

## OTIMIZAÇÃO DO CONTROLE SEMAFÓRICO EM CORREDORES DE TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

A. D. de Almeida Júnior, W. Porto Junior

### RESUMO

O artigo apresenta um procedimento para otimização do controle operacional da circulação de transporte coletivo por ônibus em vias arteriais urbanas. Neste sentido, sugerem-se critérios para definição de prioridades para ônibus, em função de determinadas variáveis de tráfego e condições de circulação do trânsito. Para facilitar a obtenção dos resultados, desenvolveu-se um programa de computador capaz de obter a programação semafórica de cada interseção isolada, com base na capacidade de fluxo, e a coordenação semafórica do corredor viário, através de algoritmos de buscas com heurísticas e prioridades operacionais para o transporte coletivo no corredor. A metodologia foi aplicada na cidade do Rio de Janeiro, em Copacabana, no corredor da Avenida Atlântica, composto por dez interseções com controle semafórico, duas pistas com canteiro central e três faixas de tráfego cada, doze pontos de parada de ônibus e sete linhas regulares de ônibus urbano.

### 1 INTRODUÇÃO

O carro particular é o veículo em maior número circulando em áreas urbanas, além de ser o modo que ocupa mais área por passageiro transportado. As políticas beneficiando a produção e o consumo de automóveis particulares e o hábito de ampliação da infraestrutura viária como forma de reduzir os congestionamentos urbanos, ao contrário do desejado, só agrava o problema.

Por outro lado, a falta de investimentos na ampliação e melhorias dos sistemas de transporte coletivo provoca a queda do nível de seus serviços, aumentando ainda mais a atratividade e o poder de concorrência do carro particular, além de favorecer o surgimento do transporte coletivo clandestino. Recentemente, verifica-se, também, o aumento da utilização de motocicletas.

Outro aspecto relevante para a consolidação deste cenário é a alta densidade de ocupação e a multiplicidade de atividades localizadas no principal centro comercial urbano. Os congestionamentos, cada vez mais frequentes e duradouros, dificultam o acesso na área central. Com o agravamento da situação, os pólos geradores de viagens se transferem para outras áreas menos densas, dando lugar a novos centros comerciais e de serviços. Para evitar, que o adensamento desordenado reproduza as mesmas condições de saturação, faz-se necessário planejar intervenções urbanísticas e nos sistemas de transporte, compatibilizando o trânsito com as novas atividades exercidas nessas áreas.

Neste contexto, a engenharia de tráfego pode contribuir não só para uma melhor eficiência do uso da malha viária, como, também para a consolidação destes novos centros, através

de medidas para inibir o uso indiscriminado do automóvel e ampliar as facilidades e as áreas para circulação do transporte coletivo e do não motorizado, como por exemplo, implementar integração dos sistemas de transportes, moderação do tráfego e melhorias operacionais no sistema de circulação e de controle do tráfego de veículos coletivos.

O efeito do congestionamento no aumento do tempo de viagem, do desconforto e dos custos operacionais, afeta todos os modos de deslocamento, principalmente os sistemas de transporte coletivo de média capacidade – ônibus convencional e bonde – pela impossibilidade de alterar seus itinerários. Logo, para melhorar o desempenho dos serviços, devem ser estabelecidas prioridades de circulação em uma rede de corredores viários, interligando os centros concentradores de pólos geradores de viagens, através da segregação física dos fluxos com faixas ou ruas exclusivas e programação semafórica preferencial.

Para melhorar a circulação do transporte coletivo nos corredores, o presente artigo tem por objetivo apresentar um método de coordenação de semáforos com prioridade para o transporte coletivo de média capacidade em vias arteriais urbanas. Para tanto, serão estabelecidos critérios para definição de prioridades com base na hierarquia e respectivas funções das vias urbanas. Para viabilizar a aplicação prática e obtenção dos resultados, foi desenvolvido um *software* para determinar a programação semafórica em corredores, com prioridades operacionais para os veículos coletivos. O referido *software* é amigável, baseado na plataforma do *Microsoft Windows*, com entrada de dados por entidades gráficas e textuais, com processo iterativo de instruções e listagem de dados, incluindo a possibilidade de apresentação dos resultados em forma de tabelas e gráficos.

Considerando que determinadas condições de tráfego podem apresentar diferenças significativas entre cidades, para viabilizar a aplicação e maior adaptação do *software* à realidade do tráfego local, a pesquisa foi desenvolvida tendo como referência determinadas condições de trânsito da cidade do Rio de Janeiro. Entretanto, a fronteira de utilização do *software* não se limita, necessariamente, à cidade do Rio de Janeiro, desde que as variáveis de tráfego empregadas, no processamento de dados, sejam ajustadas à dinâmica do tráfego de outra localidade.

## 1.1 Transporte Coletivo

Nas cidades brasileiras, a utilização de modos de transporte motorizado nos deslocamentos é muito comum, devido cada vez mais o local de trabalho está longe da residência do empregado. Segundo pesquisa realizada pela Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbano (NTU, 2006), 85% dos deslocamentos são feitos por modos motorizados e 64% dos deslocamentos motorizados são feitos utilizando o transporte coletivo por ônibus nas cidades brasileiras de grande e médio porte. Entretanto, no que tange à participação deste modo no trânsito viário, levantamentos realizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) demonstram que, em algumas capitais brasileiras, o ônibus ocupa menos do que 15% do espaço para circulação de veículos motorizados (PORTO, 2001).

Entre 2000 e 2004, em consequência da falta de melhorias, o sistema de transporte coletivo de passageiros sofreu uma queda de cerca de 12% no número de passageiros transportados, conforme pesquisa realizada pela Associação Nacional das Empresas de Transportes

Urbanos (NTU, 2009), entretanto, de 2005 à 2008 observa-se uma ligeira recuperação de 6% na quantidade de passageiros transportados.

Os congestionamentos e suas repercussões sobre os transportes trazem no seu âmago o conflito sempre presente entre custo privado e custo social. Em geral, o usuário do automóvel particular toma conhecimento apenas de seus custos operacionais. Contudo, nos períodos em que as vias urbanas se encontram saturadas, cada automóvel adicional representa um acréscimo significativo nos custos generalizados do transporte, penalizando toda comunidade. De acordo com as pesquisas do IPEA/ANTP, a velocidade comercial dos ônibus em diversas capitais situa-se abaixo de 20 kph e o tempo perdido com o congestionamento ultrapassa o valor 30% do tempo de viagem (Vasconcellos *et al*, 1998).

Para compensar estes atrasos, faz-se necessário aumentar o número da frota de veículos em circulação, sobrecarregando ainda mais os custos operacionais, os quais acabam sendo repassados no aumento da tarifa cobrada. O usuário não percebe que o número de ônibus necessários para transportar passageiros a 20kph é metade do número necessário quando a velocidade comercial é apenas 10kph. Ou seja, criar as condições para aumentar a fluidez do transporte público é essencial também para conter as tarifas (NTU, 2009).

Desse modo, a população mais sacrificada é a de baixa renda, uma vez que representa a maioria dos usuários de ônibus e habita a periferia da cidade, portanto, sem condições de escolha de alternativa mais atraente. Por outro lado, se o preço das passagens for mantido, a qualidade do serviço oferecido tende a cair, estimulando a migração dos usuários de maior renda para o transporte individual (Almeida, 2007). Com isso, alimenta-se o círculo vicioso do congestionamento das vias urbanas. Até o momento, a disputa travada pela preferência de uso do espaço viário tem favorecido o automóvel particular. Entretanto, no geral, todos saem perdendo com o aumento dos congestionamentos e a conseqüente redução da mobilidade no trânsito urbano, inclusive os próprios usuários do automóvel.

Para romper este processo, com efeito de retro-alimentação, entre outras medidas, é indispensável investir na ampliação e na melhoria operacional dos sistemas de transporte coletivo através da ampliação e de definição de prioridades nos corredores.

## **1.2 Coordenação semafórica em corredores**

Os principais eixos de ligação, entre zonas concentradoras de pólos geradores de viagens, são os trechos da rede viária urbana mais apropriados para a circulação do sistema de transporte coletivo de média capacidade. Geralmente, estes corredores interligam zonas de densa ocupação, logo possuem intenso volume de tráfego. As interseções viárias existentes ao longo do percurso são os verdadeiros “gargalos” do trânsito, onde ocorrem os maiores conflitos e interrupções no fluxo. A impossibilidade de evitar as interseções urbanas em nível impõe a instalação de controles semafóricos para garantir a segurança e aumentar a capacidade de tráfego.

A melhoria operacional nas interseções isoladas, por meio da determinação de planos semafóricos otimizados, não garante necessariamente o menor tempo de viagem ao longo do corredor viário. Entretanto, é possível determinar uma coordenação dos semáforos para minimizar os tempos perdidos na espera da mudança dos estágios em sinais fechados.

A coordenação semafórica em corredores, em geral, estabelece como meta a criação da máxima faixa de onda verde, para incluir o maior número de veículos no pelotão da

sincronização. Com isso, a redução do tempo de viagem no corredor é garantida, entretanto, esta melhoria pode causar penalidade excessiva para os fluxos das vias transversais. Portanto, para proporcionar benefícios mais amplos, além do corredor viário, é indispensável incluir na análise as conseqüências nos fluxos das vias transversais.

Neste sentido, a programação da interseção isolada é realizada com base na metodologia de Greenshield *et al*, 1947, que consiste na determinação do fluxo máximo através do intervalo de tempo mínimo admissível entre dois veículos consecutivos na corrente de tráfego, denominado por *headway* de saturação.

## 2 METODOLOGIA

Na análise de interseção isolada foram empregados os algoritmos desenvolvidos por Porto Jr. (2008), para a determinação do ciclo semafórico por meio de um processo iterativo a partir da distribuição de fases e dos respectivos *headways* de saturação das correntes de fluxos de veículos conflitantes. Inicialmente, arbitra-se um valor para o ciclo e, em seguida, calculam-se os respectivos tempos de verde e entreverdes necessários para atender as demandas de todos os movimentos de conversão e de travessia permitidos na interseção. Os tempos de verde são calculados com base nos correspondentes volumes de veículos e de pedestres, a partir de cada via de acesso e de cada faixa de pedestres existente.

Quanto aos tempos de entreverdes, esses são determinados através da localização do ponto de interseção mais crítico dos fluxos conflitantes que ocorrem a cada mudança de fase. Para tanto, consideram-se o tempo de ultrapassagem do último veículo do fluxo interrompido e o tempo que o primeiro veículo – do próximo fluxo a ser liberado – gastaria para atingir o referido ponto, obtidos conforme a seqüência de fases adotada. No caso, de uma programação com mais de duas fases, escolhe-se a seqüência de fases que resulta no menor valor do somatório dos tempos de entreverdes. Se o ciclo resultante do somatório dos tempos de verde e de entreverdes calculados não for igual ao primeiro ciclo arbitrado, inicia-se o processo de iteração, adotando-se um novo ciclo.

Na metodologia, a qualidade do atendimento dos fluxos é garantida pela escolha de uma probabilidade de não haver sobrecarga, com base na curva de chegada dos veículos na interseção, que no caso de interseção isolada adota-se a curva da distribuição de Poisson. Diversos pesquisadores, entre eles Greenshields e Webster, consideram esta distribuição como a mais indicada para descrever a oscilação no volume de tráfego.

O processo consiste na definição das setas direcionais de tráfego e das fases, identificação dos grupos focais controladores dos fluxos de veículos e pedestres. Em seguida, a metodologia de programação semafórica calcula a duração dos tempos de entreverdes, verdes e do ciclo semafórico. O resultado final da metodologia é chamado de plano semafórico, sendo apresentado através de um conjunto de diagramas de barra denominado diagrama de tempos correspondendo aos grupos focais definidos (Fig. 1).

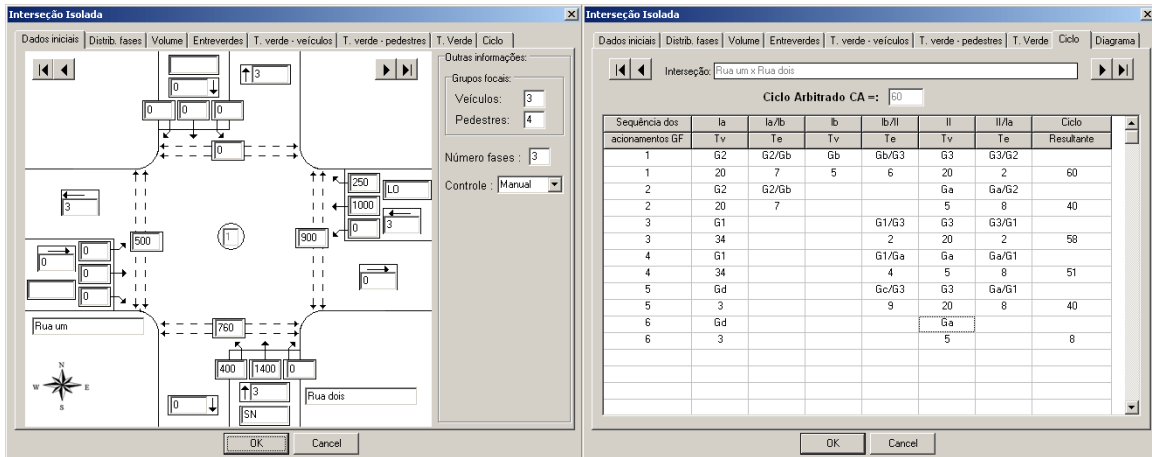


Fig. 1 Análise de cada interseção isolada do corredor

O processo de coordenação semafórica procura minimizar a interferência nas faixas de onda verde em ambas as direções de tráfego, fluxo e contrafluxo. O processo começa considerando separadamente as direções de tráfego. Assim são projetadas duas coordenações simples independentes, uma para o fluxo e outra para o contrafluxo (Fig. 2). Para melhor compreensão, foi adotada uma velocidade média ( $v$ ) para todo o trecho da coordenação, entretanto, na prática, a velocidade pode variar entre interseções semafóricas.

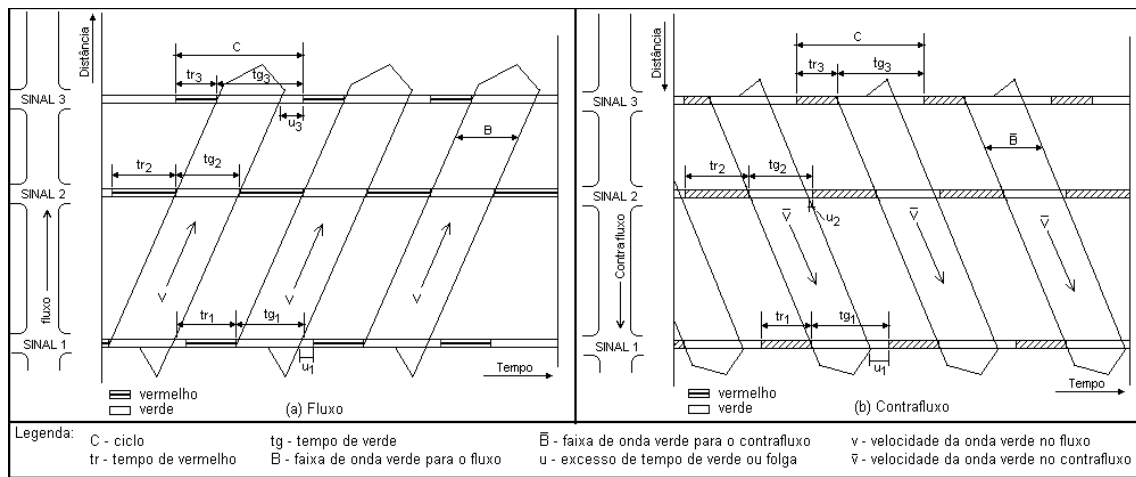
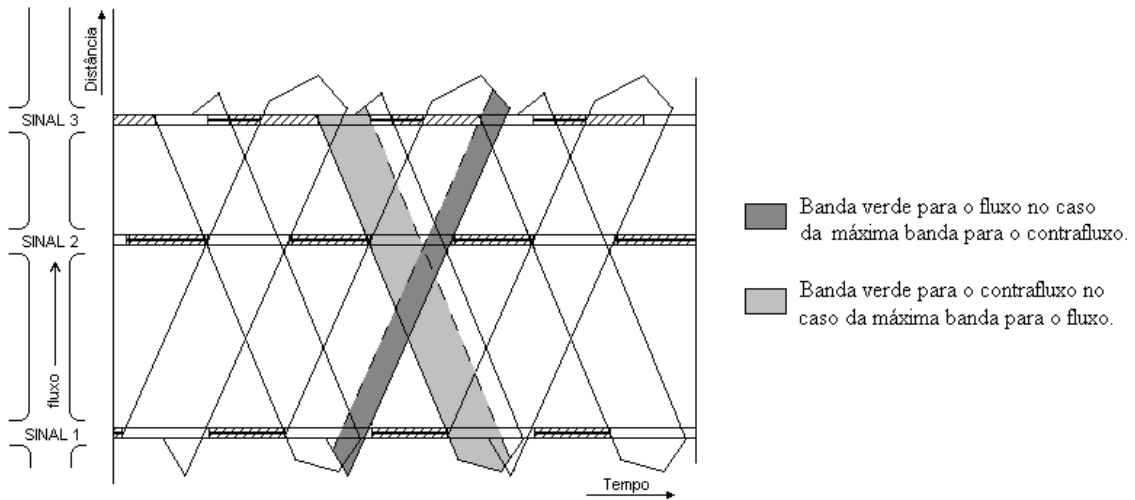


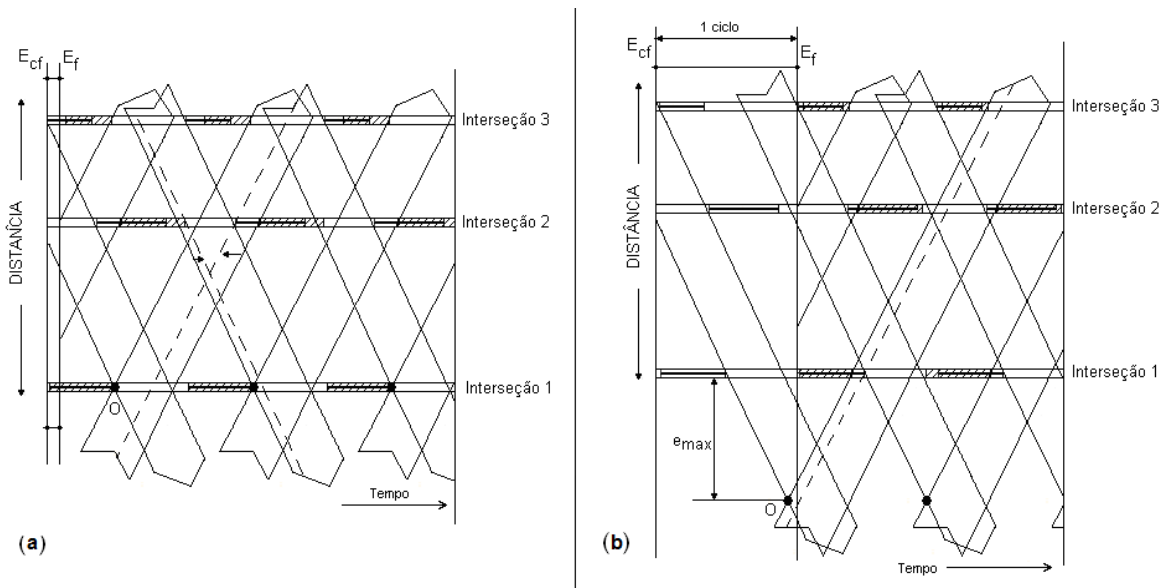
Fig. 2 Diagrama espaço-tempo para coordenação simples

Superpondo-se os diagramas de ambas as coordenações e coincidindo os tempos de vermelho na primeira interseção (sinal1) (Fig. 3), observa-se que, nas interseções subsequentes, ocorrem defasagens entre as respectivas localizações dos tempos de vermelho. Devido estas defasagens a faixa de onda verde para a direção do fluxo e os tempos de vermelho para a direção contraria se interceptam. Consequentemente, a faixa de onda verde é reduzida. Para minimizar estas superposições, realizam-se deslocamentos dos tempos de vermelho, que representa a antecipação ou atraso do início do tempo de verde.



**Fig. 3 Superposição dos diagramas espaço-tempo das coordenações simples**

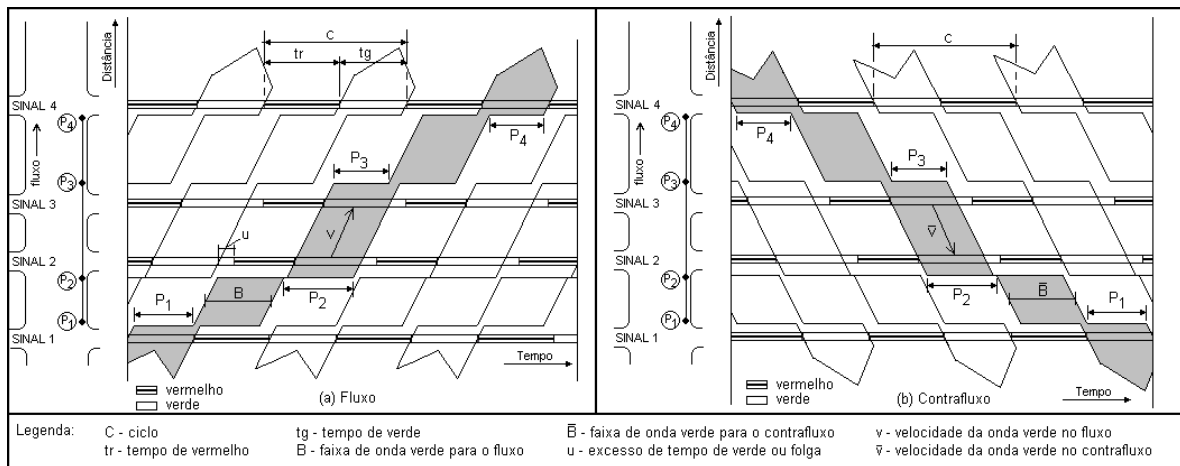
Na Fig. 4, observa-se que ponto de encontro das linhas à esquerda que limitam a faixa de onda verde para ambas as direções se interceptam na altura da primeira interseção. À medida que o diagrama espaço-tempo do fluxo é deslocado para a direita (Fig. 4a e Fig. 4b), este ponto de encontro se afasta da interseção um. O afastamento máximo é atingido após um deslocamento para a direita igual ao valor de um ciclo (Fig. 4b). Neste momento, os tempos de vermelho de ambas as coordenações coincidem novamente na interseção um. A distância entre a interseção um e a posição do ponto de interseção das linhas limítrofes esquerdas de ambas as ondas verdes é denominado de excentricidade ( $e$ ). Para cada excentricidade têm-se diferentes defasagens dos tempos de vermelho. Logo, a melhor excentricidade, para determinação de uma coordenação de mão dupla, corresponde a menor interferência dos tempos de vermelho nas faixas de onda verde. A determinação da excentricidade ótima pode ser graficamente ou por meio de um processo iterativo através do cálculo de diversas coordenações variando-se sistematicamente a excentricidade.



**Fig. 4 Deslocamento do diagrama do fluxo - Excentricidade**



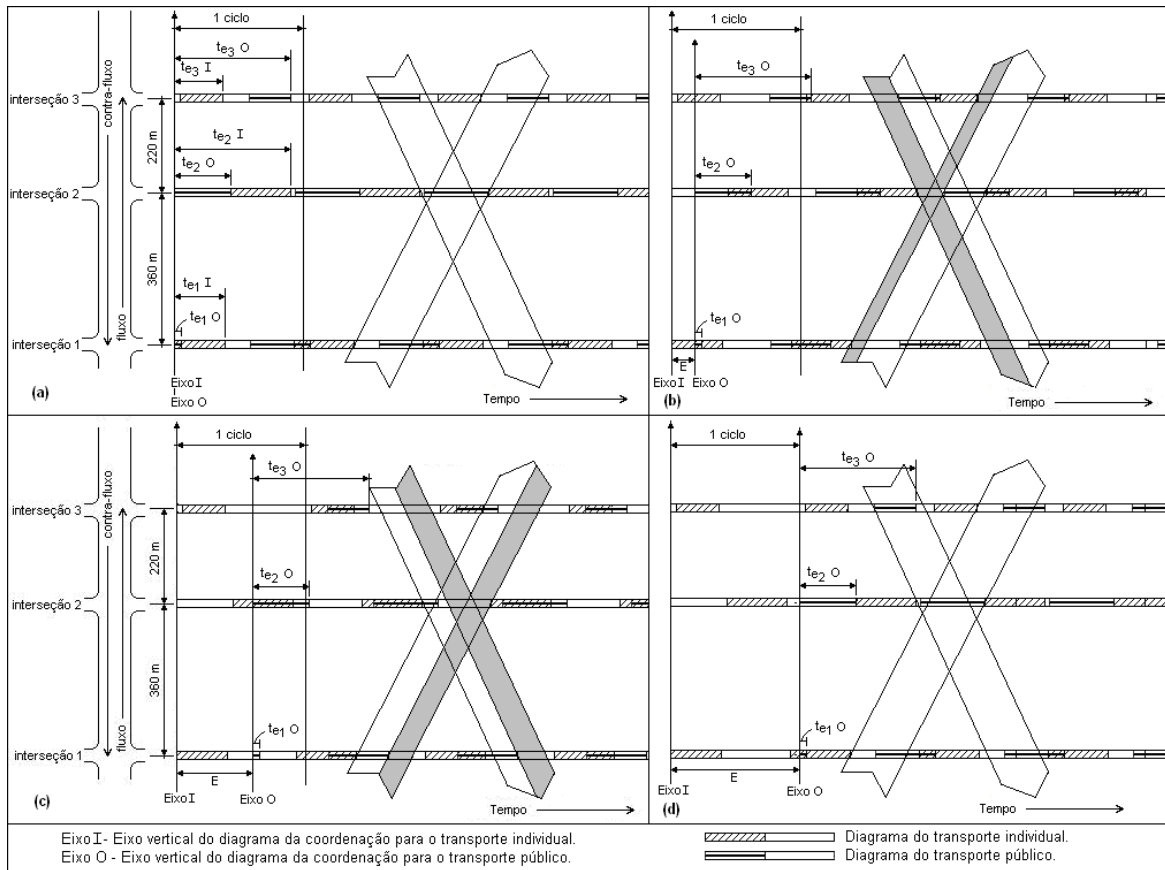
Após a seleção da excentricidade, determina-se a melhor disposição dos tempos de vermelho que maximize a faixa de onda verde para ambas as direções de fluxo. Adota-se como referência a disposição dos tempos de vermelho da coordenação simples do fluxo e determina-se, para cada interseção, a posição ideal dos tempos de vermelho através do deslocamento para esquerda ou direita, tal que, compatibilize ambas as coordenações. Este processo é o mesmo tanto para o transporte individual (TI) quanto para o transporte coletivo (TC). A única diferença é que no TC, além da velocidade de deslocamento, precisa-se adicionar o tempo de permanência nos pontos de parada de ônibus. No TC são duas coordenações simples uma para cada direção de fluxo (Fig. 5). Superpõem-se ambas as coordenações e determina-se a disposição ideal dos tempos de vermelho, que atende ao princípio da maximização da faixa de onda verde.



**Fig. 5 Diagrama distância-tempo para coordenação simples transporte coletivo**

A coordenação Bimodal, coordenação para o transporte individual e transporte coletivo, consiste na verificação da possibilidade de adaptação da coordenação do TC no TI. Este processo de coordenação consiste na obtenção das defasagens dos semáforos que contemple uma faixa de onda verde tanto para o transporte individual quanto para o transporte coletivo.

O processo começa pela determinação da defasagem dos semáforos para o TI, que retorna a máxima faixa de onda verde. Em seguida, calcula-se para cada excentricidade do TC (EO) a faixa de onda verde e superpõe-se os diagramas espaço-tempo do TC com o TI e defini-se inicialmente uma defasagem (E), entre os eixos da distância, de modo que as disposições dos tempos de vermelho, de ambas as coordenações, sejam as mais coincidentes possíveis. As interferências dos tempos de vermelho, na onda verde do outro modo, serão reduzidas e onde não poder ser evitada, devem-se realizar deslocamentos do tempo de vermelho. Para isso, toma-se como ponto de referência a disposição dos tempos de vermelho da coordenação para o TC e determina-se uma nova disposição, tal que, reduza ao máximo as interferências na onda verde do TI. Em seguida, calculam-se as faixas de onda verde considerando as folgas disponíveis, tanto no eixo do TI quanto no TC. Logo, para cada excentricidade do TC (EO), tem-se a melhor posição no eixo das abscissas (E) que retorna a máxima faixa de onda verde para ambos os modos (Fig. 6).



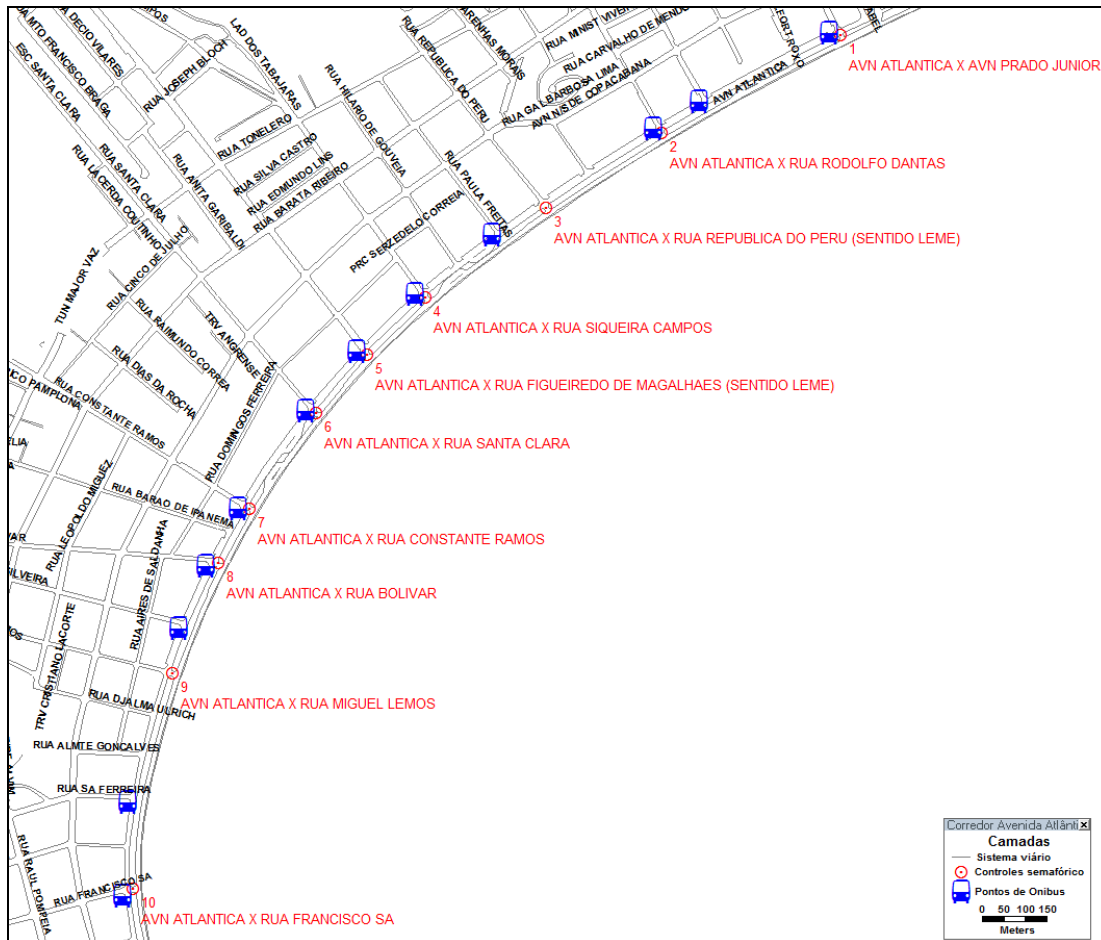
**Fig. 6 Processo gráfico da coordenação Bimodal**

A metodologia retorna como resultado a coordenação mais favorável, no fluxo e contrafluxo, para o TI, a coordenação para o TC que resultou a melhor adequação dos dois modos, coordenação bimodal, com a faixa de onda verde no fluxo e contrafluxo e as defasagens dos acionamentos de cada interseção.

### 3. ESTUDO DE CASO

A metodologia foi aplicada na cidade do Rio de Janeiro, em Copacabana, no corredor da Avenida Atlântica, composto por dez interseções com controle semafórico. Escolheu-se este corredor em função da disponibilidade de dados. A Companhia de Engenharia de Tráfego do Município do Rio de Janeiro - CET-RIO forneceu os planos semafóricos, características geométricas e operacionais do corredor (Fig. 7).





**Fig. 7 Corredor Avenida Atlântica**

Com base nos dados da CET, escolheu-se o período entre de 11:30 às 14:30 horas para estudo, pois o corredor não encontra-se congestionado. Concluiu-se que, o referido período, opera com um ciclo de 130 segundos para todas as interseções e que o terceiro plano semafórico é o empregado em todas as interseções. Assim, com a definição do período de análise da pesquisa, construiu-se as tabelas 1 e 2 com as características físicas e operacionais das interseções do corredor.

**Tabela 1. Características físicas e operacionais das interseções do corredor.**

Interseção	T. de verde efetivo	T. de vermelho efetivo (s)	Posição da inter. no fluxo (m)	Posição da inter. no contrafluxo (m)	Defasagens (s)
1	87	43	0	0	70
2	105	25	459	459	45
3	90	40	770	770	75
4	82	48	1110	1110	50
5	79	51	1293	1293	45
6	92	38	1472	1472	50
7	92	38	1737	1737	50
8	108	22	1878	1878	45
9	75	55	2151	2151	45
10	78	52	2650	2650	45

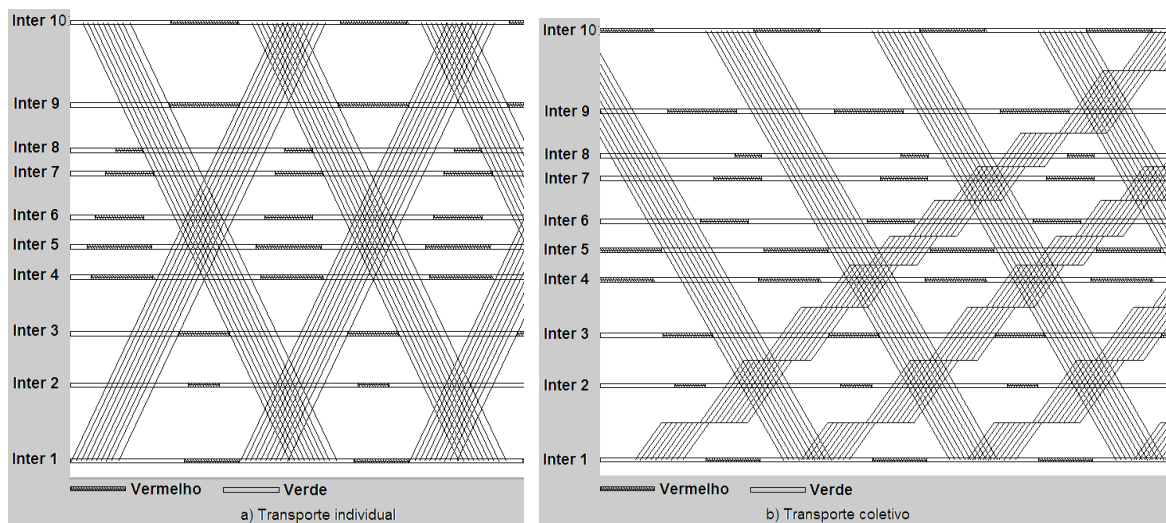
1 Rua Prado Junior    2 Rua Rodolfo Dantas    3 Rua República do Peru    4 Rua Siqueira Campos  
 5 Rua Figueiredo Guimarães    6 Rua Santa Clara    7 Rua Constante Ramos    8 Rua Bolívar  
 9 Rua Miguel Lemos    10 Rua Francisco Sá

**Tabela 2. Características operacionais do corredor.**

Trecho	V. I. F (Km/h)	V. I. CF. (Km/h)	V. C. F.(Km/h)	V. C. CF. (Km/h)	Ponto de ônibus	Dist. (m)	T.de parada (s)
1-2	60	60	40	50	1 – R. Prado Júnior 2 – R. Duvivier	15 352	30
2-3	60	60	40	50	3 – R. Rodolfo Dantas	473	15
3-4	60	60	40	50	4 – R. Paula Freitas	908	15
4-5	60	60	40	50	5 – R. Siqueira Campos	1124	15
5-6	60	60	40	50	6 – R. Figueiredo	1307	15
6-7	60	60	40	50	7 – R. Santa Clara	1486	15
7-8	60	60	40	50	8- R. Constante Ramos	1751	15
8-9	60	60	40	50	9 – R. Bolivar 10 – R. Xavier Silveira	1892 2050	30
9-10	60	60	40	50	11 – R. Sá Ferreira	2455	15

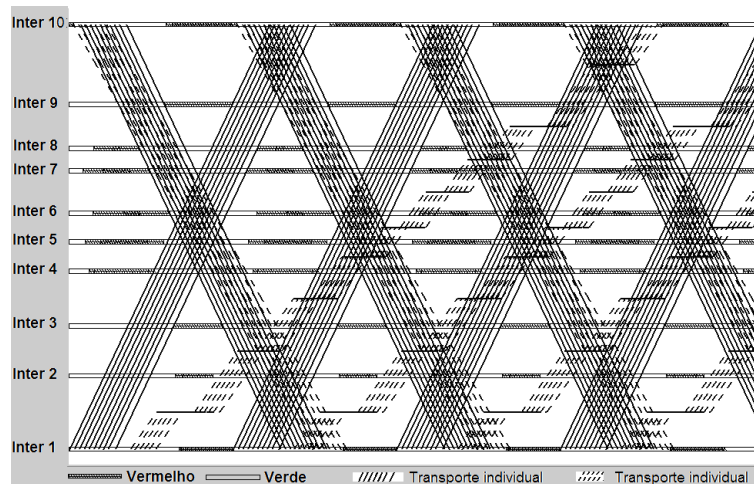
A localização dos pontos de parada de ônibus foi feita através de levantamento de campo. Os pontos não são identificados por placas ou abrigos. Verificou-se que no sentido da interseção um para a dez, que os pontos estão localizados depois dos semáforos e próximos da interseção (Fig. 7). No sentido oposto, não existe definição dos pontos de parada, cabe ao passageiro sinalizar que o ônibus para em qualquer ponto do corredor. Logo, posicionou-se os pontos de parada (Fig. 7) e definiu-se que o tempo médio gasto nas operações de embarque/desembarque e entrada/saída do ponto de parada é de 15 segundos.

Já existe um coordenação semafórica calculada pela CET-RIO para o corredor. As defasagens de cada interseção estão na tabela 1. Com base na programação semafórica atual, simulou-se a máxima faixa de onda verde para transporte individual (Fig.8a) e para o transporte coletivo (Fig. 8b).



**Fig. 8 Coordenação para o transporte individual (TI) e coletivo (TC)**

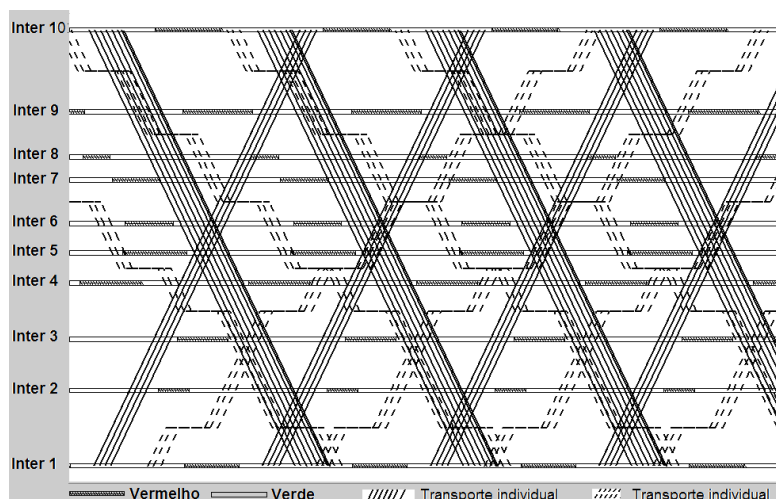
A metodologia retornou uma onda verde para o transporte individual de 37 segundos, para o fluxo e contrafluxo, e uma onda verde para o transporte coletivo de 45 segundos, para o fluxo e contrafluxo. A coordenação bimodal não foi possível determinar, devido à localização e a grande quantidade de pontos de parada de ônibus. Uma forma de estabelecer a coordenação bimodal seria reposicionar e diminuir os pontos de parada de ônibus, ou aumentar a velocidade do transporte coletivo no contrafluxo. A primeira opção será aumentar a velocidade dos coletivos no contrafluxo para 50 km/h (Fig. 9).



**Fig. 9 Bimodal - velocidade de 50 km/h no contrafluxo para o TC.**

Esta mudança de velocidade resultou em uma faixa de onda verde para o transporte individual de 37 segundos, para o fluxo e contrafluxo, e uma faixa de onda verde para o transporte coletivo de 22 segundos para o fluxo e 24 segundos para o contrafluxo.

O reposicionamento dos pontos de parada de ônibus é uma outra solução. Os manuais técnicos recomendam o espaçamento médio de 300 metros e em casos especiais, corredores viários, espaçamento de 300 a 500 metros. Logo, adotando-se um espaçamento de 400 metros e aumentando o tempo de parada do transporte coletivo para 30 segundos e considerando-se a mesma quantidade de pontos para o contrafluxo, tem-se como resultado uma coordenação bimodal (Fig. 10)



**Fig. 10 Bimodal –espaçamento de 400m entre pontos de parada.**

A nova localização dos pontos de parada resultou em uma onda verde para o transporte individual de 37 segundos para o fluxo e 24 segundos para o contrafluxo, e para o transporte coletivo de 26 segundos para o fluxo e 11 segundos para o contrafluxo.

A análise de interseção isolada não foi possível, devido à falta dos dados de volume por movimento. A CET-RIO, forneceu as características geométricas e operacionais de cada interseção, porém não possuíam os dados de volume por movimento. Tentou-se estimar o volume através das câmeras presentes no corredor, porém não foi possível devido à falta de manutenção e a quantidade de câmeras presentes nas interseções do corredor.

#### 4.. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A determinação da faixa de onda verde para o transporte individual e coletivo é muito mais factível em relação à coordenação para ambos os modais, visto que a superposição de diagramas não garante a obtenção da faixa de onda verde. E em muitos casos são necessários ajustes, tais como: reposicionamento e redução ou aumento do tempo perdido nos pontos de parada, emprego de sinalizações adicionais e intervenções geométricas viárias e operacionais de tráfego.

Em alguns casos, não consegue determinar, matematicamente, a faixa de onda verde para ambos os modais. Uma melhoria seria o aumento do tempo de verde, do grupo focal do sentido principal, na interseção que prejudica a obtenção da faixa de onda verde, pois se sabe em qual interseção ocorreu à maior penetração do tempo de vermelho. A possibilidade de aumentar o tempo de verde desta interseção, em igual valor da penetração, somente será possível se não comprometer as demais aproximações da interseção.

A obtenção dos dados de volume por movimento, em cada interseção, é uma dificuldade para a aplicação prática do *software*, visto que estes dados são levantados manualmente e envolvem uma quantidade significativa de pesquisadores para coletar, em campo, os dados necessários para modelagem. Assim, a aplicação da metodologia, mostrou que o *software* precisa ter a capacidade de ler os dados de volume, por movimento, de algum contador de tráfego eletrônico.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, A. D. Jr. (2007) **Método de Coordenação Semafórica para Corredores de Transporte Coletivo**, Programa de Engenharia de Transportes, tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Greenshields, B. D., Shapiro, D. and Eircksen E. L. (1947) **Traffic Performance at Urban Street Intersections, Technical Report no.1**, Yale Bureau of Highway Traffic, New Haven CT, EUA.

NTU (2006) **Pesquisa Mobilidade da População Urbana**, NTU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, Brasília, DF, Brasil.

NTU (2009) **Avaliação Comparativa das Modalidades de Transporte Público Urbano**, Jaime Lerner Arquitetos Associados e NTU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, Brasília, DF, Brasil.

Porto Jr., W. (2008), **Interseções com Controle Semafórico – Apostila**, Departamento de Engenharia de Transportes, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Porto, D. R. M. (2001) **Transporte Coletivo na Gestão da Mobilidade: o caso do Shopping Center Rio Sul**, Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Vasconcellos, E. de A. e Lima, I. M. de O. (1998) **Quantificação das Deseconomias do Transporte Urbano: Uma Resenha das Experiências Internacionais**, IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília.