

## ESTUDO DE CASO: VERIFICAÇÃO DO TEMPO SEMAFÓRICO DO TRÁFEGO DE QUIXADÁ UTILIZANDO O MÉTODO DE WEBSTER

Francisco Adaias Gomes da Silva<sup>1</sup>

Geovane Bezerra Monte<sup>1</sup>

Yago Wanderley da Silva Barbosa<sup>1</sup>

Lucas Cavalcante de Almeida<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (Discentes – Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Do Ceará IFCE - Campus Quixadá)  
(francisco.adaias.gomes05@aluno.ifce.edu.br  
geovane.bezerra.monte60@aluno.ifce.edu.br  
yago.wanderley.silva02@aluno.ifce.edu.br)

<sup>2</sup> (Docente - Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Do Ceará IFCE - Campus Quixadá)  
(lucas.almeida@ifce.edu.br)

**Área Temática:** Tecnologia em Engenharia de Tráfego e Transporte

**Área de Conhecimento:** Ciências Tecnológicas

**Encontro Científico:** IX Encontro de Iniciação à Pesquisa

### RESUMO

**Introdução:** Devido ao crescente tráfego de veículos nas vias urbanas de cidades emergentes como Quixadá, foi observado lentidão e paralizações em alguns semáforos da cidade. Entretanto, em outros pontos não se percebeu (ao menos observando) esse aumento considerável no tráfego o que poderia caracterizar a implantação incorreta dos sistemas de sinalização. **Objetivo:** Logo foi proposto a realização de um estudo voltado para identificar a operacionalidade do sistema de sinalização semafórica que gerencia o fluxo de veículos em uma via da cidade, a fim de aperfeiçoar seu tempo de atuação e então avaliar seu funcionamento. **Metodologia:** aplicando o método de otimização de tráfego proposto por Webster. **Resultados** identificou-se que o tempo do ciclo ótimo era consideravelmente baixo para o atual fluxo. **Considerações finais:** os cálculos evidenciam não haver necessidade de inserção da sinalização semafórica no trecho estudado, e que a mesma foi implantada de forma equivocada, com despreparo e sem análises prévias de viabilidade.

Palavras-chave: Webster; Sistemas de Transportes; Sinalização semaforizada; Ciclo ótimo.

### INTRODUÇÃO

Com base em dados do último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) estima-se que a população do município de Quixadá em 2021 seja de 88899 habitantes, e uma Densidade Demográfica de 39,91 hab/km<sup>2</sup>, espera-se então que em 2022 haja um acréscimo dessa quantidade populacional. Cabe ressaltar o intenso fluxo da população flutuante, turistas e pessoas de outras cidades que usufruem do sistema urbano de Quixadá de forma ocasional.

Com esse crescimento é natural que o trânsito passe por melhorias para prover um fluxo adequado, e essas melhorias são obtidas por meio da implantação de sinalizações semaforizadas eficientes que atendam a demanda das vias urbanas.

Segundo Almeida e Batista (2022, p. 10) os estudos sobre as interseções semaforizadas possibilitam a compreensão do uso das sinalizações, os métodos de medições, além da localização e adequação ante a necessidade de cada município. Segundo Luna (2003, p.22) quando se determina uma operação de um semáforo, ou seja, realiza a programação do mesmo, significa especificar a ordem de atribuir os direitos de passagem em determinando espaço de tempo de acordo com o fluxo (denominado tempo de verde). Esse processo é necessário uma vez que, quando esse sistema de sinalização é mal implementado acarreta atrasos compulsórios e congestionamentos de vias que poderiam ser evitados.

A pesquisa aqui proposta analisa o semáforo fixado no cruzamento entre as ruas Tenente Cravo no sentido Norte-Sul no bairro Campo Velho, que dá acesso ao 9º Batalhão da Polícia Militar do Estado do Ceará, e a rua Dom Lucas no sentido Leste-Oeste que dá acesso ao colégio EEF Padre Vicente Gonçalves de Albuquerque, localizado no Bairro Alto da Boa Vista em Quixadá-CE. A proposta do presente trabalho visa apresentar as diretrizes gerais da análise de uma interseção semaforizada a fim de identificar se a mesma está operando de acordo com a proposta pelo método de Webster.

Essa análise detém de extrema importância para verificar se há adequação do trecho semaforizado em análise no Município de Quixadá, e também se atende a demanda do crescente fluxo de transeuntes nesse determinado trecho da cidade. Para a realização do presente estudo determina-se os seguintes objetivos: realizar monitoramento e verificação da adequação dos tempos de verde dos semáforos em análise; desenvolver o diagrama de fases de interseção semaforizada do semáforo analisado e verificar a operacionalização da interseção semaforizada aplicando os métodos de programação desenvolvidos por Webster.

## **METODOLOGIA**

A proposta metodológica aplicada no presente trabalho foi a submissão de um estudo de caso. Com base nas definições apresentadas por Gil (2008, p. 58) um estudo de caso se configura como um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, a fim de explorar situações da vida real onde os limites não são claramente definidos, ou ainda explicar variáveis causais de determinado fenômeno em situação.

Compreende-se o presente trabalho como esse tipo de análise pois investiga-se uma interseção semaforizada de um cruzamento entre as ruas Tenente Cravo no sentido Norte-Sul e rua Dom Lucas no sentido Leste-Oeste, localizado no Bairro Alto da Boa Vista em Quixadá-CE realizado de forma presencial no dia 13/09/2022.

O processo foi observacional onde foram realizados uma contagem dos veículos que trafegavam nessa rua durante o horário de pico (no período de 17:30 às 18:30). A interseção estudada possui 4 fases, como é possível verificar com base no croqui elaborado na figura 2, com seus respectivos sentidos de fluxos.

Para o estudo foram contabilizados carros, motos, ônibus e caminhões, dos quais foram adotadas as respectivas conversões: 3 motos contabilizavam apenas 1 carro; 1 ônibus ou caminhão contabilizavam 2 carros. Estes dados serviram para a elaboração das tabelas 1 e 2. Além disso foram coletados e calculados o tempo de verde, de amarelo, de vermelho de cada fase e do ciclo total. Analisando a tabela 1, é possível calcular o Fator de Hora Pico (FPH) pela fórmula (1):

$$FPH = \frac{V}{v} \quad (1)$$

$$S = \frac{3600}{h} \quad (2)$$

Em que, “V” é o volume/hora obtido pela soma dos 4 intervalos de 15min; “v” representa a pior faixa de veículos/15min. Para o cálculo da taxa de fluxo de saturação foi utilizada a fórmula (2). Em que “S” é taxa de fluxo de saturação; “h” representa o intervalo de saturação (s/veíc), geralmente usa-se h = 2 ou 3 s por veículo. Para o cálculo do ciclo ótimo ( $C_0$ ) foi utilizada a fórmula (3):

$$C_0 = \frac{1,5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^n Y_i} \quad (3)$$

$$g_i = \frac{Y_i}{1 - \sum_{i=1}^n Y_i} \cdot (C - L) \quad (4)$$

Em que “L” é o tempo perdido por ciclo, que é calculado pelo número de fases (N) multiplicado pelo tempo pedido por fase ( $t_i$ ); Y é o valor máximo das razões entre fluxos das aproximações e as taxas de fluxo de saturação. O “ $g_i$ ” é tempo de verde efetivo presente na equação (4), é representado por fase, e é calculado pelo valor máximo das razões do fluxo de aproximações sobre a taxa do fluxo de saturação. Com a duração do ciclo determinada, o tempo disponível verde é alocado entre as diversas fases.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a obtenção dos resultados foram realizados os cálculos utilizando os valores do Fator Hora-Pico, os intervalos de saturação, os tempos perdidos por fases e os tempos

efetivos de verde, além dos volumes críticos e o ciclo ótimo.

Na tabela 1 é preciso destacar que as fases A-C correspondem ao sentido Leste-Oeste e as fases B-D correspondem ao Norte-Sul. Foi escolhido dessa forma por conta do extenso fluxo de veículos da avenida principal no sentido A-C e os demais foram no sentido da abertura do sinal semaforizado.

Tabela 1 - Tabela contagem em campo

	Veículos	Moto	Carros	Caminhões	Total veículos
	Reto	64	86	2	112
Fase A	Esquerda	16	6	1	16
	Direita	18	12	1	20
	Reto	67	11	1	36
Fase B	Esquerda	1	0	2	5
	Direita	7	0	3	9
	Reto	47	57	3	79
Fase C	Esquerda	16	8	1	16
	Direita	3	1	1	6
	Reto	27	28	0	37
Fase D	Esquerda	12	13	0	17
	Direita	39	17	1	32

Fonte: Próprio

Já para a tabela de volume de tráfego aplicou-se a metodologia proposta por Webster, pois este inclui todos os fatores que possivelmente influenciam no valor da capacidade do tráfego. É também por meio desse método que se desenvolve cálculos adicionais para diagnosticar as condições do tráfego e seu ciclo ótimo. Por ser amplamente difundido no Brasil seus resultados e estudos atingem valores aproximados aos cenários reais do tráfego brasileiro (PEREIRA, PIUBINI E CAMPUS, 2017).

Já na tabela 3 são mostrados valores observados em determinados períodos de tempo e associados a uma quantidade de veículos que percorreram o trecho sinalizado nesse respectivo período. Isso, para identificar qual o intervalo temporal que o fluxo de transportes rodoviários é maior (mesmo estando no horário de pico). É necessário evidenciar que alguns valores foram tidos como de convenção tendo como base a literatura pertinente como os valores: tempo de verde no início (2s), tempo de verde perdido no final (1,5s), o intervalo de saturação pode ser de 2 a 3 segundos.

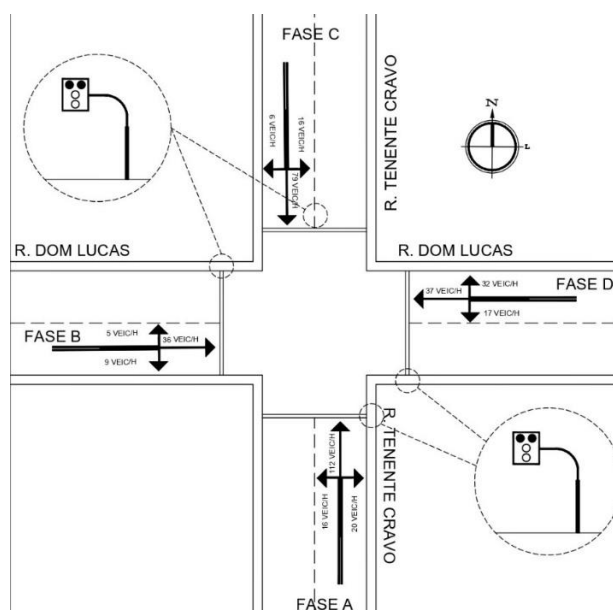
Tabela 2 - Volume de tráfego de carros por fase da interseção semaforizada estudada, 2022

PERÍODO DE TEMPO	CONTAGEM (VEÍCULOS/ 15 MIN)											
	Fase A			Fase B			Fase C			Fase D		
	E	PD	D	E	PD	D	E	PD	D	E	PD	D
17:30-17:45	6	21	6	1	8	2	4	17	1	7	9	9
17:45-18:00	3	35	5	1	7	3	5	23	2	2	11	7
18:00-18:15	4	31	4	2	9	2	5	20	2	5	7	8
18:15-18:30	3	25	5	1	12	2	2	19	1	3	10	8

Fonte: Próprio.

Com o intervalo de saturação fixo para todas as fases, a taxa de fluxo de saturação pode ser encontrada aplicando a equação (2). O valor para o intervalo de saturação (h) adotado foi 3, logo obtém-se 1200s como intervalo. Em seguida calcula-se o tempo perdido total sendo então encontrado um tempo de 3s. Para o tempo perdido/fase, utiliza-se o tempo perdido de 3s e os demais valores do tempo verde em 20s e amarelo em 4s e obtém-se um tempo efetivo de verde de 21s.

Figura 2 - Volume veículos/h de fases da interseção semaforizada.



Fonte: Próprio

Tabela 3 – Fases, volumes das fases, taxa de saturação e valor das razões entre os fluxos.

	FASE A (NORTE)			FASE C (SUL)			FASE B (LESTE)			FASE D (OESTE)		
	E	PD	D	E	PD	D	E	PD	D	E	PD	D
<b>V</b>	16	112	20	16	79	6	5	36	9	17	37	32
<b>S</b>	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
<b>V/S</b>	0,013	0,093	0,017	0,013	0,066	0,005	0,004	0,03	0,007	0,01	0,031	0,026
	$Y_a = 0,093$			$Y_c = 0,066$			$Y_b = 0,03$			$Y_d = 0,031$		

Fonte: Próprio, 2022



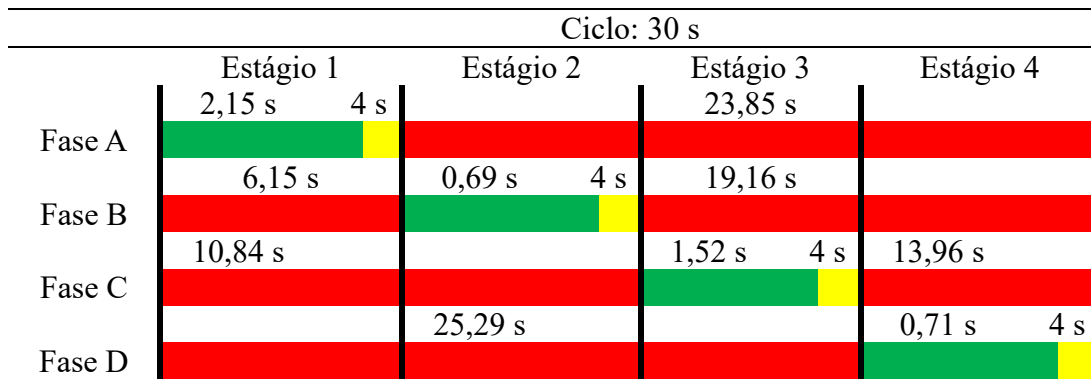
Somatório dos valores máximos das razões entre os fluxos das aproximações e as taxas de fluxo de saturação teve como resultado 0,22s. Com os valores do somatório das razões entre o fluxo das aproximações e das taxas de fluxo de saturação, cabe então realizar a aplicação do ciclo ótimo para propor a sinalização adequada na semaforização. O cálculo do ciclo ótimo é obtido aplicando a equação (13), e tendo como resultado 30s: Já a obtenção do verde efetivo para cada fase é identificada na tabela

Tabela 4 – Fases e valores obtidos.

FASE A:	FASE B:	FASE C:	FASE D:
2,1s	0,69s	1,52s	0,71s

Fonte: Próprio.

Figura 6 - Diagrama de estágios da interseção semaforizada estudada



Fonte: Próprio, 2022.

Com base nos valores obtidos e apresentados na Figura 6, percebe-se os valores de tempo de verde muito abaixo do esperado, o ciclo ótimo também possui um valor muito aquém do ideal para o fluxo de veículos, compreendendo assim que o semáforo implantado não possuía a necessidade de ter sido implantado na via analisada, pois o fluxo não corresponderia a demanda. Outra possibilidade foi a de implantação da sinalização sem estudos prévios o que prejudica completamente o fluxo dos veículos que ali trafegam.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados da contagem e o dimensionamento proposto por Webster foi possível inferir que o tempo do ciclo ótimo obtido era consideravelmente baixo e inviável para aplicação no atual fluxo de veículos. Com isso concluiu-se que os cálculos evidenciam não haver necessidade de inserção da sinalização semafórica no trecho estudado, e que a mesma foi implantada de maneira equivocada. Dados os custos aplicados pelo poder público, a equipe não recomenda a retirada já que não causa um prejuízo significativo a região, por outro lado, traz a

segurança, embora superdimensionada.

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que os agentes de trânsito deveriam ter colocado o sinal com um tempo de ciclo menor, devido ao baixo fluxo de veículos que ali trafegam, para então os veículos não ter um tempo de espera muito elevado, otimizando assim o tráfego e a fluidez do trânsito nessa região. Como trabalhos futuros o presente trabalho pretende replicar a metodologia em todos os demais semáforos da cidade e fazer um comparativo com os da cidade vizinha Quixeramobim. Outro trabalho futuro seria uma análise orçamentária sobre os custos que a prefeitura do município teria para implantar de forma correta e planejada os sinais semafóricos da cidade.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Daniella de; BATISTA, Tatiana Fromholz Madi. **Tratamento de interferência com Sinalização Semafórica**: caso da rodovia es-010 em Serra-ES. 2022. 24 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Infraestrutura Urbana, Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2022.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Panorama das cidades*. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/quixada/panorama>. Acesso em: 04 out. 2022.
- GIL, Antônio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p.
- LUNA, Marcelo dos Santos de. *Sobre o fluxo de saturação: conceituação, aplicação, determinação e variação*. 2003. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.
- MENENDEZ, Oisy Hernandez; SILVA, Natalia Assunção Brasil; PITANGA, Heraldo Nunes. *Análise estatística aplicada à gestão do tráfego em interseção semafórica*. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 1-17, 7 fev. 2022. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26178>.
- PEREIRA, Thiago H.; A PIUBINI, David; CAMPOS, Rafael M. *Uso do método de Webster para simular a otimização semafórica de um cruzamento*. 2017. 9 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica Com Habilitação em Computação, Faculdade Novo Milênio., Vila Velha - Es, 2017.