizando faixas de entrelaçamento (mantendo a preferência do ciclista deslocando a posição lateral da ciclo-faixa ao longo da via, com uma transição 1:8 a 1:10) ou faixas de travessia (perpendicularmente à via, controlada por semáforo ou com preferência similar ao das faixas de pedestres, apesar da ambiguidade existente no Código de Trânsito Brasileiro); é a forma hoje adotada para a ciclo-faixa bidirecional à esquerda na aproximação da Rua Santo Eurilo (os movimentos não atendidos pelas ciclo-faixas na interseção operariam com as regras gerais de trânsito);

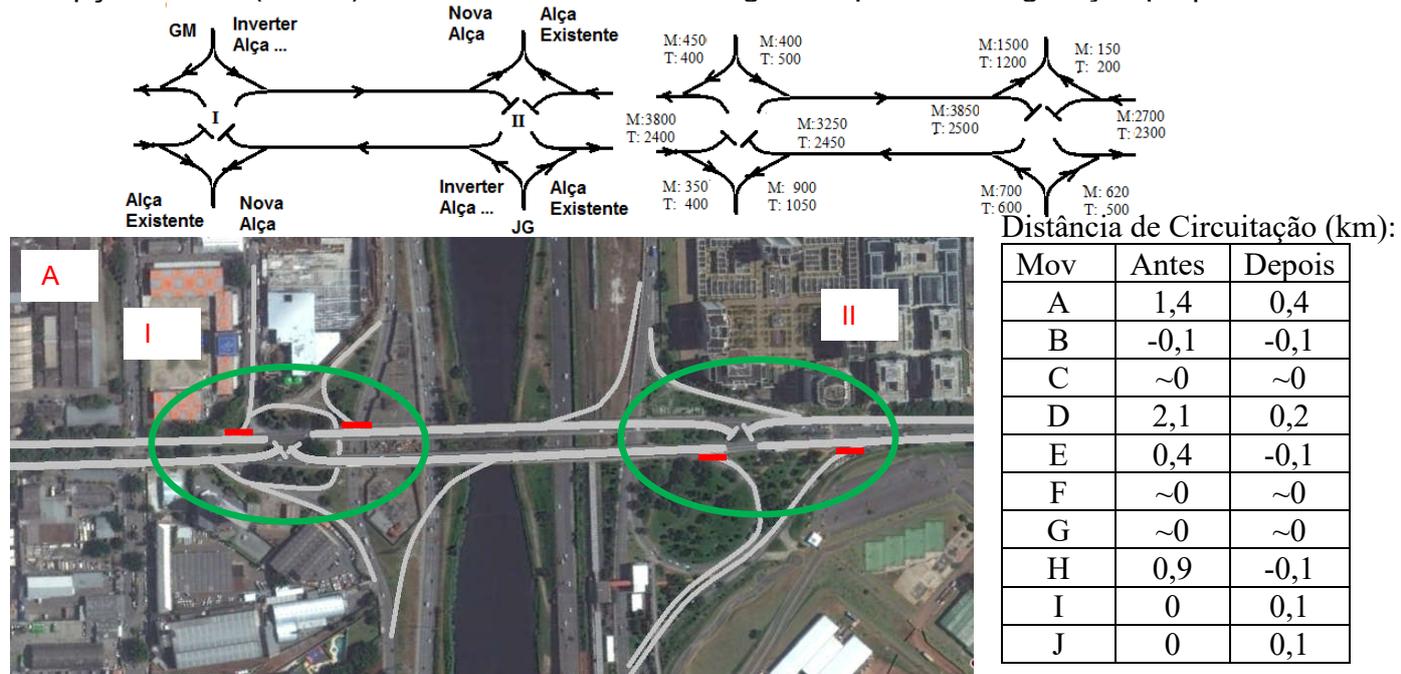
- prover áreas adicionais para armazenar ciclistas (eventualmente compartilhadas com pedestres na calçada ou compartilhadas com motociclistas na pista de tráfego) e posicionar favoravelmente os ciclistas para movimentos que seriam conflituosos nas condições normais, utilizando faixas de retenção avançadas (exclusivas para ciclistas ou compartilhadas) ou faixas auxiliares e baías de conversão para ciclistas (adjacentes às faixas normais de trânsito de ciclo-faixas ou ciclovias) ou outras opções que não ocorrem na configuração atual (mas há trechos locais de calçada compartilhada ou ciclovia) .

Na interseção em análise, as alternativas discutidas acima devem ser precedidas pela definição do melhor posicionamento para as ciclo-faixas, particularmente nas aproximações transversais (Av. Miguel Frias e Vasconcelos e a Rua Santo Eurilo). Considerando a proposta física delineada ao lado, represente o diagrama de movimentos concordantes para a interseção com análise dos movimentos diretos e conversões dos ciclistas. Proponha um plano semaforico para acomodar os ciclistas e intervenções para preservar o tráfego geral. Proponha ao menos uma opção para melhoria local.

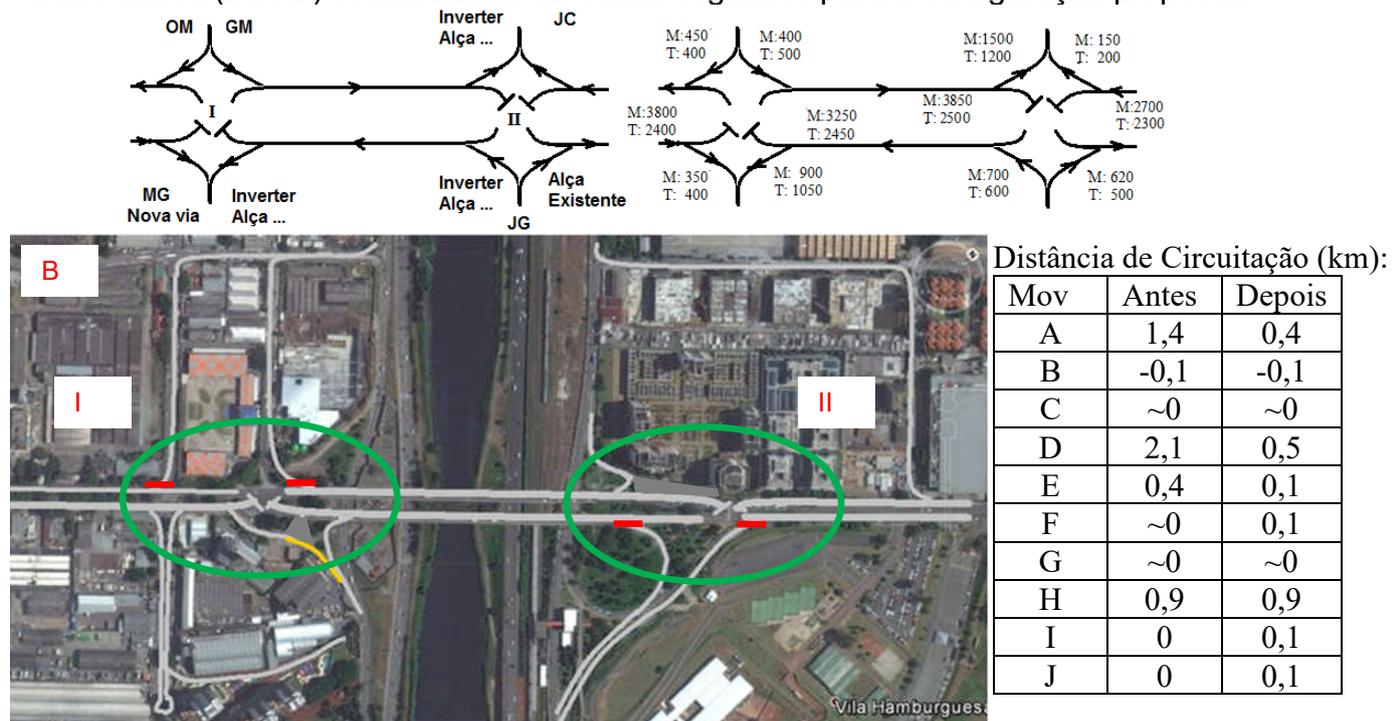


**QUESTÃO 2:** A configuração com Interconexão em Diamante Divergente (*Diverging Diamond Interchange, DDI*), anteriormente discutida, tem grande impacto na via arterial. Naturalmente, as interseções de transposição dos sentidos de tráfego são os elementos críticos para a operação da via arterial e normalmente são semaforizadas. Além do impacto nas distâncias de circuitação discutidas anteriormente (no T2), o impacto da proposta DDI depende da operação resultante na via arterial, a ser examinada a seguir.

As propostas anteriormente discutidas, representadas abaixo, foram descritas como:  
 - a opção básica (DDI-A) considerando os dados seguintes para a configuração proposta:



- a alternativa (DDI-B) considerando os dados seguintes para a configuração proposta:



Ambas as opções utilizam os semáforos I e II para a transposição dos sentidos de tráfego sobre a Pte.Jaguaré, em princípio utilizando um plano semaforico básico de 2 estágios (que pode ter de ser ajustado para acomodar o controle dos ramais de entrada e saída adjacentes ou das travessias de pedestres locais). A discussão a seguir pode utilizar a opção básica mas deve mencionar as situações em que a alternativa tem especificidades.

(a) Com a estratégia de utilizar o plano semaforico básico, proponha o diagrama de estágios a ser utilizado na operação dos semáforos I e II. Identifique os conflitos críticos nas mudanças de estágio considerando somente os fluxos veículos que devem fazer as transposições de sentido; assumindo intervalo de amarelo de 4seg e vermelho de segurança de 2seg em todos os estágios, discuta sua adequação, admitindo os limites de velocidade atualmente adotados (50km/h). Como a necessidade de entreverdes é alterada pela incorporação dos ramais de entrada e saída no semáforo e como, neste caso, a necessidade de entreverdes pode ser reduzida usando linhas de retenção intermediárias e estágios de transição? Como tratar as travessias de pedestres?

(b) Considerando a manutenção da seção transversal atual sobre a Pte.Jaguaré (com 3 faixas por sentido com largura de 3,30m e barreiras de proteção lateral de ambos os lados a 0,60m das faixas de rolamento), estime os fluxos de saturação nas aproximações principais dos semáforos I e II admitindo uma condição básica de operação com 2,5% de ônibus, 5% de caminhões e 10% de motocicletas, sem restrições físicas importantes ou interferências notáveis de travessias de pedestres, com aclave de +/-3% e 20% de saídas/entradas nos ramais adjacentes. Examinando as representações sobre as opções DDI-A e DDI-B, onde estas hipóteses básicas parecem violadas e como considerar seu efeito sobre o fluxo de saturação estimado para as aproximações afetadas? Como a estimativa teria de ser revisada com o esquema de operação atual com faixa exclusiva para ônibus à direita com permissão de uso pelas conversões (distinguindo os grupos de tráfego correspondentes à faixa exclusiva e às faixas de uso geral) sobre a Pte.Jaguaré?

(c) Considerando um fluxo de saturação típico de 1800veq/h por faixa, obtenha as estimativas em fluxo misto para o esquema de operação compartilhada e para o esquema de operação com faixa exclusiva de ônibus (distinguindo os grupos de tráfego correspondente à faixa exclusiva e às faixas de uso geral); adotando os entreverdes inicialmente fornecidos, obtenha os tempos dos semáforos em I e II nos picos (com ciclo comum para favorecer a coordenação semaforica). Como sua análise sobre a estimativa dos fluxos de saturação afeta seus resultados e qual sua avaliação qualitativa sobre a viabilidade da operação? Quais são as interações críticas entre os semáforos das interseções I e II (em particular as que podem acarretar verde bloqueado ou verde vazio)?

(d) Proponha um plano semaforico com tratamento adequado das travessias de pedestres e avalie o atendimento aos pedestres no dimensionamento obtido para um ciclo semaforico fixado em 120seg (para coordenação no corredor), considerando que as aproximações da interseção de transposição de sentidos com 3 faixas de 3,30m e o fluxo de saturação anterior de 1800veq/h por faixa, sem faixa exclusiva de ônibus. Como o plano semaforico pode incorporar também as faixas de ônibus e as manobras de entrada e saída vindas da via expressa? Há algum efeito nas manobras de entrada e saída que operarem sem semáforos? Há também algum efeito notável sobre os pedestres?