

# Conceituação de Entreverdes Concept of Intergreen

*Sun Hsien Ming*

---

## Resumo

Os controladores semafóricos baseados na estratégia de controle por estágio possuem uma séria limitação na programação de entreverdes nos casos em que há mais de um grupo semafórico com direito de passagem no mesmo estágio. Nesta situação, todos os grupos semafóricos com direito de passagem no estágio iniciam e terminam o verde de forma simultânea, não sendo possível programar uma defasagem entre o início ou entre o final de verde desses grupos. Isso dificulta sobremaneira a programação de interseções complexas.

A consequência direta do fato de grupos semafóricos com direito de passagem no mesmo estágio iniciarem e terminarem o verde de forma simultânea é que só vai existir um único entreverdes para cada grupo semafórico. Isso impede, por exemplo, a programação de entreverdes com durações diferentes para grupos semafóricos veiculares e grupos semafóricos de pedestres que têm direito de passagem no mesmo estágio.

Outra consequência é que o intervalo de tempo entre o final de verde de um grupo semafórico e o início de verde do(s) grupo(s) semafórico(s) conflitante(s) do próximo estágio (“*intergreen*”) será sempre coincidente com o intervalo de tempo entre o final de um estágio e o início do estágio subsequente (“*interstage*”). Daí vem a razão de haver apenas um termo em português, “entreverdes”, para designar esses dois períodos.

Um mecanismo existente em alguns modelos de controladores para contornar a mencionada dificuldade de programação é o atraso de grupo (“*phase delay*”). Entretanto, ao se programar um atraso de grupo, o conceito de entreverdes fica indefinido, pois não pode mais representar tanto o “*intergreen*” como o “*interstage*”.

O objetivo do presente trabalho é apresentar uma lógica de programação de entreverdes sem a limitação usual dos controladores baseados na estratégia de controle por estágio. Essa solução deriva simplesmente da aplicação direta do conceito de entreverdes, definido como o período de tempo entre o fim do verde de um grupo semafórico e o início do verde de um grupo semafórico conflitante no próximo estágio.

**Palavras chave:** Entreverdes, *Intergreen*, *Interstage*, Atraso de grupo, Controlador, Semáforo.

## Abstract

*Stage control-based controllers have a serious limitation to configure the intergreens in cases where there are two or more phases with right of way at the same stage. In such situations, the phases with right-of-way begin and end the green simultaneously, and it is not possible to configure a delay between the beginning or between the end of the green of these phases. That makes harder to configure a traffic signal timing for complex junctions.*

*The main consequence of the fact that phases with right-of-way at the same stage start and end their greens simultaneously is that there will only be one intergreen for each phase. This prevents, for example, the configuration of intergreens with different durations for vehicular phases and pedestrian phases that have right of way at the same stage.*

*Another consequence is that the time interval between the green end of a phase and the green onset of the conflicting phase(s) of the next stage ("intergreen") will be always coincident with the time interval between the end of a stage and the beginning of the subsequent stage ("interstage"). Hence comes the reason that there is only one term in Portuguese to designate these two periods: "entreverdes".*

*An existing facility in some controller models is phase delay, which solves the problem of delay between the beginning or between the end of phase greens at the same stage. However, when a phase delay is configured, the concept of "entreverdes" becomes undefined, since it can no longer represent both intergreen and interstage.*

*The aim of the present work is to present a logic of intergreen configuration, without the usual limitation of the stage control-based controllers. This solution derives simply from the direct application of the concept of intergreen, defined as the period of time between the end of the green of a phase and the beginning of the green of a conflicting phase in the next stage.*

**Key words:** *Intergreen, Interstage, Controller, Phase delay, Traffic signal.*

## **Introdução**

Para melhor compreensão do presente texto, recomenda-se que o(a) leitor(a) tenha familiaridade com conceitos como grupo focal, grupo semaforico, intervalo luminoso, estágio, ciclo semaforico, verde de segurança, etc.

Não faz parte do escopo desse trabalho o dimensionamento do entreverdes propriamente dito.

O objetivo do presente trabalho é tentar contribuir para um melhor entendimento desse período de transição, traçando um "raio X" dos conceitos e da lógica usualmente adotados, muitas vezes de forma implícita, lançando uma nova luz sobre o conceito de entreverdes.

Um dos principais propósitos deste trabalho é mostrar como a programação dos controladores baseados em estratégia de controle por estágio fica "engessada" quando há dois ou mais grupos semaforicos que "andam" no mesmo estágio. O trabalho pretende demonstrar que esse "engessamento" é devido a não distinção entre períodos de transição entre grupos semaforicos e entre estágios.

A consequência da não distinção entre esses dois períodos de transição é que o verde de todos os grupos semaforicos que "andam" no mesmo estágio deve começar e terminar junto, provocando o engessamento da programação.

Outra consequência da não distinção entre transição de grupo semaforico e transição de estágio que o trabalho pretende evidenciar é a configuração de um único entreverdes para cada grupo semaforico.

Também é exposta a necessidade de se criar mecanismos como o amarelo antecipado e o atraso de grupo para quebrar esse engessamento, tornando a programação mais flexível e adequada para atender determinadas configurações operacionais. Entretanto, a aplicação desses mecanismos desvirtua o conceito original de entreverdes.

Finalmente, o trabalho apresenta uma conceituação de entreverdes baseada na distinção entre a transição de grupo semaforico e transição de estágio. Como consequência dessa conceituação, deve-se configurar para cada grupo semaforico quantos entreverdes quantos forem os grupos semaforicos que "andam" no estágio subsequente. A simples aplicação direta dessa conceituação gera uma nova lógica de programação de entreverdes que evita todos os problemas de engessamento, sem precisar lançar mão de

complicados mecanismos como o atraso de grupo.

Complementa o trabalho, a colocação de alguns itens correlatos como a relação entre estágio e entreverdes e a posição do entreverdes no estágio.

### **“Intergreen” X “Interstage”**

Em “*Traffic Signal Design Terminology*” [1], é possível deparar-se com dois termos: “*intergreen*” e “*insterstage*”.

Esses dois termos em inglês poderiam ser vertidos para português literalmente como “entre-verde” e “entre-estágio”, respectivamente.

Entretanto, em português é utilizado apenas o termo “entreverdes”.

Aqui, podem ser suscitadas as seguintes questões:

- a) “*Intergreen*” e “*insterstage*” significam a mesma coisa? Referem-se ao mesmo período de tempo dentro do ciclo semaforico? Qual é a distinção entre eles?
- b) A duração do período de “*intergreen*” e do “*insterstage*” é programável? Caso afirmativo, é programável por estágio? Ou é programável por grupo semaforico? Ou nenhum dos dois?
- c) O que é entreverdes? Entreverdes seria equivalente a “*intergreen*” ou a “*insterstage*”?

A análise a seguir tenta responder a essas indagações.

### **Significado de “intergreen” e do “insterstage”**

Em “*Traffic Signal Design Terminology*” [1] encontra-se a definição dos termos “*intergreen*” e “*insterstage*”:

Período de “*intergreen*”: É o intervalo de tempo entre o fim do direito de passagem de um grupo semaforico e o início do direito de passagem do próximo grupo semaforico que lhe é conflitante.

Período de “*insterstage*”: É o intervalo de tempo entre o fim de um estágio e o início do próximo estágio.

Claramente, tem-se que “*intergreen*” se refere à transição de um grupo semaforico a outro e “*insterstage*” se refere à transição de um estágio a outro. Portanto, os dois termos têm significados distintos.

Agora, retomando a questão anteriormente formulada:

“As duas transições (transição de um grupo semaforico para outro e transição de um estágio para outro) correspondem exatamente ao mesmo período de tempo dentro do ciclo semaforico? Isto é, as duas transições são a mesma coisa?”

Para responder a essa pergunta, é necessário antes entender do que é composto o “*intergreen*” e o “*insterstage*”.

Estão mostradas no exemplo da Figura 1-a as transições de grupos semafóricos  $G1 \rightarrow G2$  e  $G2 \rightarrow G1$ .

Na primeira transição, G1 perde o direito de passagem e G2 ganha o direito de passagem. O período de tempo entre esses dois eventos (perda de direito de passagem de G1 e ganho do direito de passagem de G2) é o “*intergreen*” de G1 para G2 ( $G1 \rightarrow G2$ ).

Na segunda transição, G2 perde o direito de passagem e G1 ganha o direito de passagem. O período de tempo entre esses dois eventos (perda de direito de passagem de G2 e ganho do direito de passagem de G1) é o “*intergreen*” de G2 para G1 ( $G2 \rightarrow G1$ ).

Verifica-se, então, que o “*intergreen*” é o período entre o final de verde um grupo e o início de verde de outro grupo (intervalo entre 2 verdes) e pode ser composto por um intervalo de amarelo e um intervalo de vermelho de limpeza.

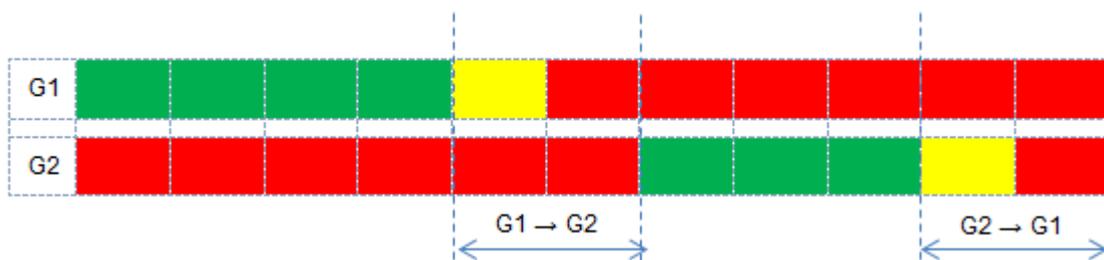


Figura 1-a

A Figura 1-b mostra a transição dos estágios (“*interstage*”) de E1 para E2 ( $E1 \rightarrow E2$ ) e de E2 para E1 ( $E2 \rightarrow E1$ ).

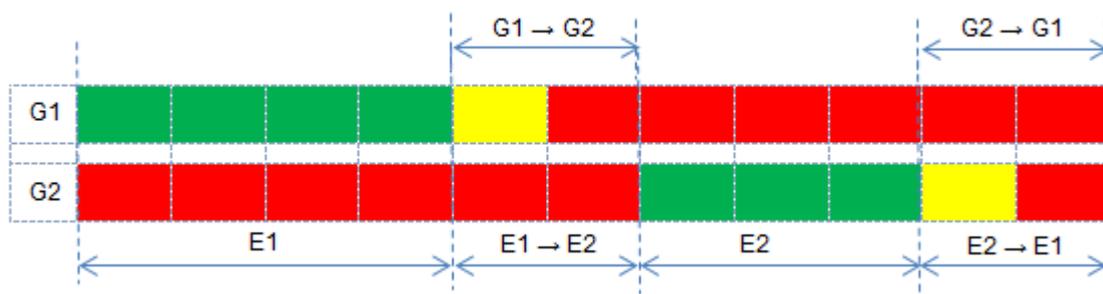


Figura 1-b

No caso de grupo semafórico de pedestres, o “*intergreen*” pode ser um período composto por um intervalo de vermelho intermitente seguido por um intervalo de vermelho de limpeza, como mostrado no exemplo da Figura 1-c, onde G2 é um grupo semafórico de pedestres.

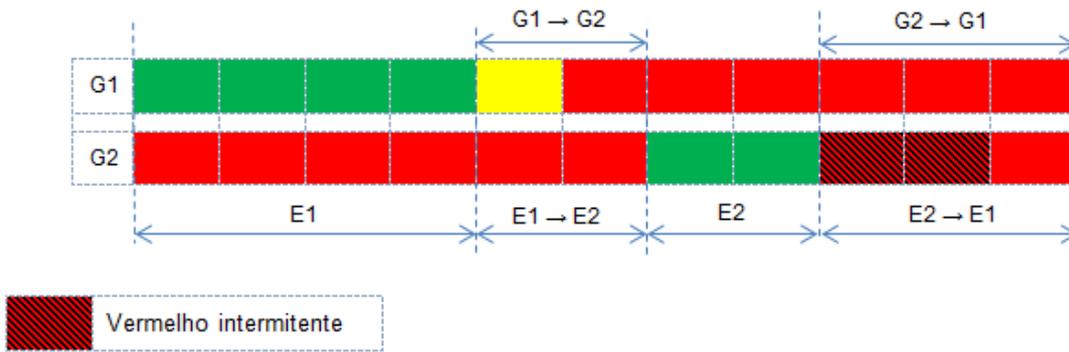


Figura 1-c

Pelas Figuras 1-a, 1-b e 1-c acima, conclui-se que, literalmente, o “*intergreen*” é o período compreendido entre o verde de dois grupos semafóricos conflitantes (período entre o final de verde de um grupo e o início de verde do outro grupo).

Em casos simples, os períodos de “*intergreen*” e “*interstage*” são coincidentes como nos exemplos das Figuras 1-b e 1-c.

Na Figura 1-b:

$$(G1 \rightarrow G2) \equiv (E1 \rightarrow E2)$$

$$(G2 \rightarrow G1) \equiv (E2 \rightarrow E1)$$

Na Figura 1-c:

$$(G1 \rightarrow G2) \equiv (E1 \rightarrow E2)$$

$$(G2 \rightarrow G1) \equiv (E2 \rightarrow E1)$$

Aqui, como os períodos de “*intergreen*” e “*interstage*” são coincidentes, então poder-se-ia pensar que são equivalentes e que o período de “*interstage*” também seria composto por um intervalo de amarelo seguido de um intervalo de vermelho de limpeza (ou vermelho intermitente seguido de vermelho de limpeza no caso de grupo semafórico de pedestres).

Entretanto, em casos mais complexos, os períodos de “*intergreen*” e “*interstage*” não são coincidentes e/ou não são compostos por intervalos com as mesmas indicações luminosas, como se mostrará adiante. Se não são coincidentes e/ou não são compostos por intervalos com as mesmas indicações luminosas, então, não se pode afirmar que sejam equivalentes e, muito menos, que o “*interstage*” seja composto por um intervalo de amarelo seguido de um intervalo de vermelho de limpeza (ou vermelho intermitente seguido de vermelho de limpeza no caso de grupo semafórico de pedestres).

Mas, antes de apresentar casos mais complexos onde o “*intergreen*” e o “*interstage*” não são coincidentes e/ou não são compostos por intervalos com as mesmas indicações luminosas, é necessário primeiro definir quando começa e quando termina um estágio.

De acordo com “Traffic Advisory Leaflet 1/06 – General Principles of Traffic Control by Light Signals Part 2 of 4” [2]:

Um estágio começa no instante em que todos os grupos semafóricos com direito de passagem estão em verde e todos os outros estão em vermelho.

Um estágio termina no instante em que o primeiro grupo semafórico com direito de passagem perde o verde.

A Figura 2 mostra um exemplo em que há dois grupos semafóricos que “andam” no Estágio E1: G1 e G3, sendo que o verde desses dois grupos começa junto, porém o verde do G1 termina antes do verde do G3. Também há dois grupos semafóricos que “andam” no Estágio E2: G2 e G4. O verde de G2 começa antes do verde do G4, mas o verde dos dois grupos termina junto.

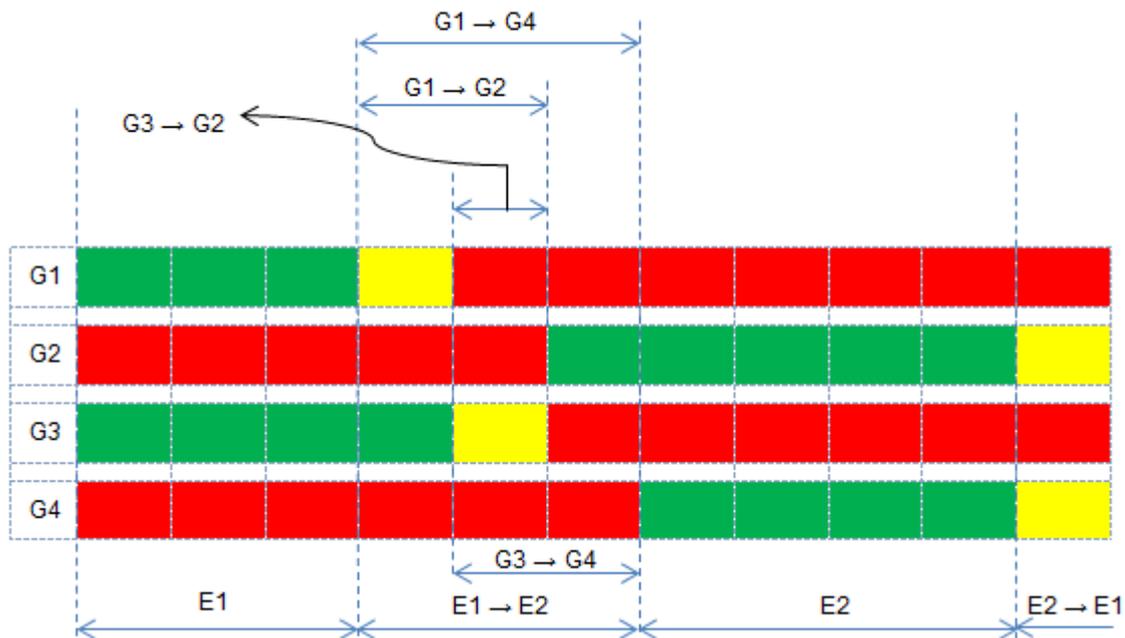


Figura 2

Na Figura 2, o “interstage” (E1 → E2) coincide com o “intergreen” (G1 → G4). Mas, apesar de o período de tempo dentro do ciclo semafórico ser o mesmo, a composição das indicações luminosas é diferente. No “intergreen” (G1 → G4) somente há intervalos com as indicações de amarelo e vermelho de limpeza, enquanto que no “interstage” (E1 → E2) há um intervalo de verde (do G2).

Ainda pode-se verificar na Figura 2 que o “intergreen” (G1 → G2) não coincide com o “interstage” (E1 → E2) dentro do ciclo semafórico.

Aqui, pode-se verificar que um grupo semafórico pode ter “intergreens” diferentes dependendo da transição. No exemplo da Figura 2, o grupo G1 tem dois “intergreens” diferentes: (G1 → G2) e (G1 → G4). Verifica-se que na transição de estágios E1 → E2:

$$(G1 \rightarrow G2) \neq (G1 \rightarrow G4) \neq (G3 \rightarrow G2) \neq (G3 \rightarrow G4)$$

Além disso, o “*interstage*” pode abranger intervalos de verde (no exemplo da Figura 2, o “*interstage*” (E1 → E2) abrange um intervalo de verde de G2). É importante ressaltar aqui que o intervalo de verde contido no período de “*interstage*” não pertence ao estágio, isto é, o tempo de verde contido no “*interstage*” não faz parte do tempo de verde do estágio. Em outras palavras, o tempo de verde de um grupo semafórico pode ser maior que o tempo de verde do estágio correspondente. No exemplo da Figura 2:

tempo de verde (G3) > tempo de verde (E1)

tempo de verde (G2) > tempo de verde (E2)

No exemplo da Figura 2, existem os seguintes “*intergreens*” nas transições de estágios E1 → E2 e E2 → E1:

E1 → E2	E2 → E1
(G1 → G2)	(G2 → G1)
(G1 → G4)	(G2 → G3)
(G3 → G2)	(G4 → G1)
(G3 → G4)	(G4 → G3)

Agora, a pergunta: <“*Intergreen*” e “*interstage*” significam a mesma coisa?> pode ser respondida. Na Figura 2, foram destacadas situações em que “*intergreen*” e “*interstage*” podem corresponder a períodos distintos dentro do ciclo semafórico ou não são compostos por intervalos com as mesmas indicações luminosas.

Com base nas constatações feitas a partir do exemplo da Figura 2, conclui-se que o “*intergreen*” e, portanto, os intervalos de amarelo e vermelho de limpeza (vermelho intermitente e vermelho de limpeza para grupo semafórico de pedestres), devem ser programáveis por **transição** de grupo semafórico (e não por grupo semafórico ou por estágio).

Ainda podem existir situações em que um grupo semafórico “ande” em dois estágios consecutivos. A Figura 3 mostra um exemplo com 3 estágios, onde o grupo G1 “anda” no estágio E1 e no estágio E2.

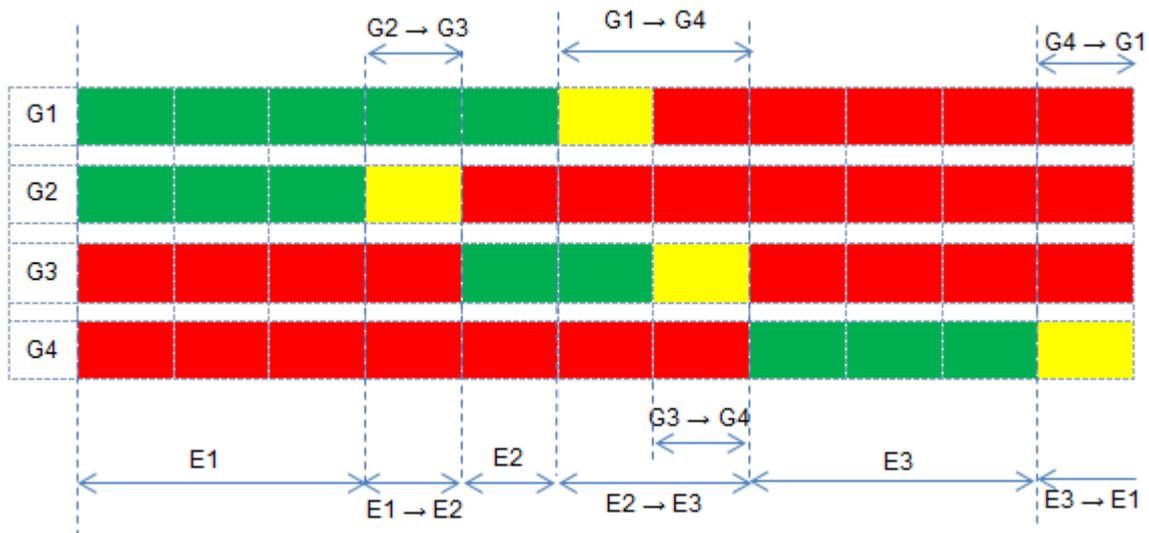


Figura 3

Na Figura 3, o “interstage” (E1 → E2) coincide com o “intergreen” (G2 → G3). O “intergreen” (G3 → G4) não coincide com o “interstage” (E2 → E3). Já os “intergreens” (G4 → G1) e (G4 → G2) coincidem com o “interstage” (E3 → E1). Nota-se que o “intergreen” (G1 → G4) coincide com o “interstage” (E2 → E3), mas, apesar de o período de tempo dentro do ciclo semafórico ser o mesmo, a composição das indicações luminosas é diferente. No “intergreen” (G1 → G4) somente há intervalos com as indicações de amarelo e vermelho de limpeza, enquanto que no “interstage” (E2 → E3) há um intervalo de verde (do G3).

Verifica-se que na transição de estágios E1 → E2:

$$(G2 \rightarrow G3) \equiv (E1 \rightarrow E2)$$

E na transição dos estágios E3 → E1:

$$[(G4 \rightarrow G1) = (G4 \rightarrow G2)] \equiv (E1 \rightarrow E2)$$

Com relação aos “intergreens”, tem-se que:

$$(G4 \rightarrow G1) = (G4 \rightarrow G2)$$

$$(G1 \rightarrow G4) \neq (G3 \rightarrow G4)$$

Tem-se também que:

$$\text{tempo de verde (G3)} > \text{tempo de verde (E2)}$$

$$\text{tempo de verde (G1)} > [\text{tempo de verde (E1)} + \text{tempo de verde (E2)}]$$

No exemplo da Figura 3, existem os seguintes “intergreens” nas transições de estágios E1 → E2, E2 → E3 e E3 → E1:

E1 → E2	E2 → E3	E3 → E1
(G2 → G3)	(G1 → G4)	(G4 → G1)
	(G3 → G4)	(G4 → G2)

### Programação de “*intergreen*” e “*interstage*”

A programação do “*intergreen*” se resume a programar a duração dos intervalos de amarelo e vermelho de limpeza (ou do vermelho intermitente e vermelho de limpeza no caso de grupos semafóricos de pedestres) para cada transição de grupo semafórico. Assim, o “*intergreen*” não é programável por estágio. Tampouco é programável por grupo semafórico, mas, sim, por **transição de grupo semafórico**. Consequentemente, os intervalos de amarelo e vermelho de limpeza (ou do vermelho intermitente e vermelho de limpeza no caso de grupos semafóricos de pedestres) são programáveis por transição de grupo semafórico. Isso significa que devem-se configurar, para cada grupo semafórico com direito de passagem no estágio, tantos “*intergreens*” quantos forem os grupos semafóricos que “andam” juntos no estágio subsequente da correspondente transição de estágios.

E o “*interstage*”, como é programado? A resposta é que o “*interstage*” não é programável, pois ele é uma consequência direta da estrutura dos estágios, dos “*intergreens*” dos grupos semafóricos e do início e término de verde de cada grupo semafórico. Uma vez definidos esses elementos, o “*interstage*” fica automaticamente definido.

### Entreverdes

Retomando agora às perguntas: <o que é entreverdes?> e <entreverdes corresponde a “*intergreen*” ou a “*interstage*”?>, verifica-se que não é usado em português um termo que seja equivalente ao “*intergreen*” e outro termo distinto para designar “*interstage*”. Existe apenas um único termo: **entreverdes**.

O Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito [3], no seu Item 5.1 – Elementos Básicos, Letra “c”, Página 74, define estágio como:

c) Estágio

Denomina-se estágio o intervalo de tempo em que um ou mais grupos de movimentos recebem simultaneamente o direito de passagem. O estágio compreende o tempo de verde e o tempo de **entreverdes** que o segue.

E no Glossário do mesmo Manual – Página 310:

Estágio – intervalo de tempo em que um ou mais grupos de movimentos recebem simultaneamente o direito de passagem. O estágio compreende o tempo de verde e o tempo de **entreverdes** que o segue.

Na frase: “O estágio compreende o tempo de verde e o tempo de entreverdes que o segue.”, a palavra “entreverdes” significa “*intergreen*” ou “*interstage*”? Pelo contexto, pode-se concluir que a palavra “entreverdes” aqui corresponde a “*interstage*”: O estágio compreende o tempo de verde e o tempo de “*interstage*” que o segue.

Por outro lado, o mesmo Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito [3], no item 5.1 – Elementos Básicos, Letra “d”, Página 74, diz:

d) Entreverdes

É o intervalo de tempo compreendido entre o final do verde de um estágio e o início do verde do estágio subsequente.

Para semáforos veiculares<sup>1</sup>, o entreverdes é composto de um tempo de amarelo, acrescido de um tempo de vermelho geral sempre que necessário.

Para semáforos de pedestres<sup>1</sup>, o entreverdes corresponde ao tempo de vermelho intermitente seguido de um tempo de vermelho geral.

Na frase “entreverdes é o intervalo de tempo compreendido entre o final do verde de um estágio e o início do verde do estágio subsequente”, a palavra “entreverdes” deve ser entendida como “*interstage*”: O “*interstage*” é o intervalo de tempo compreendido entre o final do verde de um estágio e o início do verde do estágio subsequente.

Já na frase “o entreverdes é composto de um tempo de amarelo, acrescido de um tempo de vermelho geral”, a palavra “entreverdes” ganha o significado de “*intergreen*”: O “*intergreen*” é composto de um intervalo de amarelo, acrescido de um intervalo de vermelho de limpeza.

Assim, a palavra “entreverdes” é usada para designar, ora um significado, ora o outro. Em cada texto, o leitor deve saber discernir qual o significado pelo contexto da frase.

Vale ressaltar que, além do fato de o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito [3] usar a palavra “entreverdes”, ora no sentido de “*interstage*”, ora no sentido de “*intergreen*”, é feita alguma confusão entre esses dois conceitos, pois os usa na mesma definição, dando a ideia de que se trata de um único conceito (quando, na verdade, deveriam ser dadas duas definições, uma para cada conceito, embora ambos os conceitos sejam representados pelo mesmo termo).

<sup>(1)</sup> O termo “semáforo” é utilizado no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito [6] como sinônimo de grupo focal (ver item 3.2.2, Página 27, do referido Manual). Na definição de entreverdes apresentada pelo Manual, são utilizadas as expressões “semáforos veiculares” e “semáforos de pedestres”. Seria mais correto substituir “semáforos veiculares” e “semáforos de pedestres” por “grupos semafóricos veiculares” e “grupos semafóricos de pedestres”, pois o entreverdes (“*intergreen*”) é configurado para grupo semafórico (uma entidade lógica) e não para grupo focal (um elemento físico). Assim, o mais correto seria dizer: “Para grupos semafóricos veiculares, o entreverdes é composto de um tempo de amarelo, acrescido de ...”.

### Abordagem usual de controladores baseados em controle por estágio

A abordagem usual para os períodos de transição de grupos semafóricos e de estágios não é a que foi até aqui exposta, de forma a fazer uma clara distinção entre “*intergreen*” e o “*interstage*”. A abordagem usual pressupõe, de forma implícita, que o verde de todos os grupos semafóricos que “andam” no mesmo estágio começa e termina junto, além de terem os mesmos “*intergreens*”, conforme mostrado na Figura 4.

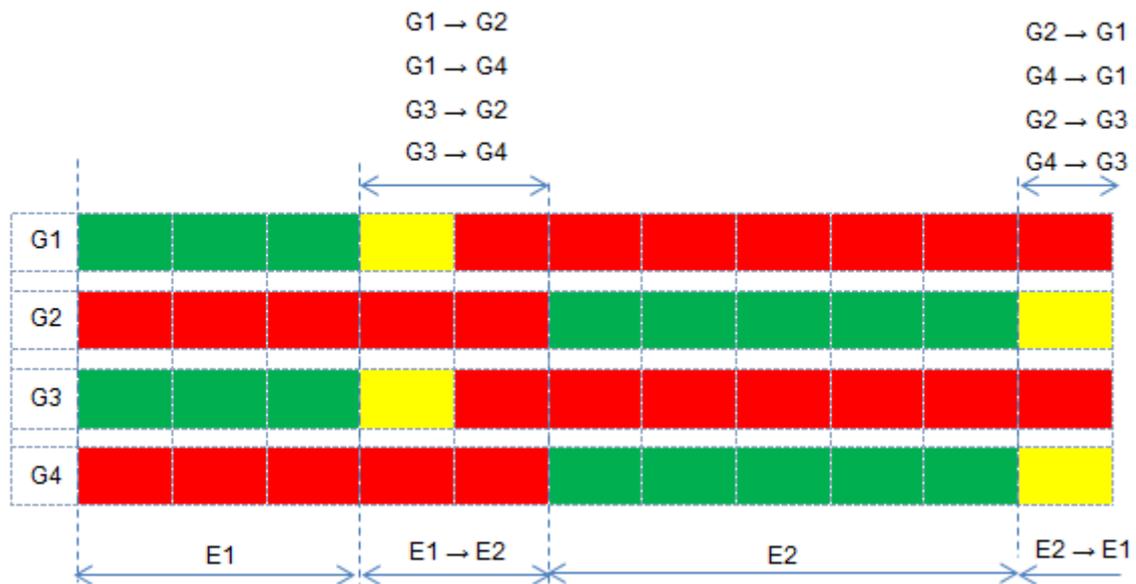


Figura 4

Na Figura 4, verifica-se que na transição de estágios de E1 para E2 (E1 → E2):

$$[(G1 \rightarrow G2) = (G1 \rightarrow G4) = (G3 \rightarrow G2) = (G3 \rightarrow G4)] \equiv (E1 \rightarrow E2)$$

Todos esses “*intergreens*” coincidem com o “*interstage*” (E1 → E2).

Afirma-se que essa premissa é implícita, pois não foi possível localizar nenhum documento que mencionasse explicitamente a condição dada na premissa, isto é: o verde de todos os grupos semafóricos que “andam” no mesmo estágio deve começar e terminar junto.

Também não foi possível localizar nenhuma fonte ou referência que explicasse a origem ou a razão de tal premissa.

A única ressalva é no que se refere às Especificações de controlador da CET-SP:

- a) Especificação de controlador de tempo real, versão 5 (22/02/2016), publicada no site da CET-SP

([http://www.cetsp.com.br/media/452305/Especc\\_Tec\\_Crtl\\_TR\\_rev05\\_.pdf](http://www.cetsp.com.br/media/452305/Especc_Tec_Crtl_TR_rev05_.pdf) - Acessado em 10/01/2019), no seu item 1.3.2.3, diz:

"... o fim do entreverdes do grupo semafórico de pedestre deverá coincidir com o fim do entreverdes do grupo semafórico veicular."

- b) O mesmo texto também aparece no item 3.3.2.4 da Especificação de controlador de tempo fixo, versão 4 (26/01/2015), publicada no site da CET-SP ([http://www.cetsp.com.br/media/378721/especific\\_func\\_%20tec\\_crtl\\_tempofixo\\_rev4\\_300814\\_p\\_reliminar.pdf](http://www.cetsp.com.br/media/378721/especific_func_%20tec_crtl_tempofixo_rev4_300814_p_reliminar.pdf) – Acessado em 10/01/2019).
- c) Na Especificação de controlador de tempo fixo para INFLUUNT<sup>2</sup>, v.8.1, publicada no *GitHub*: [https://github.com/influunt/influunt/blob/staging/influunt-doc/especificacao\\_cet.pdf](https://github.com/influunt/influunt/blob/staging/influunt-doc/especificacao_cet.pdf), em seu item 4.5.2.8, há o seguinte texto:

*"Na situação em que dois ou mais grupos semafóricos que "andam" juntos e que tenham diferentes durações de entreverdes, cujos intervalos transcorram parcialmente juntos, os entreverdes desses grupos deverão terminar no mesmo instante, com exceção para o grupo para o qual foi programado um atraso de grupo – "phase delay" (item 4.5.3)."*

Se for seguida a premissa (implícita) de que o verde de todos os grupos semafóricos que "andam" no mesmo estágio começa e termina junto (além de terem os mesmos "intergreens"), então o "intergreen" e o "interstage" serão sempre equivalentes. Daí advém, talvez, a razão de termos apenas o termo "entreverdes" para designar os dois períodos de transição.

A equivalência entre "intergreen" e "interstage" é a principal consequência da premissa adotada na abordagem usual.

Entretanto, essa premissa torna a programação semafórica bastante restritiva e engessada, não dando a flexibilidade necessária para otimizar e adequar a temporização semafórica a diversas situações operacionais.

Para simplificar o texto, doravante a premissa de que o verde de todos os grupos semafóricos que "andam" no mesmo estágio começa e termina junto será designada simplesmente como "premissa".

Da mesma forma, para maior clareza do texto, será evitado, a partir deste ponto, sempre que possível, o uso do termo "entreverdes", substituindo-o pelo termo "intergreen" ou "interstage", conforme o caso.

<sup>(2)</sup> INFLUUNT é um software de sistema de semáforos de tempo fixo (abrangendo a Central, o controlador e a comunicação), desenvolvido pela CET-SP, que permite padronizar o protocolo de comunicação, as funções, a lógica e o formato de programação, de forma que controlador de qualquer fabricante ou marca possa ser conectado a uma única Central. O INFLUUNT adota a "premissa" e apresenta a funcionalidade do atraso de grupo ("phase delay").

A seguir, é feita uma análise das principais restrições de programação semafórica impostas pela premissa e os mecanismos criados para contornar essas dificuldades.

**“Intergreen” de pedestres: “amarelo antecipado”**

Numa situação em que há um grupo semafórico de pedestres que “anda” junto com um grupo semafórico veicular no mesmo estágio, fica obrigatório que o “intergreen” desses dois grupos seja exatamente o mesmo, conforme mostrado na Figura 5.

Na Figura 5, G1 é um grupo semafórico veicular que “anda” junto com o grupo semafórico de pedestres G2 no Estágio E1. G3 é um grupo semafórico veicular que “anda” no estágio E2.

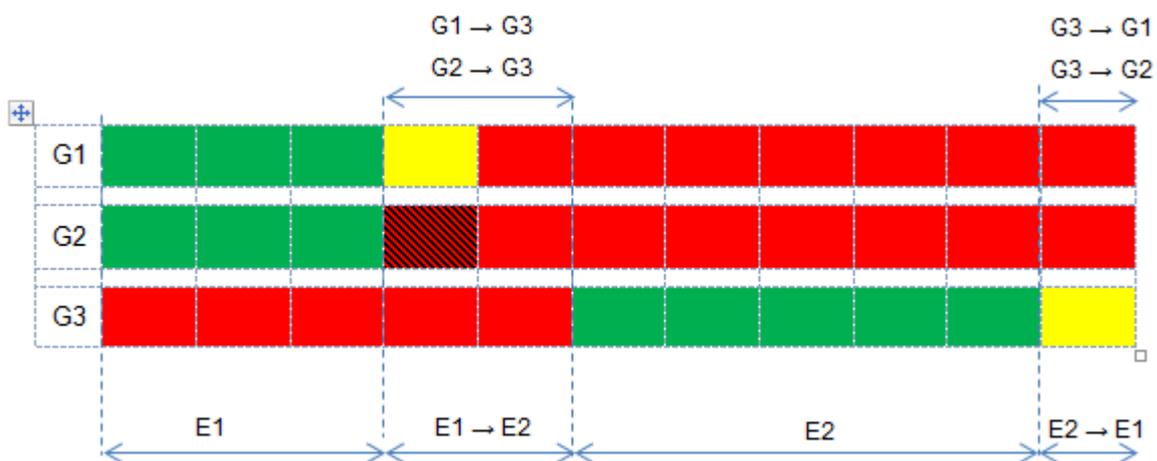


Figura 5

Na Figura 5, percebe-se que:

$$[(G1 \rightarrow G3) = (G2 \rightarrow G3)] \equiv (E1 \rightarrow E2)$$

$$[(G3 \rightarrow G1) = (G3 \rightarrow G2)] \equiv (E2 \rightarrow E1)$$

Além disso, o intervalo de vermelho intermitente de G2 é exatamente igual ao intervalo de amarelo de G1. O documento “Parâmetros Básicos de Programação Semafórica” [4] menciona a dificuldade de alguns controladores de permitir tempos distintos do vermelho intermitente e do amarelo veicular, conforme o trecho transcrito abaixo, onde TVmP é o tempo de vermelho intermitente e TV é o tempo de verde do pedestre:

O TVmP deverá ser metade do TV, dentro da faixa de 4 a 10s (inclusive), ou seja:

$$TVmP = \frac{1}{2} TV, \text{ sendo os valores extremos de TVmP: } 4s \leq TVmP \leq 10s.$$

Vale lembrar que alguns equipamentos não permitem a variação do tempo de piscante em relação ao amarelo paralelo veicular. Nesse caso, deve-se garantir que o TVmP seja de, pelo menos, 4s.

Essa dificuldade tornou-se patente com o advento do Programa PPP (Programa de Proteção ao Pedestre) em 2012, quando a CET-SP alterou a forma de configuração dos tempos de pedestres. O tempo de verde de pedestres não seria mais o tempo suficiente para a conclusão da travessia, sendo apenas a indicação de que se pode iniciar a travessia. O tempo de vermelho intermitente passaria a ser o tempo suficiente para a realização da travessia (e não mais a indicação de que o tempo de travessia estaria acabando como anteriormente). Essa configuração seria consolidada pelo Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume V – Sinalização Semafórica, 2014, aprovado pela Resolução nº 483, de 09 de abril de 2014 [6].

Com esse novo entendimento, o tempo de vermelho intermitente passou a ser muito maior que o tempo do amarelo veicular.

Para permitir a programação de tempos distintos de vermelho intermitente de pedestre e do amarelo veicular, criou-se em alguns controladores o expediente de “amarelo antecipado”, conforme mostrado no exemplo da Figura 6.



Figura 6

Assim, o vermelho intermitente seria equivalente ao amarelo veicular, apenas tem o seu início antecipado (em relação ao amarelo veicular). Pela premissa, o verde de G2 deveria terminar junto com o verde de G1. Entretanto, como consequência da antecipação, o verde de G2 termina antes do verde de G1.

#### Caixas intermediárias: “estágio de limpeza” e “atraso de grupo”

Quando há caixas intermediárias (quando há duas linhas de retenção próximas numa mesma via na mesma interseção), muitas vezes é necessário:

- iniciar o verde do grupo semafórico da primeira linha de retenção em relação ao grupo semafórico da segunda linha de retenção, visando diminuir a fila da caixa antes do início do verde na segunda linha de retenção;
- retardar o fim do verde do grupo semafórico da primeira linha de retenção em relação ao grupo semafórico da segunda linha de retenção, visando “limpar” a caixa antes da abertura do próximo estágio.

De forma geral, pode haver situações em que se requer que o verde de dois grupos semafóricos que “andam” juntos no mesmo estágio, iniciem e/ou terminem em instantes distintos.

Para essas situações, a premissa inviabiliza uma programação semafórica que seja adequada. Para contornar essa dificuldade, foi criado o expediente de programação de um “estágio de limpeza”, que seria um estágio intermediário de curta duração (geralmente de alguns segundos). Mas esse expediente cria um sério problema em alguns modelos de controlador em relação ao verde de segurança, pois, em geral, a duração do estágio de limpeza é menor que o tempo de verde de segurança (quando o verde de segurança é associado ao estágio e não ao grupo semafórico). Mesmo quando o verde de segurança é associado a grupo semafórico, podem ocorrer problemas operacionais, por exemplo, na troca de planos. Para sanar essa dificuldade, alguns modelos de controladores possuem o recurso de “atraso de grupo” (“*phase delay*”).

O atraso de grupo pode ser de dois tipos:

- a) Atraso da perda do direito de passagem (retardamento do fim do verde – prolongamento do verde)
- b) Atraso do ganho do direito de passagem (retardamento do início do verde)

A Figura 7-a mostra um exemplo de atraso da perda do direito de passagem. Nesse exemplo, G1 e G3 “andam” no estágio E1, enquanto que G2 e G4 “andam” no estágio E2. O verde de G1, pela premissa, deveria terminar junto o verde de G3. Mas, por conta do atraso ou o retardamento da perda do direito de passagem de G1, o verde de G1 termina depois do verde de G3.

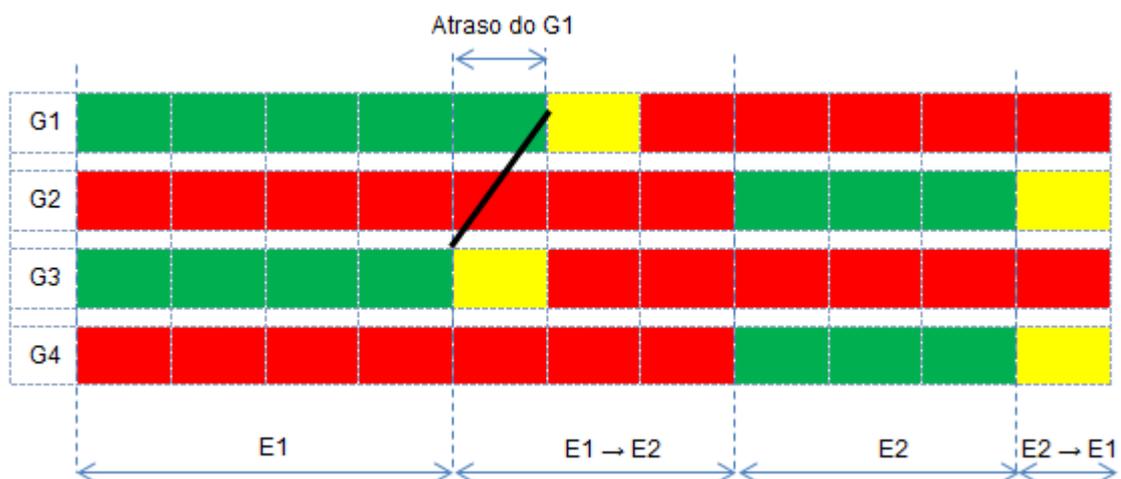


Figura 7-a

A Figura 7-b mostra um exemplo de atraso do ganho do direito de passagem. Nesse exemplo, G1 e G3 “andam” no estágio E1, enquanto que G2 e G4 “andam” no estágio E2. O verde de G2, pela premissa, deveria começar junto o verde de G4. Mas, por conta do atraso ou o retardamento do ganho do direito de passagem de G2, o verde de G2 começa depois do verde de G4.

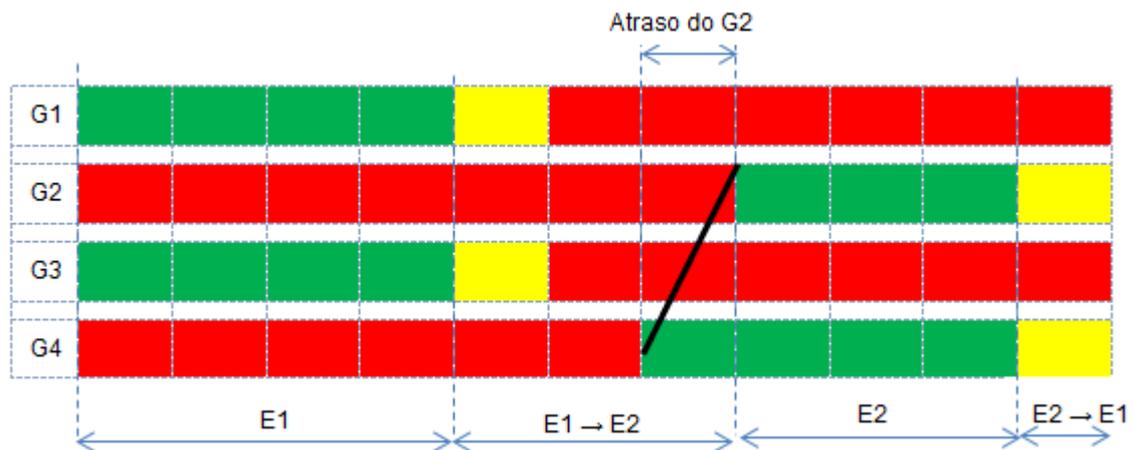


Figura 7-b

#### Amarelo antecipado como atraso de grupo

O amarelo antecipado, exemplificado na Figura 6, pode ser considerado como um caso particular de atraso de grupo. No exemplo da Figura 6, o grupo G1 tem um atraso de perda de direito de passagem em relação ao grupo G2.

Em geral, qualquer diferença de “intergreens” de grupos semafóricos que “andam” no mesmo estágio pode ser resolvida usando-se o recurso de atraso de grupo.

#### Considerações sobre a abordagem usual

Conforme o exposto, verifica-se que a premissa implícita na abordagem usual impõe sérias restrições na programação semafórica. Para contornar esse “engessamento” da programação semafórica, foi necessário criar mecanismos como o amarelo antecipado e o atraso de grupo, que têm como único objetivo “quebrar” ou “burlar” a regra imposta pela premissa.

É importante destacar aqui que, conforme já mencionado anteriormente, a principal implicação da premissa da abordagem usual é a equivalência entre o “intergreen” e o “interstage”. Entretanto, com os mecanismos de “amarelo antecipado” e atraso de grupo essa equivalência deixa de existir.

A abordagem adotada na parte inicial deste trabalho, qual seja, a de permitir a configuração de “intergreens” distintos para o mesmo grupo semafórico, em função da transição desse grupo para cada grupo conflitante do estágio seguinte, é totalmente flexível para atender qualquer interseção, sem precisar lançar mão de mecanismos ou expedientes como amarelo antecipado, “estágio de limpeza” ou atraso de grupo.

Um projeto de *software* do controlador baseado nessa abordagem permite uma estrutura e uma

configuração lógica de programação muito mais flexível e amigável, sem as complicações do amarelo antecipado, “estágio de limpeza” e atraso de grupo.

### **“Interstage” e estágio**

A questão que aqui se coloca é se o período de “*interstage*” faz parte do estágio. Em princípio, pela própria definição de “*interstage*” de ser um período de transição entre dois estágios consecutivos, a resposta óbvia é que o “*interstage*” não faz parte do estágio anterior e nem do posterior. É um período “entre-estágios”.

Entretanto, vale observar que o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito [3] afirma que o entreverdes faz parte do estágio: “O estágio compreende o tempo de verde e o tempo de entreverdes que o segue”. Ora, se o entreverdes, no contexto dessa frase, significa “*interstage*”, como pode fazer parte do estágio se, por definição, “*interstage*” é o período que fica entre dois estágios consecutivos?

Talvez a resposta esteja na necessidade de sistemas de controle semafórico considerar o “*interstage*” como parte do próprio estágio.

De fato:

- a) No documento “*SCOOT Traffic Handbook, SCOOT 0494, Glossary of Traffic Terms*” [5], no seu item 2.17.11 pode-se ler:

Um estágio SCOOT consiste de um “*intergreen*”<sup>3</sup> seguido por um período de verde.

- b) No artigo “*LRT Priority within the SCATS Environment in Dublin – A Traffic Flow Simulation Study*” [6], pode-se ler:

A duração do estágio no SCATS também inclui o período de “*interstage*”.

### **Posição do “*interstage*” no estágio**

Uma vez definido que o “*interstage*” faz parte do próprio estágio, resta a questão: < o “*interstage*” fica no início do estágio ou no final do estágio? >

Em princípio, a resposta mais natural seria no final do estágio. Por exemplo, parece ser mais natural e intuitivo que o “*interstage*” E1 → E2 seja integrado ao estágio E1 (do que ao estágio E2).

Tanto que o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito [3] quando afirma: “O estágio compreende o tempo de verde e o tempo de entreverdes **que o segue**” está postulando que o “*interstage*” está definido no final do estágio.

De qualquer forma, trata-se apenas de uma convenção. O “*interstage*” pode ser tanto definido no início

<sup>(3)</sup> Observação:

Não há menção a “*interstage*” no *SCOOT Traffic Handbook* [5]. O SCOOT é um sistema que adota a premissa da abordagem usual. Por isso, o “*interstage*” e o “*intergreen*” são considerados coincidentes e equivalentes. Nos casos em que é necessário “quebrar” a regra da premissa é usado o recurso de atraso de grupo.

como no final do estágio. Tudo depende da conveniência, necessidade e praticidade. Entretanto, para determinados protocolos de comunicação entre o controlador e a Central, é necessário que o “*interstage*” esteja posicionado no início do estágio.

De fato, o sistema de controle semafórico em tempo real SCOOT (*Split Cycle Offset Optimization Technique*), que usa o protocolo UTMC (*Urban Traffic Management Control*), adota o período de “*interstage*” no início do estágio, conforme o item 2.17.11 do documento “*SCOOT Traffic Handbook, SCOOT 0494, Glossary of Traffic Terms*” [5]:

#### 2.17.11 Estágio

Um estágio SCOOT consiste de um “*intergreen*”<sup>4</sup> seguido por um período de verde.

### Estratégia de controle

O “engessamento” da programação semafórica decorrente da premissa adotada na abordagem usual só ocorre quando o controlador é baseado na estratégia de controle por estágio.

Os controladores que são baseados na estratégia de controle por intervalo luminoso e que permitem a configuração da estrutura e da duração de cada intervalo luminoso não sofrem o problema de restrição de programação aqui abordado, pois não seguem a premissa da abordagem usual.

### Conclusões

Diante do exposto, pode-se concluir que:

- “*Intergreen*” e “*interstage*” podem corresponder a períodos distintos dentro do ciclo semafórico e/ou a intervalos com composição distinta de indicações luminosas.
- O “*intergreen*” e, portanto, os períodos de amarelo, vermelho intermitente e vermelho de limpeza, devem ser programáveis por transição de grupo semafórico (e não por grupo semafórico ou por estágio).
- O “*interstage*” pode abranger intervalos de verde.
- O tempo de verde contido no “*interstage*” não faz parte do tempo de verde do estágio, isto é, o tempo de verde de um grupo semafórico pode ser maior que o tempo de verde do estágio correspondente.
- O “*interstage*” é uma consequência direta da estrutura dos estágios, dos “*intergreens*” das transições dos grupos semafóricos e do início e término de verde de cada grupo semafórico, não sendo um elemento programável.

No documento “*Glossary of Terms Used in Association with UTC Systems*” [7], no seu item 2.55 diz: “*I/G – Duração de tempo entre períodos de verde sucessivos (“intergreen”). Isso se aplica tanto para estágio como para grupo semafórico*”. O texto em negrito comprova a premissa da equivalência entre “*intergreen*” e “*interstage*” adotada no sistema SCOOT.

<sup>(4)</sup> Ver a Nota de Rodapé 3.

- A palavra “entreverdes” é usada tanto para designar “*intergreen*” como para “*interstage*”, dependendo do contexto de cada frase.
- A abordagem usual normalmente adotada na programação dos controladores e em sistemas de controle semafórico não é aquela baseada na distinção entre “*intergreen*” e “*interstage*”, mas adota a premissa implícita de que o verde de todos os grupos semafóricos que “andam” no mesmo estágio começa e termina junto, resultando que o “*intergreen*” e “*interstage*” sempre serão coincidentes e equivalentes. Daí, talvez seja a razão de haver apenas o termo “entreverdes” para designar tanto o “*intergreen*” como o “*interstage*”, uma vez que ambos seriam sempre equivalentes.
- A premissa implícita adotada na abordagem usual “engessa” a programação semafórica, obrigando a necessidade da criação de recursos especiais como “amarelo antecipado” e atraso de grupo com o objetivo de “quebrar” a regra da premissa.
- Um projeto de *software* de controlador que adotasse a abordagem de considerar “*intergreen*” e “*interstage*” como períodos distintos, em decorrência da possibilidade de programar “*intergreens*” diferentes para cada transição de grupos semafóricos (em vez da abordagem usual) permitiria uma estrutura lógica de programação muito mais flexível e amigável, sem a necessidade de recursos especiais como o “amarelo antecipado” e o atraso de grupo.
- O problema de “engessamento” da programação semafórica devido à premissa da abordagem usual ocorre em controladores baseados na estratégia de controle por estágio. Os controladores baseados na estratégia de controle por intervalo luminoso e que permitem a configuração da estrutura e da duração de cada intervalo luminoso não sofrem o problema de restrição de programação mencionado, pois não seguem a premissa da abordagem usual.

## Bibliografia

[1] “*Traffic Signal Design Terminology*”:

[http://www.traffic-signal-design.com/terminology\\_main.htm](http://www.traffic-signal-design.com/terminology_main.htm) – Acesso em 30/08/2018.

[2] “*Traffic Advisory Leaflet 1/06 – General Principles of Traffic Control by Light Signals Part 2 of 4*”:

[http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20120607043213/http://assets.dft.gov.uk/publications/tal-1-06/1-06\\_2.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20120607043213/http://assets.dft.gov.uk/publications/tal-1-06/1-06_2.pdf) – Baixado em 30/08/2018.

[3] “Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume V – Sinalização Semafórica”, 2014, Resolução Nº 483, de 09 de Abril De 2014:

<https://www.denatran.gov.br/resolucoes> – Baixado em 25/08/2018.

[4] “Parâmetros básicos de programação Semafórica”

[www.vias-seguras.com/.../parametros%20semaforicos%20CET%20SP%201999.pdf](http://www.vias-seguras.com/.../parametros%20semaforicos%20CET%20SP%201999.pdf)  
em agosto de 1.995 - atualizou o texto em maio de 2.000

[5] “*SCOOT Traffic Handbook, SCOOT 0494, Glossary of Traffic Terms*”

[6] “*LRT Priority within the SCATS Environment in Dublin – a Traffic Flow Simulation Study*” – Martin Fellendorf & Conall Mac Aongusa & Manual Pierre.

<https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/UT97/UT97006FU.pdf>. Baixado em 27/09/2018.

[7] “*Glossary of Terms Used in Association with UTC Systems*” – 666/KE/16066/000:

[https://www.siemens.co.uk/traffic/pool/downloads/handbooks/utc/666\\_ke\\_16066\\_000.pdf](https://www.siemens.co.uk/traffic/pool/downloads/handbooks/utc/666_ke_16066_000.pdf) – Baixado em 26/11/2018.

### **Agradecimentos**

Este trabalho é fruto das profícuas discussões técnicas travadas com o colega Alexandre Francisco dos Santos. Também teve a revisão do Alexandre e do colega Virgílio dos Santos, cujas sugestões contribuíram em muito para melhorar o texto. Aos dois colegas, meus sinceros agradecimentos.

29/01/2019

Sun Hsien Ming

