

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO NORTE

LUCAS FERNANDES DE MOURA

**ESTUDO DE INTERSEÇÃO URBANA: DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE
SOLUÇÃO TÉCNICA PARA MELHORIA**

NATAL

2018

LUCAS FERNANDES DE MOURA

**ESTUDO DE INTERSEÇÃO URBANA: DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE
SOLUÇÃO TÉCNICA PARA MELHORIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico Subsequente em Estradas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Técnico em Estradas.

Orientadora: Prof.^a Sarah Araújo Costa.

NATAL

2018

Moura, Lucas Fernandes de.

M929e Estudo de interseção urbana : diagnóstico e proposta de solução técnica para melhoria / Lucas Fernandes de Moura. – 2018.
19 f : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico Subsequente em Estradas) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte,
Natal, 2018.

Orientadora: Prof.^a Sarah Araújo Costa.

1. Estradas. 2. Interseção urbana. 3. Sinalização vertical e horizontal –
Avenidas. 4. Dimensionamento semafórico. I. Costa, Sarah Araújo. II. Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU: 625.7

LUCAS FERNANDES DE MOURA

**ESTUDO DE INTERSEÇÃO URBANA: DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE
SOLUÇÃO TÉCNICA PARA MELHORIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Estradas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Técnico em Estradas.

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em 20/11/2018 pela seguinte Banca Examinadora:

Prof.^a Sarah Araújo Costa – Orientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof.Dr.Edilberto Vitoriano De Borja – coordenador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso apresenta o estudo de uma interseção urbana, localizada no bairro de Neópolis, em Natal/RN. O estudo foi dividido em diagnóstico e solução paramelhoria. Para a elaboração do estudo foram realizados levantamentos de campo e pesquisa de tráfego, com o objetivo de subsidiar a aplicação de metodologia para implantação de um semáforo no local. O estudo indica a implantação de semáforo, sinalização vertical e sinalização horizontal, e ajustes geométricos no canteiro, como propostas que poderão melhorar a circulação de veículos e pessoas no local, e reduzir o risco de acidentes.

Palavras-chave: interseção; sinalização; segurança; semáforo.

ABSTRACT

This course conclusion work presents the study of an urban intersection, located in the neighborhood of Neópolis, in Natal/RN. The study was resolved into diagnosis and solution to. For the elaboration of the study, field surveys and traffic research were carried out, with the objective of subsidizing the application of methodology for the implantation of a traffic light in the place. The study indicates the implementation of traffic lights, vertical and horizontal signaling, and geometric configurations cannot be made, as proposals that can improve the movement of vehicles and people in the place, and reduce the risk of accidents.

Keywords: intersection; signaling; safety; semaphore.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	CARACTERIZAÇÃO DA INTERSEÇÃO	7
2.1	LEVANTAMENTO DE DADOS – CONTAGEM VOLUMÉTRICA	9
3	CÁLCULO DOS TEMPOS SEMAFÓRICOS	12
4	CONCLUSÃO	18
	REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

Em Natal, capital do Rio Grande do Norte, observa-se diariamente intenso congestionamento de veículos. A área em estudo está localizada no bairro de Neópolis, na interseção onde chegam as avenidas São João Del Rey e São Miguel dos Caribes, é um desses pontos críticos. Nos horários de pico, que apresentam os maiores volumes de tráfego, o entrelaçamento entre os movimentos realizados por veículos na interseção, produzem atrasos e riscos de acidentes.

Com o estudo realizado em campo, tentamos encontrar soluções técnicas capazes de amenizar ou mesmo resolver questões como essa e, assim, promover a melhoria na qualidade de vida das pessoas. Trabalho que partiu de informações coletadas nos dias 15/06/2018, e foram observados aspectos de segurança viária, geometria da interseção, sinalização, movimentos permitidos e entre outros. Além disso foi realizada pesquisa de contagem volumétrica classificatória direcional para coleta de dados sobre o volume de tráfego na interseção.

A partir dos dados coletados, foram definidos elementos de cálculos tais como a saturação em cada aproximação e tempo de entrelaçamento para o dimensionamento de semáforo. O objetivo do semáforo é o de organização dos fluxos no local, oferecendo maior segurança aos usuários da interseção com menor tempo de espera.

Este trabalho de conclusão de curso é uma oportunidade para realizar uma pesquisa sobre o assunto e apresentar uma solução viável para tentar resolver ou minimizar o problema de tráfego da área em questão. Assim, tendo como objetivo apresentar a proposta de reconfiguração da interseção existente, como solução satisfatória para o problema de tráfego no cruzamento das avenidas São João Del Rey e São Miguel dos Caribes.

Por tratar-se de um trabalho de demanda levantamento de campo e realização de pesquisa de tráfego, o que exige a participação de uma equipe de pesquisadores, o trabalho foi desenvolvido em grupo de 04 (quatro) alunos, que realizaram em conjunto os levantamentos e pesquisas e elaboraram em parceria o relatório.

2 CARACTERIZAÇÃO DA INTERSEÇÃO

A interseção foi escolhida por conter uma interseção que apresenta elevado volume e conflitos de trânsito. Localiza-se nas avenidas São João Del Rey e São Miguel dos Caribes, no bairro de Neópolis, em Natal/RN, mostrada no mapa de localização.

Figura 1 – Localização da interseção estudada



Fonte: Google Earth (2018).

O local em estudo é provido de estrutura de pavimento flexível, com duas faixas de tráfego para as aproximações da Av. São Miguel dos Caribes e uma única faixa na aproximação da Av. São João Del Rey. Em nenhuma das aproximações existem sinalizações verticais indicando parada obrigatória, preferência ou movimentos proibidos. A sinalização horizontal também é inexistente, o que torna a travessia de pedestres bastante insegura (não há faixa de pedestres).

Sua iluminação é precária, obtendo aos usuários uma boa visualização apenas quando trafegam durante o dia. Quando a interseção atinge seu horário de alto volume, por volta das

17:00 da tarde às 19:00 da noite a luminosidade do ambiente diminui, pois há pouca quantidade de postes presentes no local, aumentando assim os riscos de acidentes.

As imagens a seguir apresentam registro fotográfico da interseção.

Figura 2 – Av. São Miguel dos Caribes – ausência de sinalização



Fonte: Elaboração própria em 2018.

Figura 3 – Av. São Miguel dos Caribes – ausência de sinalização



Fonte: Elaboração própria em 2018.

Figura 4 – Av. São Miguel dos Caribes – ausência de sinalização



Fonte: Elaboração própria em 2018.

Figura 5 – Av. São Miguel dos Caribes – ausência de sinalização



Fonte: Elaboração própria em 2018.

Figura 6 – Av. São Miguel dos Caribes – ausência de sinalização



Fonte: Elaboração própria em 2018.

Figura 7 – Av. São Miguel dos Caribes – ausência de sinalização



Fonte: Elaboração própria em 2018.

2.1 LEVANTAMENTO DE DADOS – CONTAGEM VOLUMÉTRICA

Para levantamento de dados sobre os volumes de tráfego em cada movimento realizado na interseção foram realizadas pesquisas de contagem volumétrica classificatória.

“A pesquisa de contagem volumétrica classificatória consiste na observação e contabilização de todos os veículos que passam por uma seção da via por um determinado período de tempo, a cada quinze minutos dentro do período de hora, classificando-os pelo sistema de classificação de veículos representativos recomendado pelo Manual de Estudos de Tráfego do DNIT” (BRASIL, 2006, p. 51-55). A partir dos dados das contagens volumétricas classificatórias é possível a análise dos volumes de tráfego existentes, os períodos de pico e a composição da frota.

A contagem foi realizada no dia 11/07/2018, quarta-feira, no período de pico da tarde, entre as 17:00 h às 19:00 h. A equipe que realizou a contagem era composta por 04 pesquisadores, que utilizaram os formulários e contadores manuais para auxiliar a coleta de dados. As instruções básicas para a realização das contagens volumétricas manuais estão consubstanciadas nas recomendações do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (BRASIL, 2006).

A partir dos dados coletados foi analisado, dentro do período de duas horas

pesquisadas, qual a faixa horária que apresenta o maior volume de tráfego. Para a determinação do volume de tráfego por movimento em “unidade de carro de passeio – UCP” foram adotados os seguintes fatores de equivalência: bicicleta (0,3), moto (0,5), carro (1,0),

micro (1,5), ônibus (1,5), caminhão (1,5) e carreta (2,0).

A figura 2 a apresenta vetores de movimentos de giros nos quais identificam-se os sentidos dos movimentos e astabelas a seguir apresentam os resultados da contagem, em unidade de transporte misto (UTM) e unidade de carro de passei (UCP), e por tipo de veículos de cada aproximação, na faixa horária de maior volume, que foi registrada em diferentes horários de acordo com as aproximações, determinando o fator de hora pico para cada aproximação.

Figura 8 – Movimentos permitidos na interseção



Fonte: Google Earth (2018)

As aproximações dos movimentos estão representadas na tabela abaixo.

Tabela 1 – Pesquisa de contagem volumétrica classificatória – resultados para a aproximação 02

Tipo/ Volume		Movimento aproximação 2										Fator de equivalência	Total UCP
		17:10/ 17:25	17:25/ 17:40	17:40/ 17:55	17:55/ 18:10	18:10/ 18:25	18:25/ 18:40	18:40/ 18:55	18:55/ 19:10	Total UTM			
Passeio	BICI	7	3	5	1	2	4	3	1	26	0,3	8	1.024
	MOTO	32	23	34	43	38	42	36	31	279	0,5	140	
	PASSEIO	89	124	109	111	132	108	99	105	877	1,0	877	
Coletiva	MICRO	1	1	1	2	1	1	0	0	7	1,5	11	35
	ONIBUS	1	4	1	2	0	3	0	1	12	2,0	24	
Carga	CAMINHA	1	2	3	1	0	0	0	2	9	2,0	18	20
	CARRETA	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2,0	2	
Total UTM		132	157	153	160	173	158	138	140	1.211			
Total UCP		115	150	137	142	153	138	118	127	1.079			
Total UCP hora pico										582			
Fator de Hora Pico (FHP)										0,9500			

Fonte: Elaboração própria em 2018.

Tabela 2 – Pesquisa de contagem volumétrica classificatória – resultados para a aproximação 03

Tipo/ Volume		Movimento aproximação 3									Fator de equivalência	Total UCP	
		17:10/ 17:25	17:25/ 17:40	17:40/ 17:55	17:55/ 18:10	18:10/ 18:25	18:25/ 18:40	18:40/ 18:55	18:55/ 19:10	Total UTM			
Passeio	BICI	0	0	1	1	1	5	2	2	12	0,3	4	341
	MOTO	4	6	9	6	11	2	3	6	47	0,5	24	
	PASSEIO	31	36	44	35	55	47	25	41	314	1,0	314	
Coletiva	MICRO	2	1	0	0	1	0	0	1	5	1,5	8	42
	ONIBUS	0	3	2	2	1	4	3	2	17	2,0	34	
Carga	CAMINHAO	0	0	1	1	0	0	0	1	3	2,0	6	6
	CARRETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,0	0	
Total UTM		37	46	57	45	69	58	33	53	398			
Total UCP		36	47	55	44	64	58	33	52	389			
Total UCP hora pico										221			
Fator de Hora Pico (FHP)										0,8589			

Fonte: Elaboração própria em 2018.

3 CÁLCULO DOS TEMPOS SEMAFÓRICOS

Através de estudos realizados nos dias 15/06/2018 e 11/07/2018 na interseção das avenidas São João Del Rey e São Miguel dos Caribes no bairro de Neópolis zona sul de Natal constatou-se que, dentre os problemas já citados, como: mau dimensionamento geométrico das vias, falta de sinalização vertical e horizontal, má iluminação e falta de semáforo entre outros, o problema semafórico e a falta de geometria adequada das vias é de maior relevância, visto que, nos horários de maior fluxo de veículos o congestionamento é elevado causando desconforto nos usuários que ali trafegam. Dessa maneira optou-se por dar ênfase no projeto de dimensionamento semafórico e a descrição sucinta sobre como melhorar a geometria viária da área estudada.

Para o dimensionamento semafórico foi utilizado os dados obtidos no dia 11/07/2018 entre às 17:10 e 19:10 do mesmo dia, no qual obteve-se a quantidade de veículos para cada movimento.

Com a quantidade de veículos em cada movimento foi gerado as aproximações de cada movimento visto na tabela “aproximação dos movimentos”.

Após gerado a aproximação dos movimentos utilizou-se a tabela de “capacidade e nível de serviço” a fim de determinar a saturação de cada aproximação.

A saturação é dada através da fórmula:

$$S = S_0 N f_l f_{VP} f_g f_e f_b f_a f_{gd} f_{ge}$$

Onde:

$S_0 = 1900$;

N é o número de faixas do grupo de faixas;

f_l é o fator de ajuste devido à largura das faixas;

f_{VP} é o fator de ajuste devido à percentagem de veículos pesados na corrente de tráfego;

f_g é o fator de ajuste devido ao greide da aproximação;

f_e é o fator de ajuste para a existência de estacionamento na via;

f_b é o fator de ajuste para o bloqueio provocado pelas paradas de ônibus;

f_a é o fator de ajuste devido à área em que se localiza a interseção;

f_{gd} é o fator de ajuste devido às manobras de giro à direita existentes no grupo de faixas;

f_{ge} é o fator de ajuste para as manobras de giro à esquerda no grupo de faixas.

Os fluxos de saturação calculados foram multiplicados por 0,5, referente ao tempo de espera necessário para vencer a interseção, já que não existe semáforo no local. Considerou-se um tempo parado na interseção igual para as duas avenidas.

Com o resultado da saturação foi feito os cálculos para a obtenção de: tempo entreverdes, demanda de tráfego nas aproximações, taxa de ocupação, tempo de ciclo mínimo e ótimo e tempos de verde.

Tempo entreverdes: Intervalo de tempo entre estágios sucessivos (no qual ocorre a alteração do conjunto de movimentos autorizados e bloqueados).

Intervalo de tempo compreendido entre o final do verde de um estágio e o início do verde do estágio subsequente. É formado pelas seguintes parcelas: • tempo de amarelo = T_a (depende da velocidade regulamentada para a via). Em nosso estudo foi de 50km/h para todas as aproximações.

- Tempo de vermelho geral = T_{vg} (depende das dimensões do cruzamento)

$$entreverdes = T_a + T_{vg}$$

- Tempo de amarelo:

$$T_a = T_{pr} + v/2(A_{ad} + \bar{f}i \cdot g)$$

Onde:

T_{pr} = tempo de percepção e reação do condutor (+/- 1 segundo) ; v = velocidade do veículo, em m/s;

A_{ad} = máxima taxa de frenagem admissível em via plana, em m/s^2 (+/- 3s) i = inclinação da via na aproximação (m/m);

g = aceleração da gravidade ($9,8 m/s^2$). Ou através da tabela:

Tabela 3– Determinação do tempo de amarelo

Velocidade máxima (km/h)	Tempo de amarelo (s)
≤ 40	3
50	4
60	4
70	5
80	5

Fonte: Elaboração Propria em 2018.

Adotou-se tempo de amarelo de 4 segundos.

Tempo de Vermelho Geral: Tvg é o tempo necessário para o veículo que, tendo cruzado a linha de retenção no final do amarelo, saia da zona de conflito (distância entre a linha de retenção e o final da interseção).

Seguinte fórmula:

$$Tvg = \frac{(d2 + c)}{v}$$

Onde:

$d2$ = extensão da trajetória do veículo entre a linha de retenção e o término da área de conflito, em metros;

c = comprimento do veículo, em metros; utilizado ônibus padrão de dois eixos com 14 metros de comprimento.

v = velocidade do veículo, em m/s.

$$v = \frac{50}{3,6} = 13,88m/s$$

$$Tvg = \frac{(28 + 14)}{13,88} = Tvg = 3,02 \quad Tvg = 3 \text{ segundos}$$

Dessa maneira o tempo entreverdes será:

$$\text{entreverdes} = 3 + 4 = 7 \text{ segundos}$$

Demanda de tráfego em cada aproximação

Aproximação 1 = 537 ucp/h

Aproximação 2 = 582 ucp/h

Aproximação 3 = 221 ucp/h

Taxa de ocupação de cada aproximação

$$To = \frac{q}{S}$$

Onde:

To = taxa de ocupação da aproximação;

q = demanda (fluxo horário) da aproximação;

S = fluxo de saturação da aproximação

Obs.: O fluxo de saturação será metade do encontrado na tabela “capacidade e nível de serviço” pois o atual trecho não implica em via contínua, e sim numa interseção no qual os veículos precisam reduzir suas velocidades até parar. Então:

$$S1 = 0,5 \times 3474,492 = 1737,246$$

$$S2 = 0,5 \times 3410,6748 = 1705,3374$$

$$S3 = 0,5 \times 1705,3374 = 852,6687$$

$$To1 = \frac{537}{1737,246} = 0,3091$$

$$To2 = \frac{582}{1705,3374} = 0,3413$$

$$To3 = \frac{221}{852,6687} = 0,2592$$

Tempo de ciclo mínimo e tempo de ciclo ótimo

Dado por:

$$C_{\text{mín.}} = \frac{TP}{1 - y}$$

$$C_{\text{mín.}} = \frac{(1,5 \times TP) + 5}{1 - y}$$

Onde:

$C_{\text{mín.}}$ = Tempo de ciclo mínimo (seg);

TP = Tempo perdido total, soma do tempo de amarelo da fase 1, tempo de amarelo fase 2 e vermelho geral (seg);

Y = Somatório das taxas de ocupação crítica de cada fase da interseção; $C_{\text{ótimo}}$ = Tempo de ciclo ótimo (seg).

Então:

$$TP = 3 + 4 + 3 + 4 = 14 \text{ segundos}$$

$$Y = 0,2592 + 0,3413 = 0,6005$$

$$C_{\text{mín.}} = \frac{14}{1 - 0,6005} = 35,04 \text{ segundos}$$

$$C_{\text{mín.}} = \frac{(1,5 \times 14) + 5}{1 - 0,6005} = 65,08 \text{ segundos}$$

Alocação do tempo de verde

$$G_{ef} = T_o \times C$$

Onde:

T_o = taxa de ocupação crítica entre os movimentos do estágio;

C = tempo de ciclo total.

C adotado de 60 segundos.

Para a Avenida São Miguel dos Caribes adotou-se a taxa de ocupação máxima entre as duas aproximações (1 e 2), de 0,3413.

$Gef\ mínimo = 0,3413 \times 60 = 20,5\ segundos \rightarrow$ Adotou-se $Gef = 26$ segundos

Para a Avenida São João del Rey, a taxa de ocupação calculada foi de 0,2592.

$Gef\ mínimo = 0,2592 \times 60 = 15,5\ segundos \rightarrow$ Adotou-se $Gef = 20$ segundos

As ilustrações a seguir apresentam o diagrama de fases e tempos semafóricos calculados.

Figura 9 – Fluxograma de fases



Fonte: Google Earth (2018).

4 CONCLUSÃO

O estudo revela que é necessário o tratamento da interseção a fim de organizar os movimentos e conflitos de tráfego existentes na interseção e promover a segurança dos deslocamentos, tanto de veículos quanto de pedestres. Como propostas, o estudo indica a implantação de sinalização, a saber: placas de sinalização vertical (de regulamentação de movimentos permitidos e de faixas de pedestres); pintura de faixas de sinalização horizontal para organização dos fluxos (faixas de retenção e de divisão de fluxos); pintura de faixas de travessia para pedestres; colocação de um semáforo de duas fases.

A implantação do semáforo visa a separação dos conflitos da interseção no tempo evitando, assim, colisões e acidentes. Para um melhor aproveitamento do tempo e menor impacto sobre a capacidade da via, optou-se por semáforo com apenas 02 fases. Isto só é possível se o movimento de retorno for segregado dos demais movimentos da interseção através da criação de faixa exclusiva e protegida pra retorno, utilizando área disponível no canteiro central.

O estudo se concentrou no dimensionamento dos tempos semaforicos, a partir de metodologia apresentada em sala de aula, na disciplina de Tráfego e Transporte, e utilizando dados de pesquisa de tráfego realizada. As demais propostas foram tratadas em nível de sugestão, baseadas nas orientações recebidas ao longo da pesquisa de extensão.

Como continuidade do estudo, sugere-se o refinamento das propostas e elaboração de projetos que, por sua vez, demandam levantamentos topográficos.

Por fim, podemos concluir que o trabalho desenvolvido proporcionou aos alunos participantes a oportunidade de aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, especialmente da disciplina de Tráfego e Transporte.

REFERÊNCIAS

BHTRANS. **Traffic calming**: manual de medidas moderadoras do tráfego. Belo Horizonte: BHTRANS, [2013]. Disponível em: http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublicodl/Temas/BHTRANS/manual-traffic-calming-2013/manual_traffic_calming.pdf. Acesso em: 22 agosto 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestruras de Transporte. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. (Publicação IPR - 723). Disponível em <https://www.gov.br/dnit/pt-br>. Acesso em: 22 agosto 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestruras de Transporte. **Manual de estudos de sinalização rodoviária**. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2010. (Publicação IPR - 743). Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br>. Acesso em: 22 agosto 2018.

SILVA, Paulo Cesar Marques da. **Engenharia de Tráfego**: análise de capacidade de interseções em nível. Brasília, DF: UnB, 1994. (Apostila). Disponível em: https://www.academia.edu/6056322/62669558_Analise_da_Capacidade_Intersecao_em_Nive l?auto=download Acesso em: 22 agosto 2018.

Google Earth. 2018 Disponível em: https://google-earth.gosur.com/?gclid=CjwKCAiAsNKQBhAPEiwAB-I5zSP5MICsNxie5LswJQ1J3C1xoZZTH_8PyOOwdscAnHM4jX9TVwZbbBoCl30QAvD_Bwe. Acesso em: 22 agosto 2018.