

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAQUEL CAROLINA WESSELING

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DE TRÁFEGO DE UMA ROTATÓRIA NA  
CIDADE DE TOLEDO NO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO-PR

2018

RAQUEL CAROLINA WESSELING

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DE TRÁFEGO DE UMA ROTATÓRIA NO  
MUNICÍPIO DE TOLEDO, NO ESTADO DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel, do curso de  
Engenharia Civil, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. MSc. Patrícia Cristina  
Steffen.

Coorientador: Prof. MSc. Lucas Lauer  
Verdade.

TOLEDO-PR

2018



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 147

### **Análise da Capacidade de Tráfego de uma Rotatória no Município de Toledo, no estado do Paraná**

por

**Raquel Carolina Wesseling**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 8:20 h do dia **04 de Junho de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

---

Prof<sup>a</sup> MSc. Renathielly Fernanda da Silva  
(UTFPR – TD)

---

Fabiano de Paula Leite Faria  
(Engenheiro de Trânsito)

---

Prof. MSc. Lucas Lauer Verdade  
(UTFPR – AP)  
Coorientador

---

Prof<sup>a</sup> MSc. Patrícia Cristina Steffen  
(UTFPR – TD)  
Orientadora

---

Visto da Coordenação  
Prof. Dr. Fúlvio Natércio Feiber  
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## DEDICATÓRIA

*A Deus acima de tudo, às duas mulheres que me ensinaram tudo na vida, minha mãe Leila e minha avó Erna, e ao meu namorado Luiz Paulo.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo a Deus, por sempre me guiar e por ter me dado saúde e força para superar todas as barreiras.

Agradeço especialmente à minha mãe Leila e à minha avó Erna por todo apoio e ensinamento durante toda a minha vida, são o exemplo de mulheres guerreiras que me mostraram como podemos ser fortes.

À minha orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso I, Prof<sup>a</sup> MSc. Patrícia Casarotto de Oliveira, por ter depositado sua confiança em mim e por todo o conhecimento transmitido.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> MSc. Patrícia Cristina Steffen e ao meu Coorientador Prof<sup>o</sup> MSc. Lucas Lauer Verdade, pela dedicação e boa vontade em me orientar, transmitindo o conhecimento de maneira paciente em todas as etapas deste trabalho.

À Secretaria de Segurança e Trânsito da Prefeitura Municipal de Toledo, pela parceria firmada e por todo o suporte prestado. Especialmente ao secretário João Vianezi Crespão, ao diretor de trânsito Sidney Fernando Kuhn e ao engenheiro de trânsito Fabiano de Paula Leite Faria, pela constante disponibilidade em ajudar.

Ao setor de Planejamento da Prefeitura Municipal de Toledo, por contribuírem com as informações necessárias.

Aos proprietários do Posto Rotatória, Fernando e Cristiano, por cederem o espaço para a realização deste trabalho e por estarem sempre à disposição.

À minha melhor amiga Bianca Leonessa, que mesmo longe foi sempre presente em todas as fases da minha graduação, prestando apoio incondicional, me motivando e me passando confiança para seguir em frente.

A todos os meus amigos que me auxiliaram de alguma forma, especialmente minhas amigas Franciele Rodrigues e Adriana Elisabete Limberger, e meu irmão Rodrigo Henrique Wesseling.

Ao meu namorado Luiz Paulo Massuia, por toda a paciência, dedicação e ilimitado apoio nestes últimos anos, me oferecendo todo o suporte emocional e confiança necessária para me manter focada e dedicada.

E agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desta graduação e para a realização deste trabalho.

*“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui. Nunca desista de seus objetivos, mesmo que estes pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitoriosa”.*

(Albert Einstein)

## RESUMO

Neste trabalho é analisada a capacidade de fluxo e desempenho da rotatória localizada na interseção da Avenida Maripá com a Rua são João na cidade de Toledo no Paraná. Diante do cenário de grandes volumes de tráfego, constante formação de filas e lentidão no trânsito na rotatória, verificou-se a necessidade da avaliação da capacidade de tráfego, a fim de definir o nível de serviço e apresentar possíveis soluções para amenizar os problemas locais. Para tanto, seguiu-se duas vertentes de pesquisa, o levantamento das características geométricas e a contagem do fluxo de veículos nos horários de pico. Além disso, definiu-se a matriz O/D para cada hora pico e calculou-se a capacidade e o nível de serviço utilizando o método alemão indicado pelo DNIT. A rotatória foi classificada com nível de serviço B no horário de pico do almoço, já no horário de pico da tarde com nível de serviço F. Verificou-se também que o dispositivo não atende a todas as dimensões mínimas recomendadas para os elementos geométricos. Concluiu-se que a interseção necessita de intervenções e em razão disso, sugeriu-se três alternativas a curto, médio e longo prazo.

**Palavras chave:** Análise de fluxo, Rotatória, Nível de Serviço, Matriz O/D, Pesquisas de Tráfego.



## ABSTRACT

This paper analyzes the flow capacity and performance of the roundabout located at the intersection of Maripá Avenue and São João Street in the city of Toledo, Paraná. In consideration of the scenario of large volumes of traffic, constant queuing and slow movement in the roundabout, it was necessary to assess the traffic capacity in order to define the level of service and to present possible solutions to reduce local problems. To fulfil these paper goals, two research plans were followed: the survey of the geometric characteristics, and the counting of the flow of vehicles in the peak hours. In addition, the O/D matrix was defined for each peak hour and the capacity and service level were calculated using the German method indicated by the DNIT. The roundabout was rated as service level B at lunch peak time and service level F at the evening peak. It was also observed that the design does not meet all minimum recommended dimensions for the geometric elements. It was concluded that the intersection requires interventions and because of this, three alternatives were suggested in a short, medium and long-term.

**Key-words:** Flow capacity, Roundabout, Level of Service, O/D Matrix, Traffic Research.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pontos de conflitos na interseção de quatro ramos e na rotatória de uma faixa de tráfego.....	26
Figura 2 – Rotatória Moderna e suas características .....	32
Figura 3 – Movimentos Típicos das Rotatórias .....	34
Figura 4 – Rotatória Urbana com duas faixas de tráfego .....	36
Figura 5 – Elementos Geométricos de uma Rotatória Moderna.....	37
Figura 6 – Dimensões de Giro necessárias para Rotatórias Urbanas de uma Faixa	38
Figura 7 – Detalhes Geométricos da Entrada das Rotatórias .....	39
Figura 8 – Detalhes Geométricos da Ilha Divisória .....	41
Figura 9 – Critérios de Visibilidade.....	42
Figura 10 – Seção Transversal de uma Rotatória.....	43
Figura 11 – Travessia de Pedestres em Rotatórias .....	44
Figura 12 – Fluxos de Tráfego em uma Rotatória.....	45
Figura 13 – Capacidade das entradas na rotatória .....	48
Figura 14 – Fator de Redução (fi) para considerar a influência da travessia de pedestres de uma entrada com uma faixa de tráfego em uma rotatória com uma faixa de tráfego .....	49
Figura 15 - Fator de Redução (fi) para considerar a influência da travessia de pedestres de uma entrada com duas faixas de tráfego em uma rotatória com duas faixas de tráfego.....	49
Figura 16 – Tempo Médio de Espera .....	50
Figura 17 – Fluxograma referente ao Desenvolvimento da Pesquisa .....	53
Figura 18 - Rotatória escolhida para o estudo de caso .....	54
Figura 19 – Local de instalação da câmera de videomonitoramento .....	55
Figura 20 – Equipamento para medida, trena analógica de rodas.....	58
Figura 21 – Vista da rotatória da esquinada Avenida Maripá com a Avenida Senador Atílio Fontana – Lado esquerdo superior chegada da Rua São João .....	66
Figura 22 – Vista da rotatória pelo acesso da Avenida Senador Atílio Fontana.....	66
Figura 23 – Ângulos de entrada em cada ramo da rotatória .....	68
Figura 24 – Posição da faixa de pedestre no acesso da Avenida Maripá (bairro).....	69

Figura 25 – Ilha canalizadora com vagas de estacionamento no acesso da Avenida Maripá (centro).....	70
Figura 26 – Visibilidade comprometida do anel pelo acesso da Rua São João .....	71
Figura 27 – Visibilidade comprometida do anel pelo acesso da Avenida Maripá (centro) .....	72
Figura 28 – Visibilidade comprometida do critério de parada pelo acesso da Avenida Maripá (centro).....	73
Figura 29 – Visibilidade comprometida do critério de parada pelo acesso da Avenida Maripá (centro).....	73
Figura 30 – Guia rebaixada na esquina da Avenida Senador Atílio Fontana com a Avenida Maripá, onde funciona atualmente uma mecânica .....	75
Figura 31 – Guia rebaixada na esquina da Avenida Maripá (bairro) com a Rua São João, onde funciona uma revenda de veículos .....	75
Figura 32 – Guia rebaixada na esquina da Avenida Maripá (centro) com a Avenida Senador Atílio Fontana, onde funciona um posto de combustível.....	76
Figura 33 – Maior veículo identificado durante as filmagens.....	76
Figura 34 – Movimentos possíveis na rotatória numerados e separados por cada acesso.....	78
Figura 35 – Identificação dos fluxos de tráfego da rotatória .....	83
Figura 36 – Formação de filas na rotatória no pico da tarde .....	88
Figura 37 – Formação de filas na rotatória no pico da tarde .....	89
Figura 38 – Localização dos cruzamentos semaforizados .....	92

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de Rotatórias Urbanas e suas características de Projeto .....	35
Quadro 2 – Exemplo Matriz de origem/destino .....	46
Quadro 3 – Fatores de Equivalência em unidades de carro de passeio (UCP) .....	46
Quadro 4 – Níveis de serviço em função do tempo de espera.....	51
Quadro 5 – Frota de veículos no município de Toledo-PR.....	61
Quadro 6 – Projeção da frota de veículos de Toledo-PR.....	62
Quadro 7 – Acidentes no cruzamento da Avenida Maripá com Rua São João (Janeiro a Dezembro de 2017 / Janeiro a Fevereiro de 2018) .....	63
Quadro 8 – Comparativo dos valores de diâmetro total e ilha central .....	65
Quadro 9 – Inclinação berma galgável e altura da ilha central.....	67
Quadro 10 – Comparativo dos valores da LE, LS e ângulo de entrada .....	67
Quadro 11 – Critérios de visibilidade.....	74
Quadro 12 – Dias de filmagem e os fatores observados para considerar ou não na contagem de veículos .....	77
Quadro 13 – Ramos da rotatória e numeração de acesso fornecida .....	79
Quadro 14 – Horas de pico definidas para a contagem dos próximos dias .....	80
Quadro 15 – Valores totais médios calculados para cada hora pico.....	81
Quadro 16 – Matriz O/D pico do almoço a partir dos volumes médios.....	82
Quadro 17 – Matriz O/D pico da tarde a partir dos volumes médios .....	82
Quadro 18 – Matriz O/D pico do almoço e soma dos arcos ki e entradas zi .....	84
Quadro 19 – Matriz O/D pico da tarde e soma dos arcos ki e entradas zi .....	84
Quadro 20 – Cálculo da capacidade básica $G_i$ para o pico do almoço .....	85
Quadro 21 – Cálculo da capacidade básica $G_i$ para o pico da tarde.....	85
Quadro 22 – Cálculo da capacidade de entrada ( $C_i$ ) e capacidade residual ( $R_i$ ) para o pico do almoço .....	85
Quadro 23 – Cálculo da capacidade de entrada ( $C_i$ ) e capacidade residual ( $R_i$ ) para o pico da tarde.....	86
Quadro 24 – Tempo médio de espera e nível de serviço de cada acesso no pico do almoço.....	86
Quadro 25 – Tempo médio de espera e nível de serviço de cada acesso no pico da tarde .....	86

Quadro 26 – Tempo médio de espera e nível de serviço da Rotatória .....	88
Quadro 27 – Adequação dos elementos geométricos da rotatória.....	90

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise da taxa de crescimento anual da frota de veículos do município de Toledo-PR.....	62
Gráfico 2 - Volume de veículos em UCP ao longo do dia 10 de abril, terça-feira.....	79
Gráfico 3 - Volume de veículos em UCP/h.....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BATEU	Boletim de Acidente Online
B	Bicicleta
CO	Ônibus e Caminhão
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DCI	Diâmetro Circular Inscrito
DER	Departamento de Estradas e Rodagens
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FHP	Fator Hora Pico
FHWA	<i>Highway Capacity Manual</i>
LE	Largura de entrada
LS	Largura de saída
M	Motocicletas
O/D	Origem Destino
PM	Polícia Militar
RE	Raio de entrada
RS	Raio de saída
SI	Sem Informação
SR/RE	Semirreboque e Reboque
TME	Tempo Médio de Espera
TMER	Tempo Médio de Espera Rotatória
UCP	Unidade Carro de Passeio
VHP	Volume Horário de Projeto
VMD	Volume Médio Diário
VP	Veículo de passeio

## LISTAS DE SÍMBOLOS

$\Phi$	Ângulo de entrada
$Z_i$	Volume de tráfego que chega pelo acesso “ $i$ ”
$K_i$	Volume de tráfego que passa pelo arco “ $i$ ” da rotatória
$G_i$	Capacidade básica da entrada “ $i$ ”
$n_{ki}$	Número de faixas de tráfego na pista rotatória antes da entrada “ $i$ ”
$n_{zi}$	Número de faixas de tráfego na entrada “ $i$ ”
$t_g$	Valor médio do intervalo mínimo entre veículos na rotatória
$t_f$	Valor médio do intervalo entre dois veículos sucessivos da entrada
$t_{min}$	Valor mínimo do intervalo entre dois veículos da rotatória
$f_i$	Fator de pedestres
$F_{g_i}$	Volume de pedestres que atravessam o acesso “ $i$ ”
$C_i$	Capacidade de entrada “ $i$ ”
$R_i$	Capacidade residual “ $i$ ”



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	JUSTIFICATIVA.....	20
1.2	OBJETIVOS .....	21
1.2.1	Objetivo Geral.....	21
1.2.2	Objetivos Específicos .....	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	23
2.1	SISTEMA VIÁRIO URBANO .....	23
2.1.1	Vias Urbanas .....	24
2.1.2	Interseções .....	25
2.1.3	Sinalização .....	26
2.2	PESQUISAS DE TRÁFEGO.....	27
2.2.1	Volumes de Tráfego .....	27
2.2.2	Contagens Volumétricas.....	29
2.3	ROTATÓRIAS – CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS .....	31
2.4	ROTATÓRIAS MODERNAS.....	32
2.4.1	Tipos de Rotatórias Modernas Urbanas .....	34
2.4.2	Elementos Geométricos .....	36
2.4.3	Capacidade de uma Rotatória Urbana .....	44
3	METODOLOGIA.....	53
3.1	LOCAL DE ESTUDO .....	53
3.2	PESQUISAS DE TRÁFEGO.....	54
3.2.1	Contagem de 24 horas .....	56
3.2.2	Contagem horário de pico .....	56
3.2.3	Cálculo da capacidade da rotatória .....	56
3.3	COLETA DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS .....	57
3.4	COLETA DE INFORMAÇÕES LOCAIS.....	58
4	RESULTADOS .....	60
4.1	INFORMAÇÕES LOCAIS.....	60
4.1.1	Frota de veículos .....	60
4.1.2	Acidentes de trânsito .....	63
4.1.3	Dados sobre o projeto da rotatória .....	63
4.2	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	64

4.2.1	Dimensão geral da rotatória e da ilha central .....	64
4.2.2	Geometria dos ramos de acesso .....	67
4.2.3	Ilhas canalizadoras e faixas de pedestres .....	69
4.2.4	Critérios de visibilidade .....	71
4.2.5	Outros fatores comparados .....	74
4.3	PESQUISAS DE TRÁFEGO: CÁLCULO DA CAPACIDADE.....	77
4.3.1	Contagem de 24 horas e definição da hora pico .....	79
4.3.2	Contagem nos horários de pico e matriz O/D .....	81
4.3.3	Cálculo da capacidade e nível de serviço da rotatória.....	83
4.4	MELHORIAS PROPOSTAS PARA A ROTATÓRIA .....	89
4.4.1	Curto prazo: melhoria na sinalização e geometria da rotatória.....	89
4.4.2	Médio prazo: controle de fluxo através de sincronização semafórica.....	91
4.4.3	Longo prazo: análise de uma nova configuração na interseção .....	93
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	95
	REFERÊNCIAS .....	97
	APÊNDICE A – PLANILHAS CONTAGEM 24 HORAS POR TIPO DE VEÍCULO E EM UCP 100	
	APÊNDICE B – PLANILHA DE CONTAGEM DOS HORÁRIOS DE PICO POR TIPO DE VEÍCULO E UCP.....	101
	APÊNDICE C – MATRIZ O/D DE TODOS OS TIPOS DE VEÍCULOS PARA CADA HORÁRIO DE PICO .....	102
	ANEXO A – MAPA DO SISTEMA VIÁRIO URBANO DE TOLEDO COM A HIERARQUIZAÇÃO DAS VIAS.....	104
	ANEXO B - PROJETO ARQUITETÔNICO DA ROTATÓRIA ELABORADO PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE TOLEDO EM 2007 .....	105
	ANEXO C – MODELO PLANILHA DE CONTAGEM.....	106

## 1 INTRODUÇÃO

A área urbana vem crescendo muito nos últimos anos, e em alguns casos não é possível aliar a rápida expansão com um planejamento urbano adequado. Conseqüentemente as regiões centrais das cidades ficam sobrecarregadas e enfrentam problemas para suprir a demanda de veículos e da população.

Um dos principais problemas observados é no trânsito dos centros urbanos, aonde o aumento da frota de veículos vem causando a saturação do sistema viário, expressa na ocorrência de vários pontos congestionados, velocidades baixas, aumento do tempo de viagem e aumento nos índices de acidentes de trânsito. Essa falha na dinâmica urbana reflete negativamente no cotidiano dos usuários das vias de tráfego, como afirma Millack (2014) a falta de mobilidade urbana influencia diretamente na qualidade de vida das pessoas. Também podemos destacar que segundo Souza (2014) a questão da importância da mobilidade urbana não está ligada somente ao simples fato de realizar um deslocamento de um ponto a outro, mas sim conseguir realizá-lo de forma segura, eficiente e com qualidade.

Um sistema viário urbano devidamente planejado e executado é capaz de suprir o tráfego de uma cidade, mantendo a fluidez e a segurança no trânsito. Essa tem sido uma das maiores preocupações do setor da engenharia de tráfego, ser capaz de manter o trânsito dentro dos níveis aceitáveis de funcionamento, operando com condições regulares e oferecendo segurança aos seus usuários.

Visto que na maioria dos casos o sistema viário já está implantado e operando em condições acima do projetado, faz-se necessário um incessante acompanhamento do tráfego local. Chagas (2009) afirma que o constante monitoramento do comportamento do trânsito da cidade tem como objetivo avaliar e implantar medidas para a adequação do sistema existente com a atual situação, conciliando com o planejamento urbano.

A melhor forma de realizar o monitoramento do tráfego é através de pesquisas de tráfego, que levam em consideração certo período de tempo sendo possível assim avaliar o desempenho e capacidade do local. Para Fonseca (2010), os estudos de tráfego são requisitos importantes para o planejamento, conservação e segurança no tráfego, que também podem ser realizadas com o intuito de averiguar condições das ruas urbanas e suas interseções. Com o resultado das pesquisas o setor da

engenharia de tráfego pode analisar e encontrar a melhor solução para as dificuldades e adotar as melhorias e mudanças necessárias.

Um dispositivo viário muito usado como medida moderadora de tráfego é a interseção em rótula (rotatória). Em uma rotatória os veículos se movem ao redor da ilha central no sentido anti-horário, podendo realizar todos os movimentos de conversão e retorno, e em geral tem preferência o fluxo que está circulando. Neris (2014) afirma que o fato dos veículos precisarem reduzir a velocidade ao se aproximarem permite uma maior capacidade, evitando assim o colapso da rotatória em condições de fluxo intenso.

Com base no que foi citado acima, o propósito deste trabalho é analisar o desempenho e a capacidade de fluxo da rotatória na interseção da Avenida Maripá com a Rua São João, localizada na região central no município de Toledo, no estado do Paraná, para indicar as possíveis medidas que podem ser aplicadas para a melhoria do tráfego, seguindo como base os manuais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e as normas vigentes do município e dos órgãos nacionais de trânsito.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O local para o estudo de caso foi escolhido por conter uma interseção em rótula que apresenta capacidade de tráfego inapropriada. Existe a necessidade de adaptação da capacidade da interseção para o volume de tráfego solicitado atualmente. Em horários de pico a capacidade da rotatória e das vias é excedida, sendo possível verificar a formação de filas e lentidão em todos os ramos da rotatória, provocando atrasos significativos e mantendo o trânsito lento.

O cruzamento em questão é um ponto de significativa importância para as rotas de acesso a bairros, centro e principais saídas da cidade de Toledo. Neste aspecto, é fundamental que o fluxo de veículos tenha uma boa fluidez e garanta condições adequadas de tráfego.

Nas proximidades da interseção encontram-se alguns polos geradores de tráfego, dentre eles podemos citar a UBS (Unidade Básica de Saúde) do centro, a 20ª SDP (Subdivisão Policial) de Toledo, o centro comercial, o Colégio Incomar e a empresa BRF Brasil. Esses polos são responsáveis pelo aumento do fluxo de veículos que circula pela rotatória, principalmente nos horários próximos ao meio dia e ao final

da tarde. É importante destacar que a interseção, por servir de acesso para saídas principais da cidade e acesso a uma empresa alimentícia, apresenta um fluxo considerável de veículos grandes, como caminhões, carretas e ônibus. Esses veículos de grande porte influenciam diretamente na velocidade do trânsito e no nível de serviço e operação da rotatória.

Desta maneira, além do fluxo de veículos usual presente em espaços urbanos, a interseção ainda recebe a passagem de veículos pesados, agravando a situação no local e deixando o tráfego mais intenso e lento. Para Neris (2014), uma rotatória pode contribuir para a melhoria do trânsito de diversas formas, mas quando está sobrecarregada, há formação de filas maiores, aumento do tempo de percurso e conseqüentemente aumento do número de acidentes.

Considerando os aspectos citados, a análise da capacidade de fluxo da rotatória faz-se necessária para a definição dos principais geradores dos problemas atualmente encontrados na interseção. Os resultados obtidos podem contribuir significativamente para uma futura reestruturação do cruzamento, visando garantir que o funcionamento do dispositivo viário tenha capacidade para atender, com adequado nível de serviço, as demandas de tráfego atual e futuras. Por fim, é importante salientar que a qualidade de vida dos usuários seria positivamente afetada com o progresso e recuperação dos níveis de serviço.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar a capacidade de fluxo e desempenho da rotatória existente na interseção da Avenida Maripá com a Rua São João, para verificar se está operando dentro do nível de serviço adequado, e, se necessário, sugerir possíveis medidas visando à melhoria do fluxo de tráfego.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos do presente trabalho, tem-se:

- a) Realizar uma pesquisa de tráfego na interseção a fim de identificar os horários de pico e o fluxo de veículos existente;

- b) Levantamento das características geométricas da rotatória;
- c) Coletar dados necessários do município de Toledo para a análise da situação atual do trânsito no local;
- d) Elaborar a matriz de origem e destino do horário de pico;
- e) Identificar o atual nível de serviço com os dados coletados, apresentando os riscos e problemas encontrados na interseção;
- f) Analisar a necessidade de alterações da atual configuração do cruzamento;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica aborda os principais contextos para o entendimento do projeto proposto nesse trabalho. É apresentado primeiro uma explicação sobre o sistema viário urbano e seu funcionamento, seguido de definições importantes para compreender todas as etapas do estudo de capacidade de fluxo de uma via e os elementos que influenciam no projeto. Na sequência, é definido o conceito de rotatória, expondo um breve histórico de como surgiu e suas principais características.

### 2.1 SISTEMA VIÁRIO URBANO

É de grande importância ter um profissional por trás dos planejamentos e projetos do sistema viário urbano. Contribuir para estabelecer o melhor cenário possível, aliando o crescimento rápido com desenvolvimento adequado. O profissional na área sempre tenta optar pelas melhorias e alterações necessárias, e visa manter o trânsito conforme os parâmetros estabelecidos pelas normas vigentes. Neste caso, segundo Chagas (2009), temos o engenheiro de tráfego como principal profissional habilitado para essas análises.

A Engenharia de Tráfego tem como função o planejamento do tráfego e do sistema viário, para que a operação das vias públicas e o trânsito local sejam realizados com o máximo de eficiência, qualidade e segurança possível. (CHAGAS, 2009).

Neris (2014) reconhece que, para medir a eficiência e a segurança, são necessários conhecimentos específicos a respeito do fluxo de tráfego e a interação com os usuários, e essa análise das variáveis e resultados é muito complexa, visto que existem muitos fatores interligados.

Todos esses procedimentos estão ligados ao planejamento do sistema viário urbano, que engloba todos os elementos relacionados ao tráfego e seu funcionamento. Chagas (2009) define o sistema viário como o conjunto de todas as estruturas físicas (vias, viadutos, túneis, rotatórias, etc.) e normas de operação destinadas a atender de forma eficiente o deslocamento de veículos e pedestres.

Para Fonseca (2010), o sistema viário é considerado um dos sistemas de infraestrutura que mais exige cuidados, pois depois de estar implantando é difícil

realizar alterações de grande porte. Além de ter um alto custo de investimento, precisa de constante manutenção e adequação ao ritmo de desenvolvimento da cidade.

Segundo Coelho (2012), o espaço físico para a aplicação do projeto da malha viária já deve estar reservado e previsto, e esta reserva deve estar indicada em um Plano Diretor Viário.

Para Chagas (2009) o planejamento do sistema viário urbano tem como objetivos proporcionar:

- a) Fluidez no movimento dos usuários do sistema;
- b) Segurança nos deslocamentos;
- c) Facilidade de estacionamento;
- d) Priorização do transporte coletivo;

Para que tais objetivos sejam atendidos, é preciso ampliar o sistema viário na mesma proporção ao crescimento da cidade e aplicar as normas estabelecidas pelos órgãos de trânsito.

### 2.1.1 Vias Urbanas

DNIT (2010) define vias como sendo uma faixa do terreno preparada para o trânsito, podendo incluir pedestres, veículos, animais e ciclistas, compreendendo a área da sua faixa de domínio.

As vias são classificadas de acordo com a sua função, acessibilidade e mobilidade. É fundamental essa classificação para a organização da rede viária, pois vai determinar a forma de canalização e escoamento do fluxo. O DNIT (2010) classifica as vias urbanas em quatro tipos: vias expressas, vias arteriais, vias coletoras e vias locais.

O art. 8º do Plano do Sistema Viário do município de Toledo de 2016 classifica e define as vias urbanas, de acordo com a função que exercem, em ordem decrescente de importância, em:

I – Vias de Trânsito Rápido: rodovias situadas em área urbana, caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível;

II - Anel Viário Oeste: via situada no limite do perímetro urbano e de expansão urbana, na região Oeste da cidade de Toledo;

IV - Via Arterial: aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade;



V - Via Coletora: aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de tráfego rápido ou arteriais, possibilitando o deslocamento dentro das regiões da cidade;  
VI - Via Local: aquela caracterizada por interseções em nível, não semaforizada, destinada preferencialmente ao acesso local ou a áreas restritas;

No Anexo A, é apresentado o Mapa do Sistema Viário Urbano de Toledo, onde se pode observar como é definida a hierarquização das vias do município e como elas estão classificadas ao longo do perímetro urbano.

### 2.1.2 Interseções

As interseções são os pontos de encontro entre duas ou mais vias, onde existe pontos de conflitos entre os usuários de ambas. São elementos de descontinuidade presentes na malha viária. Para o DNIT (2005) interseção é a área onde duas ou mais vias se cruzam, abrangendo todo o espaço designado para auxiliar nos movimentos dos veículos.

As interseções são pontos críticos, onde há o conflito entre veículos de sentidos e movimentos diferentes, ou seja, são locais mais prováveis de ocorrência de colisões em meios urbanos (AKISHINO, 1995).

Coelho (2012) afirma que para cada ponto de conflito em uma interseção haverá uma forma adequada de análise para a escolha da melhor solução em termos de fluência e segurança. É importante lembrar que existem vários pontos de conflitos em uma única interseção, portanto todos deverão ser combinados quando analisados.

Segundo o DNIT (2005), as interseções podem ser classificadas em dois grandes grupos em função dos planos em que os movimentos são realizados: Interseções em Nível e Interseções em Desnível. Para o perímetro urbano é mais usual a ocorrência de interseções em nível, principalmente nos centros urbanos.

#### 2.1.2.1 Interseção em Nível: Rotatória

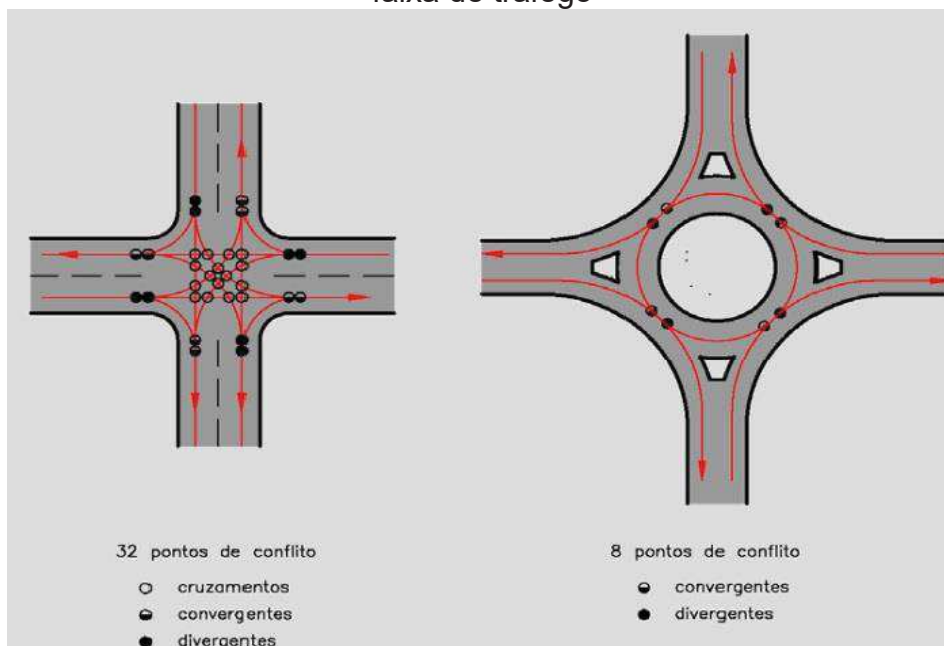
A rotatória é um dispositivo viário de interseção em nível onde os veículos se movem contornando uma ilha central podendo realizar todos os movimentos: passagem direta, conversão à direita, conversão à esquerda e retorno (NERIS, 2013).

Millack (2014) aponta que as principais vantagens de uma interseção em rótula são a eliminação dos cruzamentos, redução do tempo de espera, baixo custo

de implantação e operação, possibilidade de realização de manobras de retorno, redução do consumo de combustível e emissão de gases poluentes.

Para Costa (2010), elas apresentam uma forma de funcionamento simples e perceptível pelos condutores, facilitando o trânsito na interseção. Outra vantagem da rotatória está na redução dos pontos de conflitos, que caem de 32 (cruzamento normal de quatro ramos) para 8 pontos (rotatória com uma faixa e tráfego), como é possível verificar na Figura 1.

Figura 1 - Pontos de conflitos na interseção de quatro ramos e na rotatória de uma faixa de tráfego



Fonte: DNIT (2005).

Ming (2001) afirma que um ponto de conflito representa uma situação potencial de acidente, sendo um quase acidente. Nesse contexto, o uso da interseção em rôtula reduz o número de conflitos e conseqüentemente o número de possíveis acidentes.

### 2.1.3 Sinalização

Sinalização viária é todo conjunto implantado na via pública para garantir sua correta utilização. Tem como objetivo garantir que os usuários entendam o seu funcionamento, possibilitando assim maior fluidez e segurança para quem circula nas vias de tráfego. Para Chagas (2009), o respeito à sinalização garante um trânsito mais organizado e seguro para os condutores e pedestres.

O CONTRAN (2005), no Manual de Sinalização de Trânsito afirma que se deve ter como princípio básico as condições de percepção dos usuários da via, para garantir a eficácia do sistema.

As sinalizações podem ser classificadas em Sinalização Vertical, Sinalização Horizontal e Sinalização Luminosa. O CONTRAN (2005) define que a sinalização vertical é composta por placas fixadas ou suspensas, e se divide em três categorias: regulamentação, advertência e indicação. O CONTRAN (2007) define que a sinalização horizontal é composta de marcas, símbolos e legendas, pintadas sobre o pavimento da pista de rolamento, e se divide de acordo com sua função: orientar, ordenar, regulamentar e complementar os sinais verticais.

## 2.2 PESQUISAS DE TRÁFEGO

Pesquisa de tráfego são as pesquisas realizadas em campo para levantamentos de dados referentes ao tráfego em um determinado local. Luza e Roldo (2013) definem pesquisas de tráfego como estudos realizados sobre o tráfego, destinados a descobrir as características gerais de funcionamento de uma via.

Existem muitas técnicas para o levantamento e dados em campo, mas para o estudo de caso vamos focar nas contagens volumétricas.

### 2.2.1 Volumes de Tráfego

Akishino (2005) define volume de tráfego como sendo o número de veículos que passam por uma determinada seção de uma via na unidade de tempo. Conforme o objetivo do estudo, os volumes podem referir-se a um ou dois sentidos de movimento, ou podem ser considerados apenas uma parcela da seção e ter como unidade básica de tempo o período de um ano, um dia ou uma hora.

#### 2.2.1.1 Volume Médio Diário (VMD)

De acordo como DER (2005), Volume Médio Diário é o número médio de veículos que percorre uma seção ou trecho de uma rodovia, por dia, durante certo período de tempo. A equação (1) mostra como obtê-lo:

$$VMD = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{t} \quad (1)$$

Onde:

xi: Veículos que trafegaram naquele trecho ou interseção durante o período t;

t: número de dias observado.

### 2.2.1.2 Volume Médio Diário Anual (VMDa)

O Volume Médio Diário Anual representa o valor médio de todos os volumes diários registrados durante um ano em um determinado local. DNIT (2008) define que pode ser calculado através da equação (2):

$$VMDa = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{365} \quad (2)$$

Onde:

xi: Veículos que trafegaram naquele trecho ou interseção durante um ano;

### 2.2.1.3 Fator Horário de Pico (FHP)

O fator horário de pico quantifica o comportamento da intensidade do tráfego ao longo do dia, que pode ter horários com altos picos e nos demais horários apresentar valores baixos, ou então se manter uniforme ao longo do dia (AKISHINO, 2005). Pode ser calculado com a equação (3):

$$FHP = \frac{V_{HP}}{4 \times V_{15}} \quad (3)$$

Onde:

VHP: volume da hora de pico;

V15: volume dos 15 minutos consecutivos de maior tráfego dentro da hora de pico.

## 2.2.2 Contagens Volumétricas

As contagens volumétricas visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos selecionados do sistema viário, numa determinada unidade de tempo (DNIT, 2006).

Os dados da contagem depois de manipulados, são usados na análise de capacidade, avaliação de serviço, fluxo nas vias e interseções, dimensionamento do sistema viário, projetos de canalização e outras melhorias. Para qualquer estudo ou alteração em local específico é preciso uma pesquisa em campo, a fim de dar credibilidade e confiabilidade aos resultados encontrados.

### 2.2.2.1 Classificação

O DNIT classifica as contagens em volumétricas em três tipos:

- a) Contagens Globais: é registrado o número de veículos que circulam por um trecho de via, independentemente do seu sentido, usados para o cálculo de volumes diários, preparação de mapas de fluxo e determinação de tendências de tráfego;
- b) Contagens direcionais: é registrado o número de veículos por sentido do fluxo, usada para cálculos de capacidade, determinação de intervalos de sinais, justificação de controles de trânsito, acidentes, etc. Apresenta detalhamento dos movimentos em uma interseção;
- c) Contagens Classificatórias: são registrados os volumes para os vários tipos ou classes de veículos, usadas para o dimensionamento estrutural e projeto geométrico de vias e interseções, cálculo da capacidade, cálculo de benefícios aos usuários e determinação dos fatores de correção para as contagens mecânicas.

Luza e Roldo (2013) apontam que as pesquisas direcionais e classificatórias são as indicadas quando se necessita saber a composição do tráfego em determinada interseção. Acrescentam também que com estas pesquisas é possível determinar o volume de tráfego equivalente, usando fatores de equivalência para expressar o resultado em uma mesma unidade: unidade de carro de passeio (UCP).

Para realizar estas pesquisas segundo DNIT (2006), as contagens deverão ser divididas em intervalos de 15 minutos, para determinar as variações dentro da

própria hora de pico. Deve ser anotado o tipo do veículo e qual movimento está realizando na interseção.

#### 2.2.2.2 Métodos de Contagem

As contagens volumétricas podem ser realizadas de diversas formas, de acordo com a necessidade e confiabilidade desejadas. O DNIT (2006) aponta as seguintes formas de contagem:

- a) Contagens Manuais: feitas por pesquisadores, com auxílio de fichas e contadores manuais. Mais usada para a classificação de veículos, análise de movimentos e contagens em rodovias com várias faixas. Esse método tem a vantagem de ser de fácil operação, com baixos custos e alta flexibilidade de mudança de locais. Segundo Akishino (2005) chegam a obter 95% de precisão;
- b) Contagens Automáticas: feitas através de contadores automáticos de diversos tipos, onde os veículos são detectados por meio de tubos pneumáticos ou dispositivos magnéticos. Atualmente são usados contadores acoplados em computadores, que fornecem um registro permanente dos volumes;
- c) Videoteipe: procedimento de filmagem com câmeras de vídeos que também podem ser usadas para determinar o volume de tráfego. Vantagem que tem maior confiabilidade nos dados, mais tempo para contagem posterior e todos os movimentos podem ser vistos simultaneamente.

#### 2.2.2.3 Contagens em Interseções

As contagens em interseções são realizadas visando obter os dados necessários para identificar os elementos de projetos e definir, de acordo com o fluxo encontrado, a melhor interseção a ser empregada.

De acordo com o DNIT (2006) são levantados dados de tráfego como os Volumes Médios Diários (VMD) e os Volumes Horários de Projeto (VHP). Ideal que esses dados sejam expressos na unidade de carro passeio por hora (UCP/hora).

Para obter os dados importantes para o estudo das interseções, o DNIT (2006) aponta as informações necessárias:

- a) Determinar os horários de pico de tráfego através de observações e contagens de 24 horas e informações locais confiáveis;

- b) Identificação das características dos veículos de maiores dimensões que passam pela interseção;
- c) Identificação de elementos existentes que permitam determinar fatores de sazonalidade para futuros ajustes;
- d) Identificação de elementos existentes que permitam determinar os fatores de expansão necessários para a determinação do volume médio diário (VMD);

Deverá ser feito um planejamento das contagens de acordo com cada caso em específico. Definir assim o horário, período e local de contagem, para que alcance um valor de confiabilidade bom.

### 2.3 ROTATÓRIAS – CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS

Coelho (2012) aponta que interseções com características giratórias tem indícios de construção desde a Idade Média, muito antes do surgimento do automóvel.

Segundo Souza (2014), a primeira rotatória surgiu em 1905 nos Estados Unidos, na cidade de Nova Iorque. Foi projetada por William Eno, considerado o “Pai da Rotatória”, chamada de Columbus Circle e se mantém conservada até os dias de hoje. Em 1907, em Paris, o arquiteto francês Hénard desenvolveu o conceito de rótula, assim estabeleceu um sentido único de circulação em torno de uma ilha central, sendo aplicado na interseção giratória das “Grands Boulevards”.

Na época, a configuração geométrica e a velocidade elevada permitiam muitas manobras consideradas de risco, somada ao direito de passagem concedido ao veículo da direita, formava eventuais bloqueios e gerava um elevado índice de acidentes. Com todos os transtornos, Souza (2014) relata que a ideia que havia sido bem recebida passou a cair na desaprovação da população por volta da década de 50, entrando então em desuso.

Em 1967, surge na Inglaterra, a regra da “prioridade de quem circula” que, de acordo com Costa (2010), se baseia em obrigar os veículos a cederem o direito de passagem aos veículos que circulam no anel da rotatória. Conforme afirma Coelho (2012), esta nova regra trouxe uma melhoria significativa no nível de serviço e capacidade da interseção. É nesse cenário que emerge um novo tipo de rotatórias que começaram a ser chamadas de Rotatórias Modernas.

Essa combinação de redução de acidentes e redução dos tempos de parada, resultando atrasos mínimos, aumentou a segurança e melhorou o nível de serviço,

sendo capaz de ressuscitar a rotatória e difundir novamente seu uso em diversos países. (SOUZA, 2014).

Costa (2010) afirma que este novo tipo de rotatória chegou ao Brasil na década de 1990, sendo normatizada através da Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997 que institui o Código de Trânsito Brasileiro (CTB). No Capítulo III, Artigo 29, inciso II, o CTB estabelece a regra de prioridade para o caso específico das rotatórias:

- III - Quando veículos, transitando por fluxos que se cruzem, se aproximarem de local não sinalizado, terá preferência de passagem:
- a) no caso de apenas um fluxo ser proveniente de rodovia, aquele que estiver circulando por ela;
  - b) no caso de rotatória, aquele que estiver circulando por ela;
  - c) nos demais casos, o que vier pela direita do condutor.

## 2.4 ROTATÓRIAS MODERNAS

Interseção não semaforizada com geometria circular bem definida, apresenta pequenos raios de curvatura (entre 10 e 30 metros) e regras específicas de prioridade de passagem, resultando na fluidez do tráfego com movimentos possíveis para todos os ramos que a compõem (SOUZA, 2014).

De acordo com o DNIT (2005), as rotatórias modernas são caracterizadas pelos seguintes princípios:

- a) Prioridade para o tráfego que está circulando na rotatória – são colocados sinais de “Dê a preferência” nas chegadas, dando preferência para quem está circulando. Para entrar no fluxo a rotatória os veículos precisam aguardar intervalos de tempo para se encaixar na corrente de fluxo, reduzindo assim a velocidade dos usuários;
- b) Deflexão do tráfego de entrada – A corrente de tráfego que entra na rotatória é canalizada pela ilha divisória de acesso, de modo a ser inserida em um intervalo de tráfego ao longo da rotatória. A visão da ilha central complementa a orientação do veículo;

Rotatórias modernas são aquelas que adotam a regra da “prioridade de quem circula pela rotatória”, obrigando os veículos a reduzirem a velocidade e cederem espaço. Sua capacidade de operação está diretamente ligada às suas características geométricas, e pode ter múltiplas faixas.

Figura 2 – Rotatória Moderna e suas características





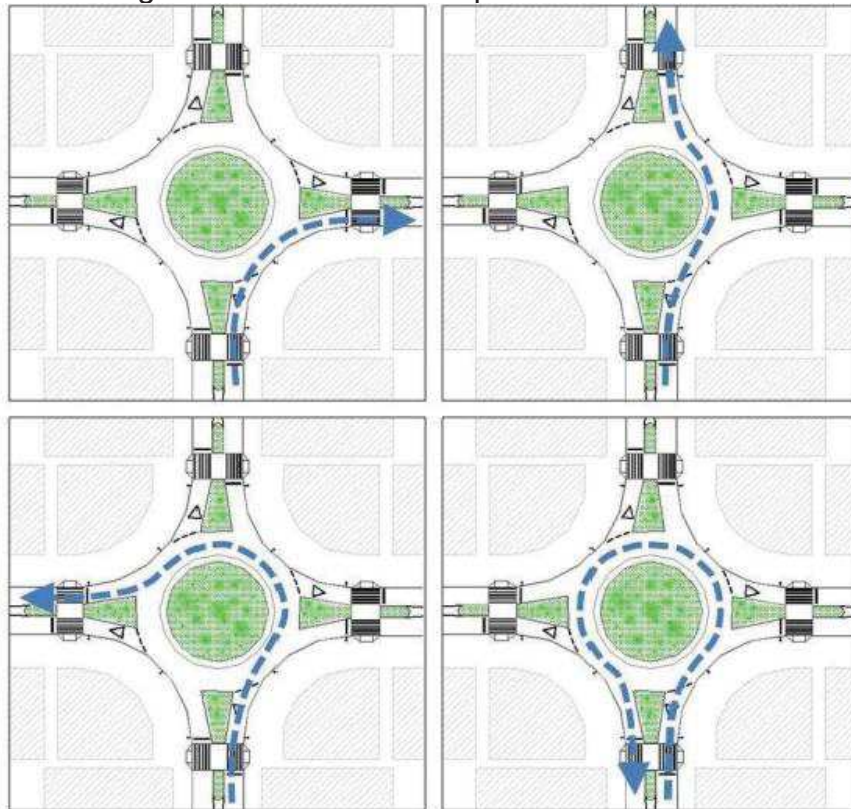
Fonte: Souza (2014).

Na Figura 2, é possível observar as principais características geométricas de uma rotatória, onde temos os seguintes elementos representados:

- a) Ilha Central – região elevada no centro da interseção;
- b) Ilha Canalizadora – região pintada ou elevada na zona de aproximação da interseção. Tem a função de separar o fluxo e impor a deflexão;
- c) Via circular – região onde trafegam os veículos;
- d) Borda Central – região ao redor da ilha central, com moderada elevação. Tem a função de acomodar os veículos de grande porte;
- e) Linha de Entrada – delimita a região física da via circular, separando os veículos que já estão no interior da rotatória dos que desejam entrar;
- f) Faixa de Pedestres – permitir a travessia de pedestres com segurança, localizada a pelo menos um carro de distância de Linha de Entrada;
- g) Barreira de Proteção – tem a função de separar o fluxo de veículos e de pedestres.

Outro ponto importante de ser destacado na operação de uma rotatória é a liberdade de executar todos os movimentos: conversão à esquerda, conversão à direita, retorno e seguir no mesmo sentido, como é possível identificar na Figura 3.

Figura 3 – Movimentos Típicos das Rotatórias



Fonte: Coelho (2012).

Se tratando de mobilidade urbana e praticidade, é um ponto que destaca as rotatórias em relação aos demais tipos de interseções. A liberdade de movimentos e a facilidade em executá-los até mesmo por veículos de maior porte traz uma vantagem desse tipo de interseção em relação aos demais.

#### 2.4.1 Tipos de Rotatórias Modernas Urbanas

FHWA (2000) apresenta quatro tipos de rotatórias modernas empregadas no espaço urbano: Mini-rotatória, rotatória urbana compacta, rotatória urbana com uma faixa de tráfego e a rotatória urbana com duas faixas de tráfego. O quadro 1 expressa um resumo dos quatro tipos e suas características de projeto, apresentando um comparativo entre a capacidade e dimensão de cada uma.

Quadro 1 – Tipos de Rotatórias Urbanas e suas características de Projeto

TIPOS DE ROTATÓRIAS URBANAS E SUAS CARACTERÍSTICAS DE PROJETO				
Elementos de Projeto	Mini Rotatória	Urbana Compacta	Urbana com uma faixa de tráfego	Urbana com duas faixas de tráfego
Velocidade de projeto máxima recomendada na entrada da interseção	25 km/h	25 km/h	35 km/h	40 km/h
Máximo número de faixa de entrada por aproximação	1	1	1	2
Tamanho do diâmetro do círculo inscrito	15 – 27 m	30 – 37 m	37 – 45 m	46 – 67 m
Volume de serviço de um dia típico em rotatórias com quatro aproximações (veic/dia)	15.000	15.000	20.000	Aproximadamente 40.000 – 50.000

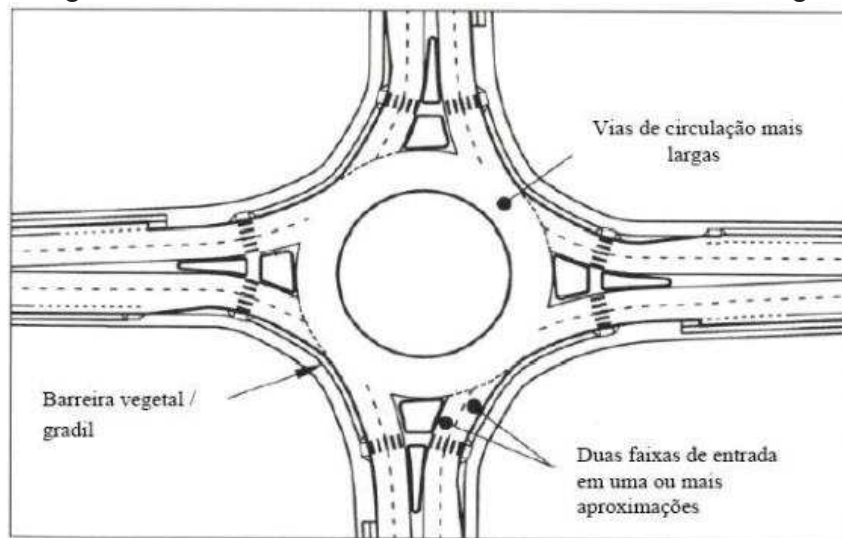
Fonte: FHWA (2000). Adaptada.

Observando as informações do quadro 1 é possível perceber que a maior diferença entre elas é o tamanho do diâmetro do círculo inscrito, ou seja, o tamanho total da implantação da rotatória, facilitando assim a aplicação desse tipo de interseção nas vias urbanas que sofrem com a demanda de espaço.

Entre os quatro tipos de rotatórias, a que mais se assemelha ao estudo de caso é a rotatória urbana com 2 faixas de tráfego. Segundo Costa (2010) esse tipo de rotatória inclui todas as rotatórias das áreas urbanas que tenham no mínimo uma entrada com duas faixas por sentido. As velocidades de entrada, de circulação e de saída são semelhantes aquelas das rotatórias urbanas com faixa simples.

A Figura 4 é uma representação de uma rotatória com duas faixas de circulação. Apresenta a configuração da faixa de entrada e saída aplicada para esses casos.

Figura 4 – Rotatória Urbana com duas faixas de tráfego



Fonte: FHWA (2000). Adaptada.

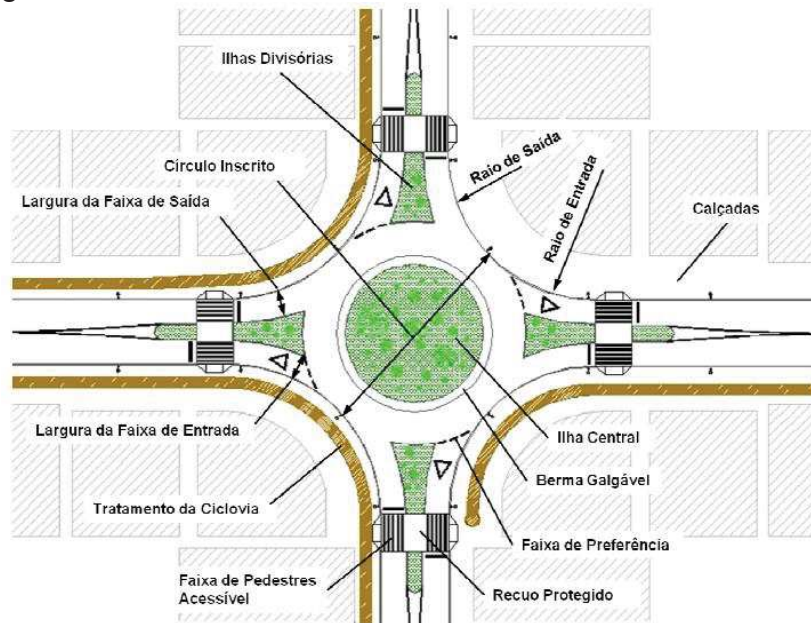
#### 2.4.2 Elementos Geométricos

Para que as rotatórias sejam seguras e garantam maior capacidade e condições operacionais ideais, DNIT (2006) afirma que elas devem ser corretamente projetadas e executadas. A capacidade de tráfego e segurança de uma rotatória estão diretamente ligadas à qualidade do projeto geométrico.

Para Coelho (2012), um dos principais fatores que influenciam na implantação de uma rotatória é o seu tamanho e características geométricas. O espaço urbano quase sempre tem restrições quando se trata do fator área, portanto todos os aspectos devem ser bem analisados.

A Figura 5 ilustra os principais elementos geométricos de uma rotatória moderna. Todos eles são definidos, a fim de conseguir avaliar os valores mínimos necessários para que a rotatória opere dentro dos parâmetros adequados e seja capaz de suprir a demanda de fluxo do local.

Figura 5 – Elementos Geométricos de uma Rotatória Moderna



Fonte: Coelho (2012).

#### 2.4.2.1 Dimensão geral da Rotatória e da Ilha Central

A dimensão geral da rotatória vai depender de diversos fatores, como por exemplo, o volume de tráfego local a ser atendido e o número de faixas. A ilha central é recomendável que seja circular, e seu posicionamento e tamanho devem garantir a deflexão dos movimentos em todos os ramos. Segundo o DNIT (2005), é a ilha central o elemento geométrico responsável pela redução da velocidade dos veículos.

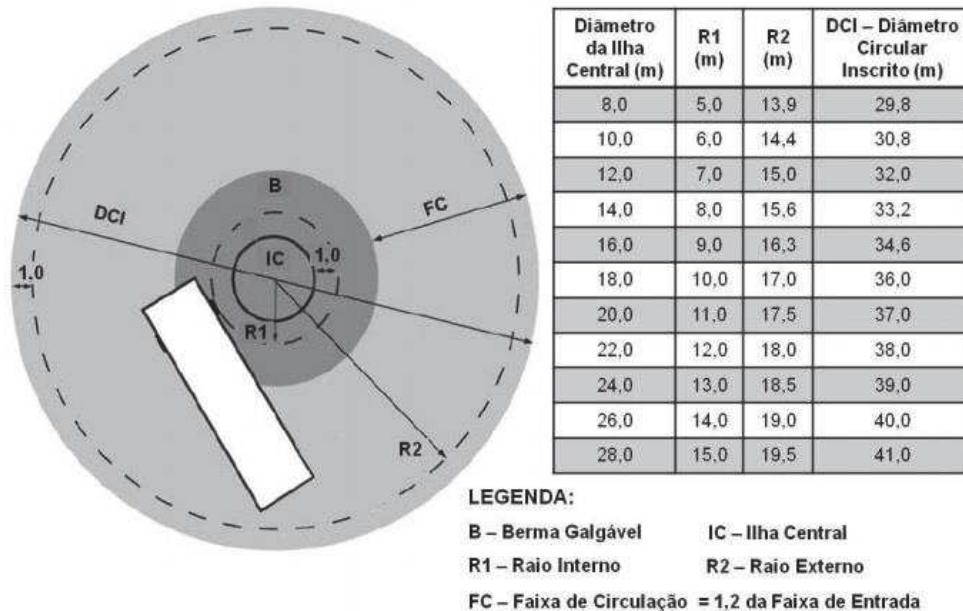
A dimensão a adotar na ilha central é função direta do valor do DCI (Diâmetro Circular Inscrito), do número de faixas de circulação no anel e a existência de veículos longos (COELHO, 2012).

O mesmo autor ainda relata que em caso das rotatórias urbanas simples ou de duas faixas, a ilha central deve possuir uma elevação em relação às faixas de circulação, com a berma galgável para os veículos longos, sendo aceitáveis alturas de meio-fio de 15 a 20 cm na ilha central, e um mini degrau entre 0,5 a 1,5 cm junto à borda da berma galgável.

Para o dimensionamento do diâmetro geral, da ilha central e da berma galgável, é preciso levar em conta o Veículo de Projeto, que será o maior veículo que circula pela interseção, a partir dele é conhecido os valores mínimos necessários para fornecer as condições de circulação. A Figura 6 faz uma relação dessas medidas

levando em consideração a passagem de um veículo de projeto “tipo O” padrão do DNIT.

Figura 6 – Dimensões de Giro necessárias para Rotatórias Urbanas de uma Faixa



Fonte: TS, 2007; Coelho, 2012.

A faixa de circulação mantém uma relação de 1,2 vezes da maior largura de entrada da rotação de acordo com Coelho (2012). O autor também indica que as rotatórias com duas faixas geralmente possuem uma ilha central superior a 30,0 metros de diâmetro, e a berma galgável é dispensável.

#### 2.4.2.2 Geometria da Pista de Entrada

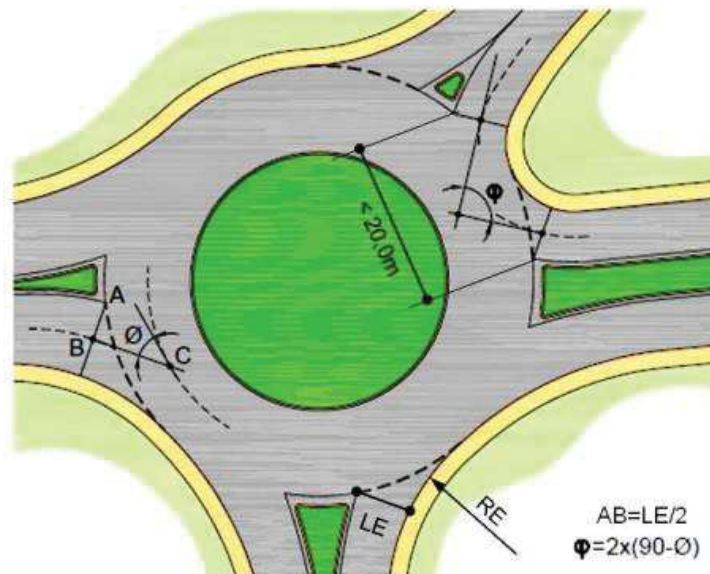
A pista de entrada tem parâmetros importantes a serem considerados: largura, ângulo de entrada e raio de curvatura. Todos influenciam diretamente no desempenho de funcionamento.

A largura de entrada (LE) é medida do ponto da ilha divisória até o meio-fio lateral, perpendicularmente à faixa de pedestres. A largura dela varia de acordo com a largura da faixa das vias de chegada, sendo um pouco maior devido ao espaço para canalização. Coelho (2012) aborda que normalmente as vias de chegada tem largura em torno de 3,5 a 4,0 metros, para este caso a LE deve ser de 4,0 a 5,0 metros, e no caso de duas faixas de circulação, a LE deve apresentar valor mínimo de 6,0 metros.

O ângulo de entrada ( $\Phi$ ), que pode ser observado na Figura 7, está relacionado com a segurança da entrada e conforto da condução, considerando que garante a redução da velocidade de aproximação, igualando a velocidade de circulação da rótula (COELHO, 2012).

O autor ainda aponta que o valor recomendável para o ângulo é entre  $20^\circ$  a  $50^\circ$ , que ângulos muito grandes ou muito pequenos podem interferir negativamente no controle de velocidade. O ângulo de entrada, em casos onde a entrada e saída consecutivas são muito próximas ( $< 20,0\text{m}$ ), pode ser calculado pela medição do ângulo ( $\phi$ ) entre a entrada e saída consecutiva, usando a equação  $\Phi = 2 \times (90 - \phi)$

Figura 7 – Detalhes Geométricos da Entrada das Rotatórias



Fonte: Coelho, 2012 (apud INIR, 2009).

O Raio de Entrada (RE) é o raio da curva de entrada que acompanha o meio-fio. Seu valor também influencia na velocidade, segundo FHWA (2000) valores elevados de RE induzem velocidades elevadas, já valores baixos comprometem o giro dos veículos longos. O autor completa que para os ambientes urbanos o valor recomendado de RE é entre 10 a 30 metros.

### 2.4.2.3 Geometria da Pista de Saída

A geometria da pista de saída segue os parâmetros da pista de entrada, tendo um cuidado especial para que a saída tenha o mesmo número de faixas projetadas para o anel de circulação.

A Largura de Saída (LS) deve estar entre 6,0 e 7,0 metros, podendo chegar a 4,0 metros, ajustando-se à metade da largura normal da via. Para o caso de duas faixas é recomendada uma LS entre 8,0 e 9,0 metros. Esta largura deve ser mantida ao longo na ilha divisória para evitar o bloqueio da saída (COELHO, 2012).

O Raio de Saída (RS) é o raio da lateral da curva de saída que acompanha o meio-fio, e devem ser superiores aos raios de entrada. O valor ideal de RS deve estar entre 20 a 40 metros, não recomendando usar valores inferiores a 15 metros e nem superiores a 50 metros (FHWA, 2000).

### 2.4.2.4 Ilhas Divisórias ou Canalizadoras

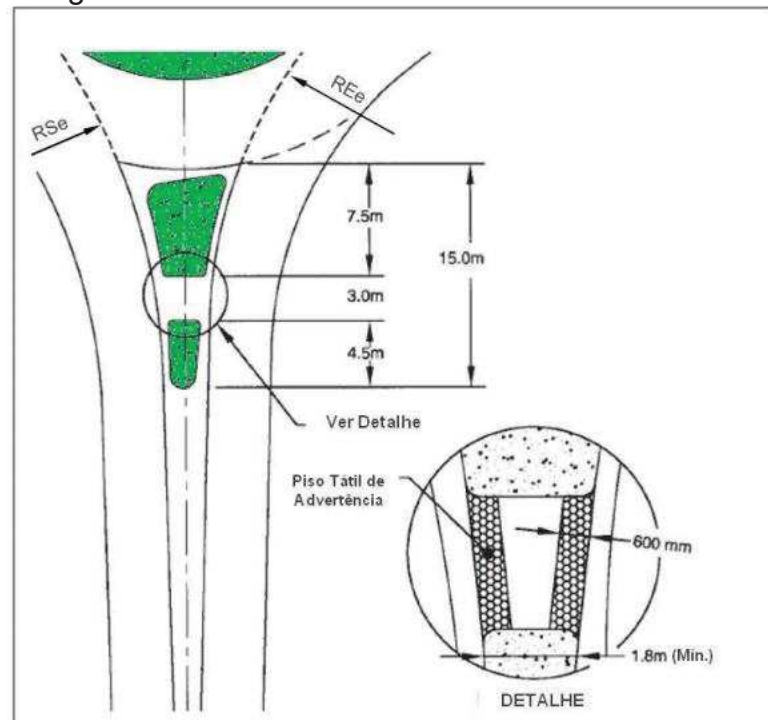
A ilha divisória ou canalizadora tem como funções separar e canalizar o fluxo de veículos das entradas e saídas da rotatória. Também servem de proteção para os pedestres durante a travessia. Para o DNIT (2005) as ilhas devem ser bem visualizadas pelos condutores, não devendo ter dimensões inferiores a 1,5 m<sup>2</sup>.

Em rotatórias urbanas a geometria das ilhas pode ser projetada como mostra a Figura 8. Coelho (2012) afirma que os valores de raio externo (REe ou RSe) deve ser igual ou superior ao Raio de Entrada ou Raio de Saída.

As Ilhas canalizadoras desempenham uma importante função de direcionar o fluxo de veículo para a entrada e saída e contribuir para alertar ao motorista para a impossibilidade de seguir em linha reta. Souza (2014) relata ainda que funciona como abrigo para os pedestres durante a travessia, que é realizada em duas etapas.



Figura 8 – Detalhes Geométricos da Ilha Divisória



Fonte: FHWA (2000). Adaptado.

#### 2.4.2.5 Critérios de Visibilidade

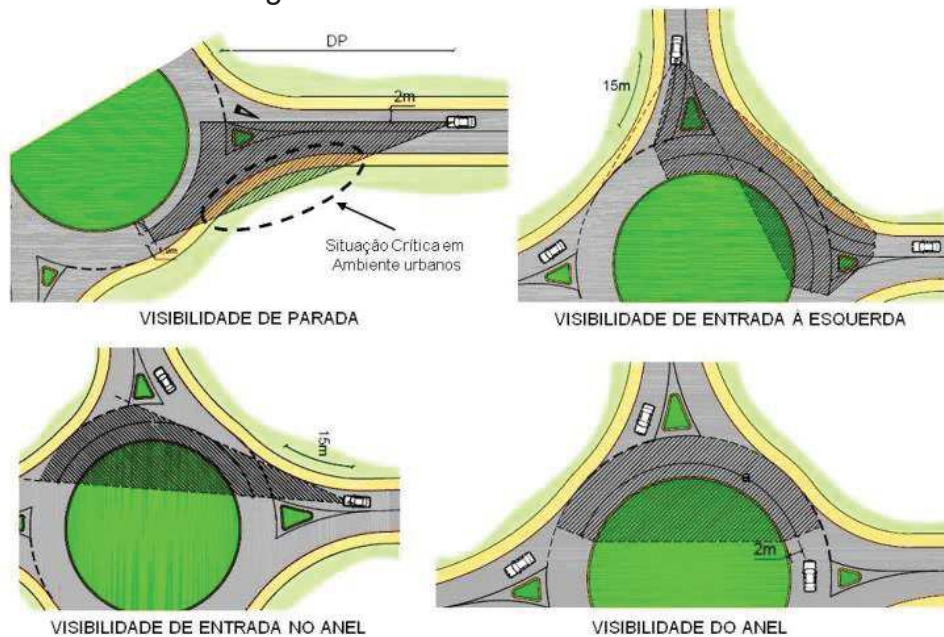
Para o DNIT (2005) por questões de segurança uma boa visibilidade deve ser garantida tanto em relação aos elementos físicos da interseção, quanto em relação ao tráfego de veículos e pedestres.

Os elementos físicos das rotatórias (ilhas canalizadoras, ilha central, deflexão do tráfego) devem ser visíveis aos condutores, uma sinalização pode garantir a visibilidade. Também não pode haver obstruções que impeçam os motoristas de visualizarem os pedestres e os veículos que estão circulando (DNIT, 2005).

O mesmo autor ainda destaca que outro fator importante para a melhora da visibilidade é a posição da faixa de “Dê a preferência” colocada nas rotatórias, que permite reduza a velocidade antes de invadir o espaço.

Coelho (2012) aponta quatro critérios de visibilidade a serem considerados no seu dimensionamento, sendo eles: visibilidade de parada, visibilidade de entrada à esquerda, visibilidade de entrada do anel e visibilidade do anel. Para compreender melhor a área visual dos critérios pode-se observar a Figura 9.

Figura 9 – Critérios de Visibilidade



Fonte: Coelho, 2012 (apud INIR, 2009).

O critério mais crítico para as cidades é a visibilidade de parada, que está relacionada com a capacidade do condutor de visualizar os elementos da rotatória e reduzir sua velocidade. O maior problema nos centros urbanos é que geralmente essa visibilidade será afetada devido às ocupações ao seu redor.

Costa (2010) comenta que o critério de visibilidade do anel impõe restrições à colocação de qualquer elemento físico ou mudanças de relevo na ilha central, para evitar que possam vir a impedir a visualização.

#### 2.4.2.6 Geometria Vertical

O local ideal para a implantação das rotatórias é em superfícies planas ou com topografias suaves. Os perfis longitudinais não devem ter trechos com mudanças bruscas de inclinação, mantendo sempre uma conformidade. Segundo o DNIT (2005) as inclinações longitudinais não devem ultrapassar 5%.

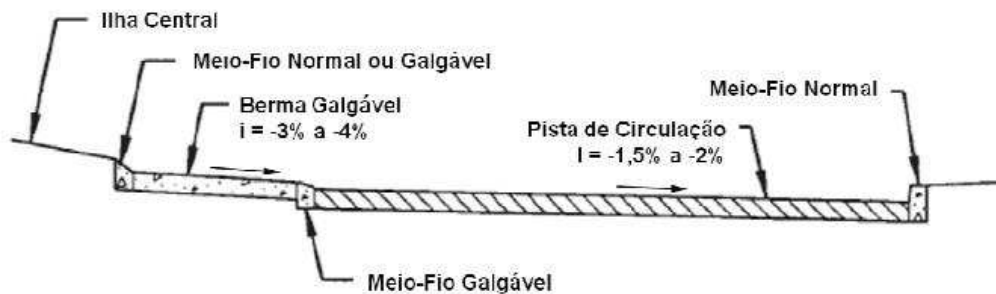
Em relação à superelevação da pista, DNIT (2005) e FHWA (2000) recomendam que sejam inclinadas transversalmente para fora, por conta de quatro razões:

- Promove segurança através do aumento da elevação da ilha central e melhorando a sua visibilidade;
- Promove a manutenção de velocidades mais baixas na faixa de circulação;

- c) Minimiza as quebras nas inclinações transversais das pistas de entrada e saída,
- d) Contribui para o escoamento da drenagem de superfície para o exterior da rótula

De acordo com Coelho (2012) a inclinação transversal deve estar entre 1,5% a 2,0%, que são valores adequados para a condução das águas pluviais. A Figura 10 indica os valores recomendados de inclinações da seção transversal.

Figura 10 – Seção Transversal de uma Rotatória



Fonte: FHWA (2000).

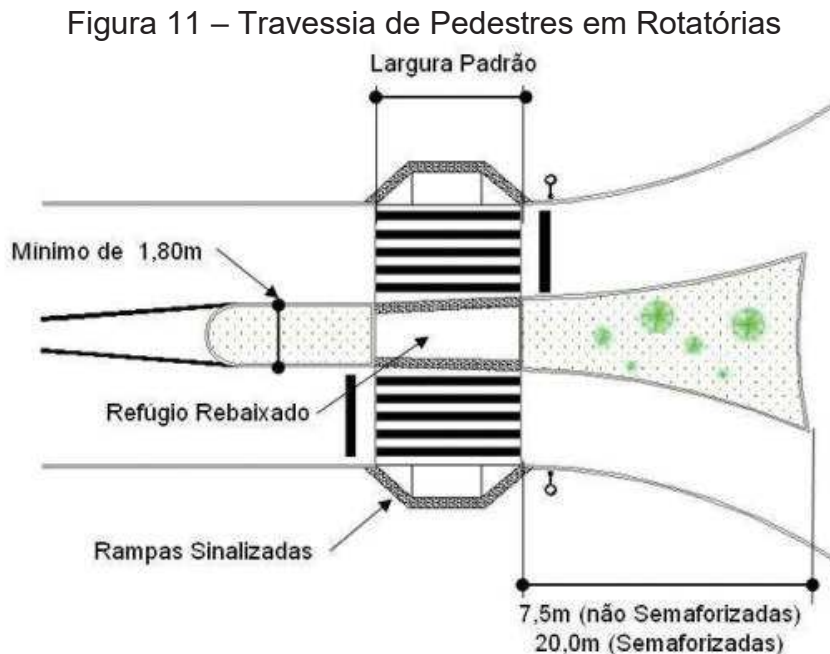
A berma galgável ou borda central possui uma inclinação superior à pista de circulação, a fim de auxiliar a circulação dos veículos de grande porte sem apresentar um impacto que possa ser sentido pelo motorista, e manter os veículos menores dentro da pista de circulação, segundo Souza (2014).

#### 2.4.2.7 Travessia de Pedestres

Segundo o DNIT (2005) a travessia de pedestres deve ser projetada pensando na segurança e condições de operação da rotatória. Geralmente são inseridas junto às ilhas divisórias, um pouco antes das entradas, para que assim não atrapalhem os veículos parados e não afetem a atenção no fluxo.

As ilhas divisórias devem disponibilizar um refúgio seguro e rebaixado aos pedestres, para possibilitar a travessia em dois estágios, devendo esta medida ser obrigatória quando o comprimento da travessia total ultrapasse os 9,0 metros (COELHO, 2012). A largura da faixa de pedestres deve seguir os padrões estipulados

pelas normas, e estar providas de acesso para cadeirantes, ciclistas, etc. A Figura 11 apresenta as dimensões comumente empregadas para o caso.



Fonte: Coelho (2012).

A faixa de pedestres possui quatro metros de comprimento e sessenta centímetros de largura, intercaladas com espaçamentos de quarenta centímetros. Com o auxílio da Figura 11, podemos observar que a faixa fica posicionada a uma distância mínima de 7,5 metros da ponta da ilha canalizadora, a fim de oferecer uma travessia segura para o pedestre e manter o fluxo de inserção na rotatória.

#### 2.4.3 Capacidade de uma Rotatória Urbana

O DNIT (2005) apresenta algumas metodologias estrangeiras para o cálculo da capacidade das rotatórias urbanas, citando o *Highway Capacity Manual* (2000) dos Estados Unidos, o *Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen – HBS* (2001) da Alemanha e o *The Traffic Capacity of Roundabouts* da Inglaterra.

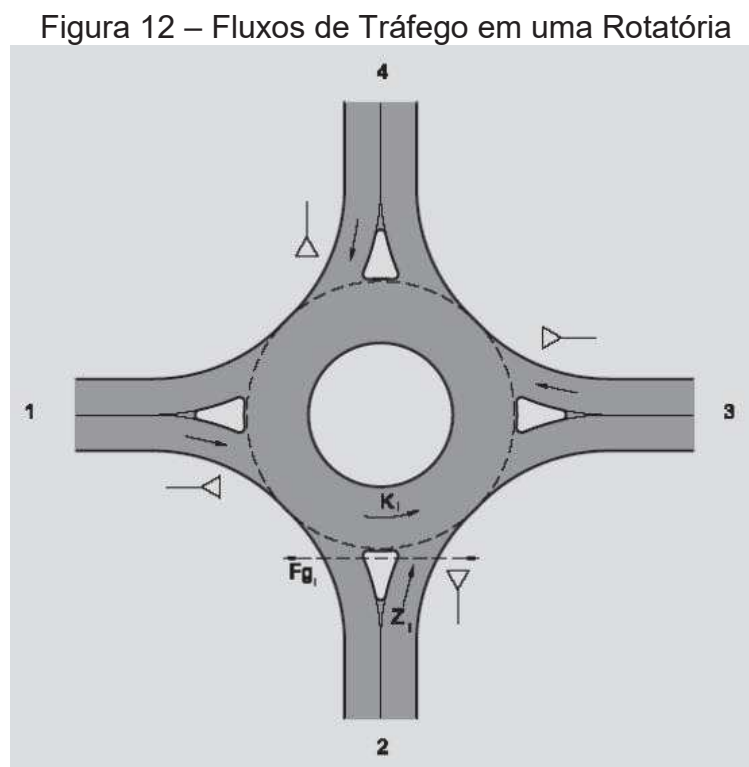
O manual brasileiro do DNIT assume como referência para o cálculo o método das normas alemãs, devido a sua simplicidade e facilidade de uso. O DNIT (2005) também destaca que a capacidade de uma rotatória na Alemanha é menor que em

outros países da Europa, tornando mais segura à utilização das normas alemãs para aplicação no Brasil.

A seguir serão dispostos os passos para a determinação da capacidade de uma rotatória segundo todo o procedimento que o DNIT apresenta, baseado na norma alemã.

#### 2.4.3.1 Elaboração da matriz origem e destino

É preciso conhecer a origem e destino dos veículos que circulam na rotatória, para poder determinar todos os fluxos de cada ramo. Para o caso aqui abordado será considerada uma rotatória de quatro ramos. Na Figura 12 é apresentado o esquema indicando o número de cada ramo e suas respectivas correntes de tráfego.



Fonte: DNIT (2005).

Nas pesquisas de tráfego deverão ser feitas contagens classificatórias de origem e destino nos períodos de pico, separando os veículos pelos seus tipos:

- Carros de Passeio (VP);
- Caminhões e Ônibus (CO);
- Semirreboques e Reboques (SR/RE);

- Motocicletas (M);
- Bicicletas (B);

Com as contagens realizadas da forma descrita, é elaborada uma matriz de origem e destino, como se pode ver o exemplo no quadro 2.

Quadro 2 – Exemplo Matriz de origem/destino

Origem \ Destino	Destino				Total
	1	2	3	4	
1	0	110	700	165	975
2	110	0	165	200	475
3	700	165	0	110	975
4	165	200	110	0	475
Total	975	475	975	475	2900

Fonte: DNIT (2005).

Os valores de fluxo de veículos das matrizes precisam ser transformados em veículos equivalentes a carros de passeio (UCP), para isso é usado o fator de equivalência expresso no quadro 3. Quando não há classificação dos tipos de veículos, adota-se o fator de equivalência “Sem Informação” (SI).

Quadro 3 – Fatores de Equivalência em unidades de carro de passeio (UCP)

Tipo de Veículo	VP	CO/O	SR/RE	M	B	SI
Fator Equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1

Fonte: DNIT (2005).

Para a Matriz apresentada no exemplo do quadro 2, tem-se:

- As origens são indicadas na primeira coluna e os destinos na primeira linha;
- Os volumes de tráfego que chegam pela rotatória pelos diversos acessos são Z1, Z2, Z3 e Z4, soma dos volumes com origens em cada um dos acessos 1 a 4, formando a última coluna da matriz;
- Os volumes de tráfego na rotatória antes de cada entrada, K1, K2, K3 e K4 são calculados pelas equações:

$$K1 = 03D2 + 04D2 + 04D3 \quad (4)$$

$$K2 = 01D3 + 01D4 + 04D3 \quad (5)$$

$$K3 = 02D1 + 01D4 + 02D4 \quad (6)$$

$$K4 = 02D1 + 03D1 + 03D2 \quad (7)$$

Sendo  $O_iD_j$  o fluxo com origem no acesso  $i$  e destino no acesso  $j$ ;

- d) No arco  $K_i$  passam as três combinações  $O_jD_n$ , em que “ $j$ ” e “ $n$ ” são diferentes de “ $i$ ” e o sentido de  $O_j$  para  $D_n$  é o sentido trigonométrico;

#### 2.4.3.2 Determinação da capacidade de entrada

Os volumes calculados antes de cada entrada da rotatória são fundamentais para a determinação da Capacidade Básica ( $G_i$ ) de cada entrada ( $i$ ). A capacidade pode ser calculada através da equação (8):

$$G_i = 3600 \cdot \left(1 - \frac{t_{min} \times K_i}{n_k \times 3600}\right)^{n_k} \cdot \frac{n_z}{t_f} \times \exp \left[ -\frac{K_i}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{min}\right) \right] \quad (8)$$

Onde:

$G_i$  = capacidade básica da entrada  $i$ , em UCP/h.

$K_i$  = fluxo de tráfego na pista rotatória, em UCP/h.

$n_{ki}$  = número de faixas de tráfego na pista rotatória antes da entrada  $i$

$n_{zi}$  = número de faixas de tráfego na entrada  $i$

$t_g$  = valor médio do intervalo mínimo entre veículos na rotatória, aceitável por veículos na entrada aguardando oportunidade de se inserir na rotatória, em segundos.

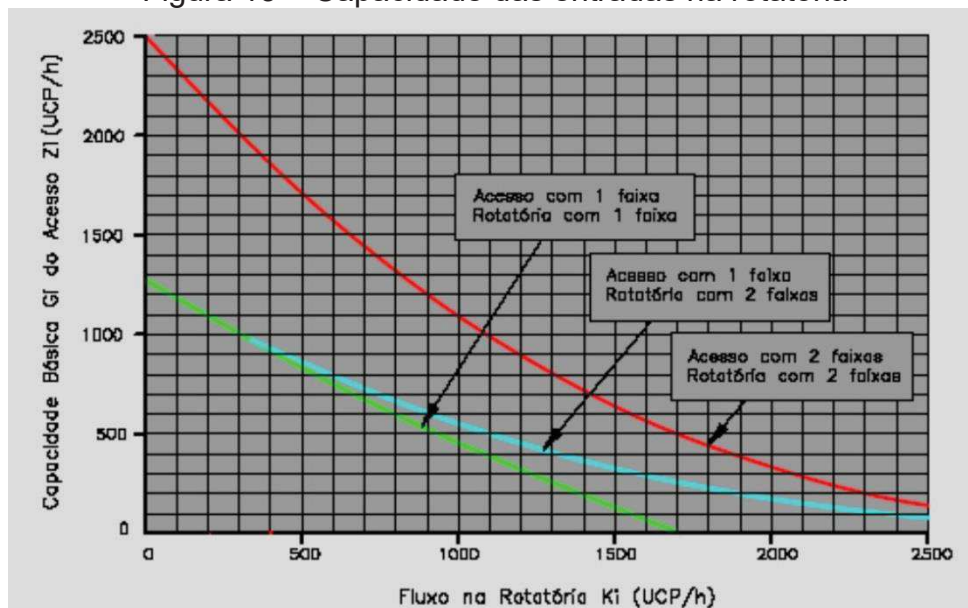
$t_f$  = valor médio do intervalo entre dois veículos sucessivos da entrada, que entram no mesmo intervalo de veículos da rotatória, em segundos.

$t_{min}$  = valor mínimo do intervalo entre veículos da rotatória, em segundos.

Segundo o DNIT (2005) na Alemanha são adotados os valores:  $t_g = 4,1s$ ,  $t_f = 2,9s$ ,  $t_{min} = 2,1s$ , que são recomendados para o Brasil, até que se determine experimentalmente valores mais condizentes com nossa realidade.

A capacidade Básica ( $G_i$ ) de cada entrada ( $i$ ) podem também ser determinada através do gráfico da Figura 13. Nele são apresentadas três hipóteses de acordo com o número de faixas de entrada e saída.

Figura 13 – Capacidade das entradas na rotatória



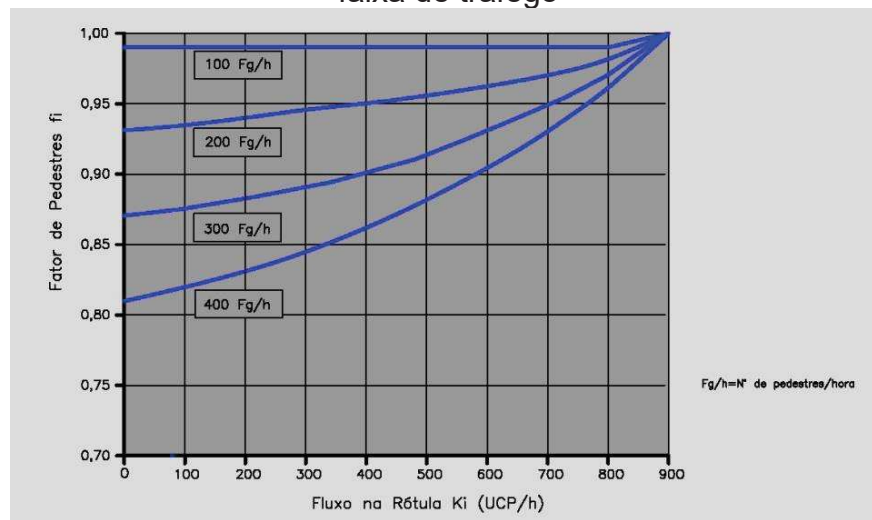
Fonte: DNIT (2005).

Após determinada a Capacidade Básica, determina-se o Fator de Pedestres ( $f_i$ ), em função do número de pedestres por hora ( $F_g/h$ ), para cada entrada ( $i$ ). Segundo o DNIT (2005) esse fator de redução é determinado de acordo com o número de faixas de tráfego da pista rotatória pelos gráficos da Figura 14 e Figura 15. Quando o número de faixas não é igual na entrada e na pista, pode-se optar pelo menor fator de redução, por segurança.

O fator ( $f_i$ ) leva em conta a redução da capacidade causada pela interferência dos pedestres no momento que realizam a travessia (DNIT, 2005).

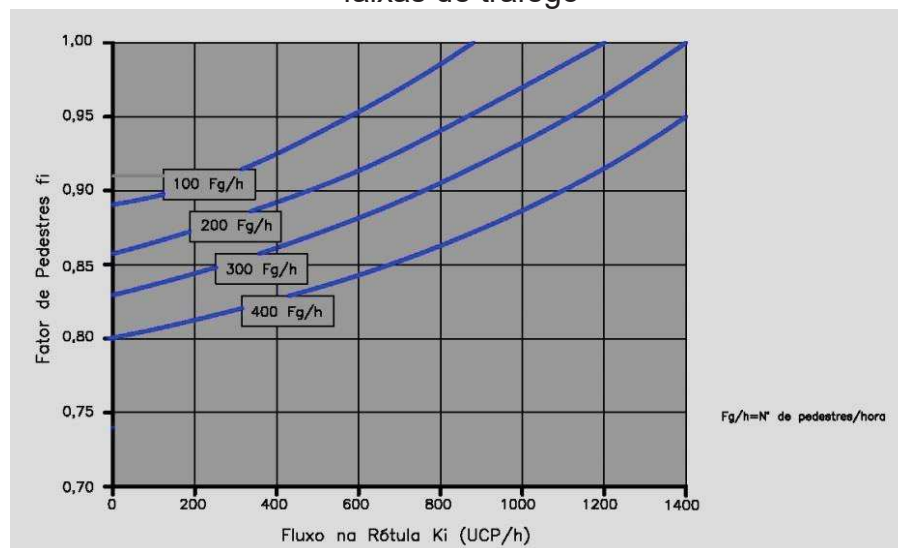


Figura 14 – Fator de Redução ( $f_i$ ) para considerar a influência da travessia de pedestres de uma entrada com uma faixa de tráfego em uma rotatória com uma faixa de tráfego



Fonte: DNIT (2005).

Figura 15 - Fator de Redução ( $f_i$ ) para considerar a influência da travessia de pedestres de uma entrada com duas faixas de tráfego em uma rotatória com duas faixas de tráfego



Fonte: DNIT (2005).

A capacidade da entrada ( $i$ ) é obtida pela equação (9).

$$C_i = G_i \cdot f_i \quad (9)$$

Onde:

$C_i$  = capacidade de entrada, em UCP/h.

$G_i$  = capacidade básica de entrada, em UCP/h.

$f_i$  = fator de pedestres

### 2.4.3.3 Determinação da capacidade residual

Calcula-se a capacidade residual ( $R_i$ ) de cada entrada pela equação (10).

$$R_i = C_i - Z_i \quad (10)$$

Onde:

$R_i$  = capacidade residual, em UCP/h.

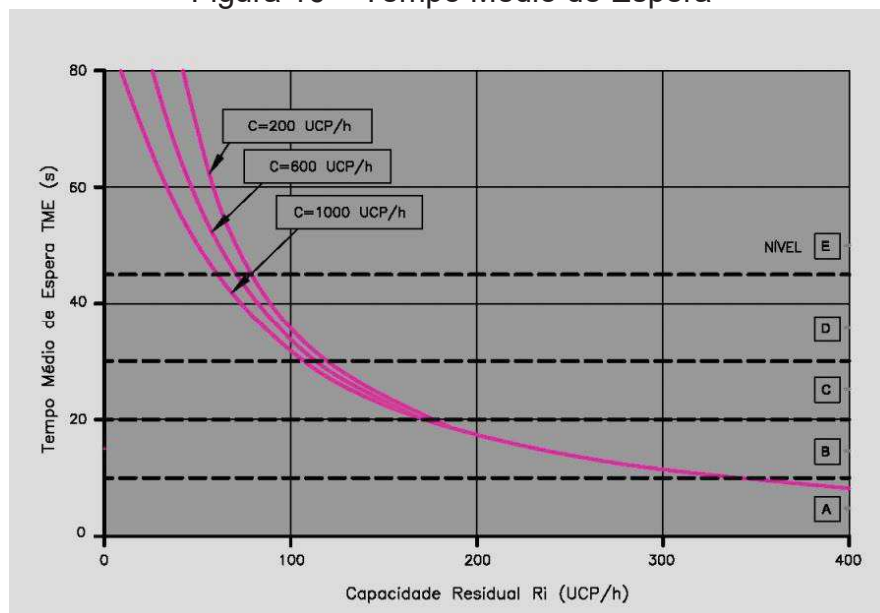
$C_i$  = capacidade de entrada, em UCP/h.

$Z_i$  = fluxo de entrada, em UCP/h.

### 2.4.3.4 Determinação do tempo médio de espera

O tempo médio de espera ( $TME_i$ ) de cada entrada é obtido no gráfico da Figura 16, em função da capacidade residual ( $R_i$ ), e da capacidade ( $C_i$ ), interpolada entre as curvas da figura, ou usando as curvas externas, quando ultrapassadas (DNIT, 2005).

Figura 16 – Tempo Médio de Espera



Fonte: DNIT (2005).

#### 2.4.3.5 Determinação dos Níveis de Serviço

Os níveis de Serviço variam de A a F, do melhor para o pior, e são definidos através do tempo de espera (TME) na interseção. O quadro 4 apresenta os tempos em que cada nível se enquadra.

Quadro 4 – Níveis de serviço em função do tempo de espera

<b>Tempo Médio de espera TME (s)</b>	<b>Nível de Serviço (NS)</b>
≤ 10	A
≤ 20	B
≤ 30	C
≤ 45	D
> 45	E
$R_i < 0$	F

Fonte: DNIT, 2005.

Segundo o DNIT (2005), os níveis de serviço representam:

- a) Nível A – maioria dos veículos da corrente de tráfego pode passar livremente pela interseção, praticamente sem sofrer atraso;
- b) Nível B – capacidade de deslocamento dos veículos da corrente secundária é afetada pelo fluxo preferencial. Os tempos de espera são pequenos;
- c) Nível C – motoristas da corrente secundária tem que estar atentos a um número expressivo de veículos da corrente principal. Os tempos de espera são sensíveis. Começam-se a formar retenções de veículos, mas sem grande extensão e duração;
- d) Nível D – maioria dos motoristas da corrente secundária são forçados a efetuar paradas, com sensível perda de tempo. Para alguns dos veículos os tempos de espera podem ser elevados. Mesmo que se formem retenções de extensões maiores, elas voltam a se reduzir. O movimento do tráfego permanece estável.
- e) Nível E – formam-se retenções de veículos, que não se reduzirão enquanto permanecerem os mesmos volumes de tráfego. Os tempos de espera tornam-se muito elevados. Pequenos aumentos das interferências entre veículos podem provocar colapso do tráfego. Foi atingida a capacidade;
- f) Nível F – número de veículos que chegam à interseção durante um longo intervalo de tempo é superior à capacidade. Formam-se longas e crescentes

filas de veículos, com elevados tempos de espera. Esta situação é aliviada apenas com sensível queda dos volumes de tráfego. A interseção está sobrecarregada;

Para se obter o nível de serviço da rotatória, calcula-se o Tempo Médio de Espera da Rotatória  $TMER$ , que é expresso pela equação (11).

$$TMER = \sum_4^1 \frac{Z_i \times TME_i}{\sum Z_i} \quad (11)$$

Onde:

$TMER$  = tempo médio de espera na Rotatória, em segundos.

$Z_i$  = fluxo na entrada  $i$ , em UCP/h.

$TME_i$  = tempo de espera na entrada  $i$ , em segundos.

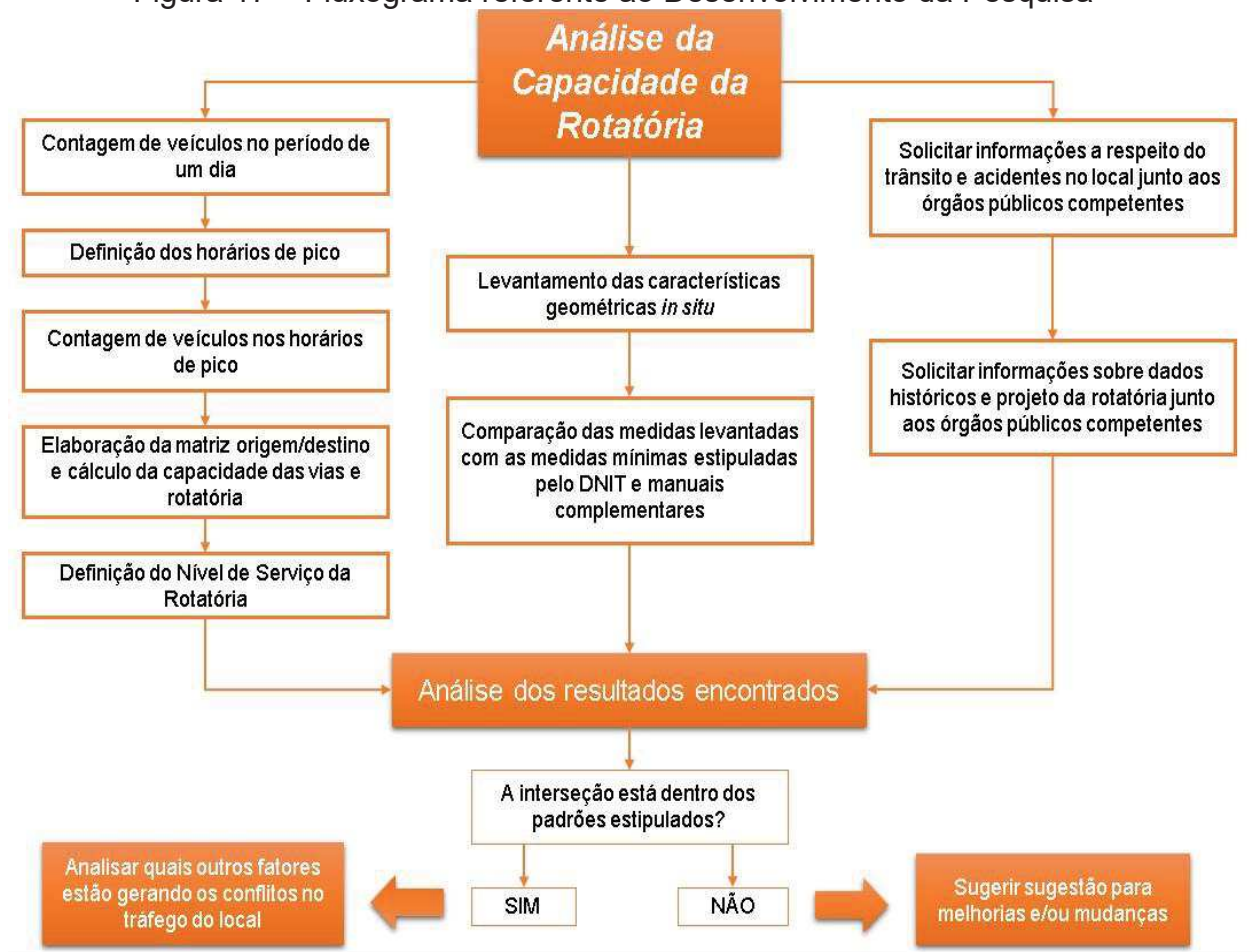
Utilizando o quadro 4 pode-se determinar o nível de serviço da rotatória, em função do tempo médio de espera ( $TMER$ ). Se uma das entradas quaisquer atingir o nível F, a rotatória está no nível F também.

Para o DNIT (2005) o nível de serviço máximo aceitado é o Nível D, abaixo disso deve-se prever outra forma de interseção ou melhorias. O autor ainda destaca que pelas normas alemãs, a capacidade de saída de uma rotatória com uma ou duas faixas é de 1.200 a 1.400 unidades de carros de passeio por hora para cada ramo de saída com uma única faixa.

### 3 METODOLOGIA

Depois de todo o levantamento do referencial bibliográfico a respeito do tema e dos assuntos envolvidos, seguiu-se o levantamento de dados e as etapas deste processo. A figura 17 apresenta o fluxograma de como foi desenvolvida a pesquisa a partir da coleta de dados.

Figura 17 – Fluxograma referente ao Desenvolvimento da Pesquisa

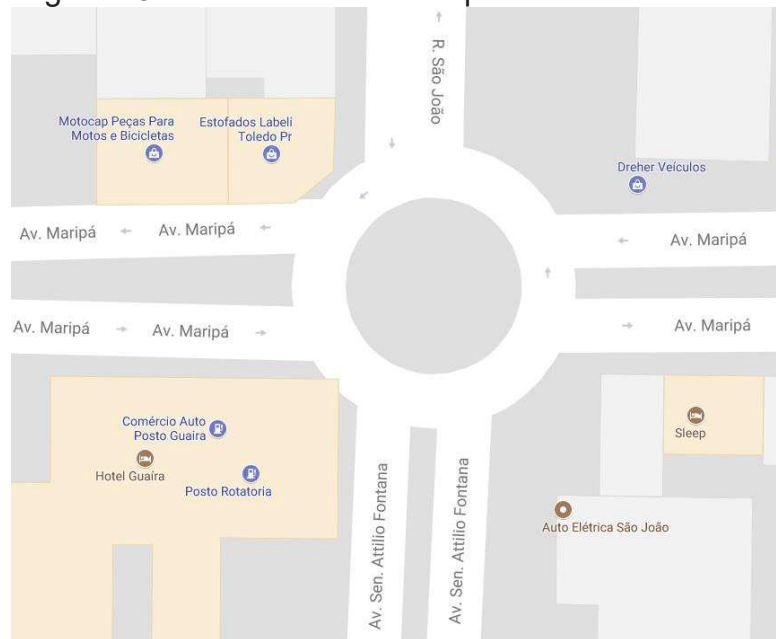


#### 3.1 LOCAL DE ESTUDO

A interseção do estudo de caso está localizada no centro da cidade, ponto de grande movimento. A rotatória analisada possui quatro ramos, duas vias de circulação e é composta pelas seguintes vias:

- a) Avenida Maripá – atravessa o município de leste a oeste, sendo rota de acesso para a BR-467 (leste), para a UPA (Unidade de Pronto Atendimento) e para a Estrada Municipal (leste) que liga alguns distritos do município;
- b) Rua São João – atravessa o município de norte a sul, sendo rota de acesso para a Avenida Parigot de Souza (norte) e bairros localizados ao norte, compreende o trecho que se inicia ao norte e termina na chegada da rotatória;
- c) Avenida Senador Atílio Fontana – atravessa o município de norte a sul, compreende o trecho que se inicia na rotatória e termina ao sul, sendo rota de acesso para a PR-182 e para a Estrada da Usina, ligação para áreas rurais da cidade.

Figura 18 - Rotatória escolhida para o estudo de caso



Fonte: *Google Maps* (2017).

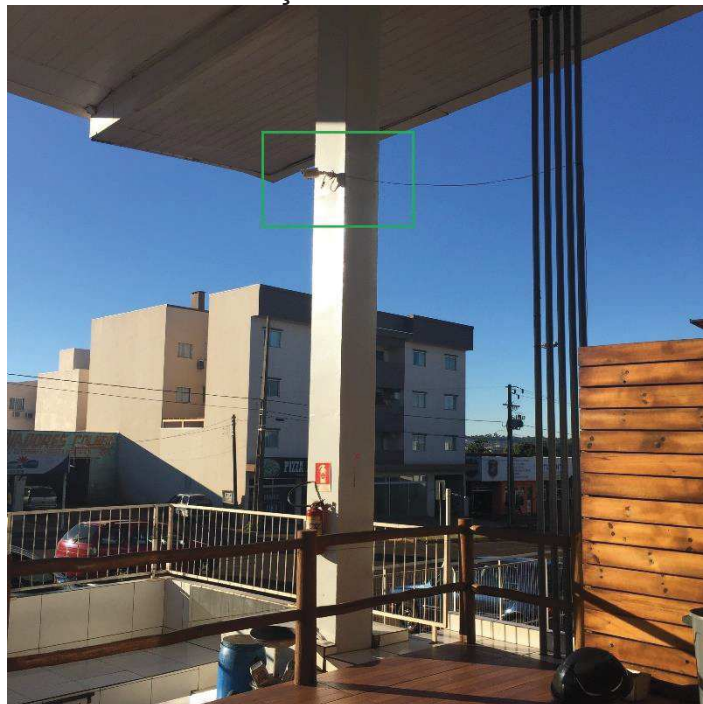
### 3.2 PESQUISAS DE TRÁFEGO

A pesquisa de tráfego foi caracterizada como contagem volumétrica de caráter direcional e classificatório. O método de levantamento empregado foi videoteipe, a rotatória foi filmada durante o período de quatro semanas e foi realizada a contagem manual dos veículos com os vídeos.

Para a filmagem da rotatória foi locado um equipamento de videomonitoramento durante trinta dias. A câmera escolhida foi de longo alcance e

ótima resolução, com abertura focal suficiente para enquadrar todas as entradas e saídas. Antes da instalação do equipamento, foi realizado um teste com uma câmera comum a fim de identificar o melhor ponto. O local que apresentou as condições necessárias para o equipamento e as condições de visibilidade do cruzamento foi o Posto Rotatória, localizado em uma das esquinas da interseção. Podemos observar na Figura 19 o ponto de instalação da câmera e o ângulo de visão da rotatória.

Figura 19 – Local de instalação da câmera de videomonitoramento



Fonte: Autor, 2018.

A instalação foi realizada no dia 26 de março de 2018, com término da coleta no dia 25 de abril de 2018, totalizando os trinta dias de contrato. Foi firmada uma parceria com a Secretaria de Segurança e Trânsito da Prefeitura de Toledo para o custeio de toda a instalação, e em troca todos os dados coletados e resultados serão repassados para o setor de engenharia de tráfego.

Durante a primeira semana de filmagem o clima estava chuvoso, inviabilizando a utilização dos dados para os cálculos, portanto foram descartados. Na segunda semana de coleta de dados ocorreu um problema técnico, a fonte da câmera queimou e não houve gravação de filmagens no período. Os dados passaram a ser validados somente a partir do dia 09 de abril de 2018, em uma segunda-feira.

Foram considerados para a contagem de veículos os dias típicos de tráfego, sendo eles terça, quarta e quinta-feira. A segunda e sexta-feira foram desconsiderados por serem dias que podem apresentar picos anormais de veículos devido ao final de semana.

### 3.2.1 Contagem de 24 horas

A contagem de 24 horas foi realizada com as filmagens do dia 10 de abril de 2018, em uma terça-feira. Os veículos foram contados e convertidos em unidades de carro de passeio (UCP), e através dos dados foram definidas as duas horas de maior fluxo de veículos no decorrer do dia.

Com os dados do fluxo de veículos de um dia também foi definido o volume médio diário e o fator hora pico.

### 3.2.2 Contagem horário de pico

Definido o horário de pico, iniciaram-se as contagens diárias nas duas horas de maior fluxo. Para este trabalho foi estabelecido contagem de 1 hora em cada horário pico identificado por dia, levando em conta que os horários de pico foram estipulados a partir da análise do fluxo de um dia na rotatória, garantindo maior exatidão para a contagem.

O período de contagem foi de duas semanas, 6 dias, totalizando 12 horas de contagem nos horários de pico. Deve-se ressaltar que feriados, final de semana e dias com características atípicas foram descartados da contagem para mantê-la fiel ao fluxo presente no cotidiano.

Foi coletado a maior quantidade possível de dados dentro do tempo disponível, para manter a amostra homogênea e representativa. Atingir um nível de confiabilidade alto é imprescindível para obter os melhores resultados possíveis.

### 3.2.3 Cálculo da capacidade da rotatória

Os dados coletados com as contagens foram manipulados e transformados em volumes de veículos equivalentes, usando os fatores do quadro 3. Com base nos



volumes encontrados foram criadas as matrizes origem e destino dos dois horários de pico do dia, utilizando os valores médios de todos os dias de contagem.

Realizou-se o cálculo da capacidade da rotatória para os dois horários de pico definidos, comparando os resultados.

A partir da matriz de origem e destino, foram definidos os valores necessários para o cálculo da capacidade básica ( $G_i$ ), que é a capacidade de entrada. Os cálculos prosseguiram da seguinte forma:

- a) Cálculo da Capacidade Básica utilizando a equação (9);
- b) Determinação do Fator de Pedestres com o auxílio do gráfico da Figura 16 – caso para duas faixas de circulação;
- c) Cálculo da Capacidade de Entrada utilizando a equação (10);
- d) Determinação da Capacidade Residual, equação (11);
- e) Determinação do Tempo Médio de Espera com o auxílio do gráfico da Figura 17;

Realizado todos esses procedimentos foi definido o nível de serviço de cada acesso da interseção, considerando os parâmetros expostos no quadro 4.

Com a aplicação da equação (12) definiu-se o Tempo Médio de Espera da Rotatória (TMER) e o nível de serviço de toda a interseção. Com o nível de serviço definido, analisou-se as condições de operação do cruzamento.

### 3.3 COLETA DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

O levantamento das características geométricas da rotatória foi realizado com o auxílio de uma trena analógica de rodas. O equipamento que foi usado é apresentado na Figura 20.

Figura 20 – Equipamento para medida, trena analógica de rodas



Fonte: Autor, 2018.

Com todos os valores coletados, foram comparadas as dimensões reais com as dimensões do projeto original da rotatória, averiguando se foi executado de acordo com o projetado.

Todos os valores dos elementos geométricos foram comparados com os valores mínimos e valores recomendados apontados no item 2.4.2 da revisão bibliográfica. Desta forma, foi possível definir se a rotatória atende aos padrões geométricos estipulados.

É preciso considerar que vários autores destacaram a importância dos padrões geométricos para o bom desempenho de uma rotatória.

### 3.4 COLETA DE INFORMAÇÕES LOCAIS

Para ser analisado com mais precisão as causas e os problemas atuais encontrados no local, foram coletadas informações a respeito do trânsito no local, número de acidentes, projeto de execução da rotatória e dados históricos.

As informações a respeito da frota de veículos da cidade de Toledo foram obtidas no site do Detran Paraná. A partir dos dados das frotas foi previsto a frota para os próximos 10 anos e calculada a taxa média de crescimento anual.

As informações sobre o trânsito foram solicitadas junto ao Departamento de Trânsito de Toledo (DepTrans). As informações a respeito dos acidentes foram solicitadas e adquiridas junto a Comissão Municipal Intersetorial de Prevenção de

Acidentes e Segurança no Trânsito de Toledo, que é uma comissão formada pela Guarda Municipal, Polícia Militar, Corpo de Bombeiros e outros órgãos de segurança o município.

As informações a respeito do projeto original, datas da implantação, coleta de dados antigos e dados históricos da rotatória foram solicitadas e adquiridas no setor de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Toledo.

## 4 RESULTADOS

Depois de uma concisa explicação da metodologia (capítulo 3) utilizada na coleta de todos os dados necessários, a seguir são apresentados os resultados obtidos, iniciando-se pelas informações junto aos órgãos públicos, levantamento geométrico e finalizando com os resultados da pesquisa de tráfego.

### 4.1 INFORMAÇÕES LOCAIS

Visando obter quantidade e qualidade de dados suficientes para compreender a atual situação do trânsito na interseção, foram coletadas as informações sobre frota de veículos, registros de acidentes e projetos da rotatória.

#### 4.1.1 Frota de veículos

Os dados sobre a frota de veículos do município de Toledo estão disponíveis no site do Detran – PR, sendo encontrados valores das frotas de 2007 até início deste ano. Os valores foram comparados anualmente, tendo como base sempre o mês de janeiro de cada ano.

É importante salientar que estes dados são referentes aos veículos registrados e devidamente cadastrados no município, não estão inclusos nos totais os veículos que transitam pela cidade com emplacamento de outro município, e os veículos baixados, que teoricamente não deveriam estar em circulação. Também é importante lembrar que nem todos os veículos registrados estão em circulação dentro do município.

Os dados no site do Detran estão discriminados por tipo de veículos, entretanto para o presente trabalho os resultados destacados referem-se aos valores totais da frota registrada e sua projeção para os próximos 10 anos.

No Quadro 5 é apresentado o valor total da frota de cada ano, no mês de janeiro, e a taxa de crescimento anual. Até o ano de 2013 a taxa de crescimento

variava de 8 a 12%, indicando um período de crescimento, no entanto a partir dos anos seguintes a variação da taxa caiu para 3 a 6% ao ano.

Quadro 5 – Frota de veículos no município de Toledo-PR

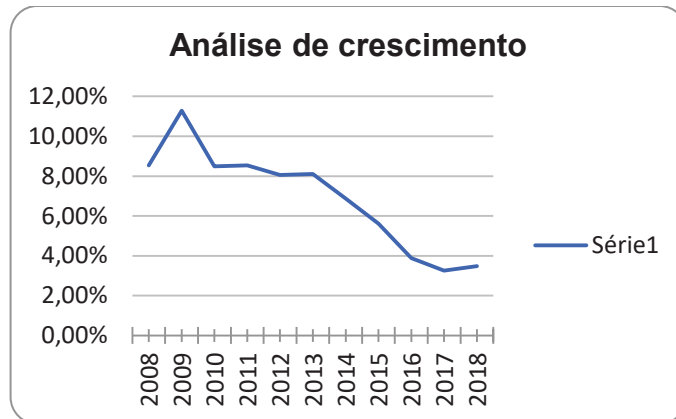
Frota de Veículos Registrados		
Ano	Total	Taxa crescimento
2007	47.364	---
2008	51.411	8,54%
2009	57.212	11,28%
2010	62.069	8,49%
2011	67.364	8,53%
2012	72.786	8,05%
2013	78.689	8,11%
2014	84.095	6,87%
2015	88.814	5,61%
2016	92.259	3,88%
2017	95.263	3,26%
2018	98.578	3,48%

Fonte: Detran, 2018.

Os dados apresentados desde o ano de 2007 mostram um período com uma discrepância na taxa de crescimento que não condiz com a atual situação do país e do estado do Paraná. É preciso considerar que o país passou por uma fase de crescimento acelerado e com a crise de 2014/2017 iniciou uma recessão, que ainda se encontra formalmente presente. Como não temos perspectiva de mudança nesse cenário, considera-se que a tendência é manter a mesma variação da taxa de crescimento. Portanto para o cálculo da projeção da frota de veículos foi utilizada a taxa de crescimento a partir do ano de 2013.

O Gráfico 1 ilustra essa análise da diferença no crescimento ao longo dos anos. Nota-se que a diferença é relativamente grande, e que desde o ano de 2015 o crescimento se mantém estável.

Gráfico 1 - Análise da taxa de crescimento anual da frota de veículos do município de Toledo-PR



Fonte: Detran, 2018

A taxa de crescimento médio do ano de 2013 até 2018 foi de 4,61%, a partir dela foi calculada a projeção da frota total até o ano de 2028. No Quadro 6 é indicado os valores encontrados.

Quadro 6 – Projeção da frota de veículos de Toledo-PR

Projeção do crescimento	
Ano	Taxa 2013-hoje
2019	103122
2020	110228
2021	117823
2022	125942
2023	134620
2024	143896
2025	153811
2026	164410
2027	175739
2028	187848

Fonte: Detran, 2018.

De acordo com a projeção, em 2028 a frota de Toledo será de 187.848 veículos, se comparada com a frota atual, indica um aumento de 90,56% daqui há 10 anos, é praticamente o dobro de veículos em circulação, e conseqüentemente o aumento do fluxo de veículos nas vias urbanas.

#### 4.1.2 Acidentes de trânsito

No início do ano passado foi criada uma comissão entre todos os órgãos de segurança e trânsito, para compatibilizar todos os dados relacionados ao trânsito e acidentes que estavam registrados separadamente em cada unidade. Devido a este fato, não foi preciso ir a todos os locais, todas as informações foram coletadas com a comissão.

A Comissão Municipal Intersetorial de Prevenção de Acidentes e Segurança no Trânsito de Toledo repassou que foram registrados e atendidos ao todo quatro acidentes ao longo do último ano. O Quadro 7 mostra os dados de cada acidente, indicado se houve vítima e o tipo de veículo envolvido.

Quadro 7 – Acidentes no cruzamento da Avenida Maripá com Rua São João (Janeiro a Dezembro de 2017 / Janeiro a Fevereiro de 2018)

Data	Hora	Tipo de Acidente	Veículos envolvidos	Condição
24/02/2017	20:00	Atropelamento	Automóvel	Com vítima
08/08/2017	13:28	Abalroamento Lateral	Automóvel x Ônibus	Não informado
17/11/2017	17:00	Colisão Traseira	Automóvel	Não informado
09/08/2017	21:53	Abalroamento Transversal	Automóvel x Motoneta	Com vítima

Fonte: Comissão Municipal Intersetorial de Prevenção de Acidentes e Segurança no Trânsito de Toledo-PR, 2018.

A comissão é formada pela Secretaria de Segurança e Trânsito, Polícia Militar do Paraná (PM), Corpo de Bombeiros e Núcleo Municipal de Segurança. Os dados obtidos foram coletados a partir dos atendimentos da PM, corpo de bombeiros e guarda municipal, e também os acidentes registrados online via site Boletim de Acidente Online (BATEU).

Deve-se destacar que parte dos acidentes sem vítimas e considerados de pequena e média monta, dificilmente são registrados, o que pode indicar ocorrência de mais acidentes do que apenas os quatro apresentados no Quadro 7.

#### 4.1.3 Dados sobre o projeto da rotatória

De acordo com o setor de Planejamento da Prefeitura Municipal de Toledo, a rotatória foi implantada em outubro de 2007, e seu projeto foi feito pelo mesmo setor em agosto de 2007. No Anexo B é disponibilizado o projeto da rotatória executado,

constando a planta baixa, os cortes e o paisagismo aplicado na época. Esse projeto foi disponibilizado pelo próprio setor.

O setor de Planejamento não tinha nenhum outro arquivo ou informação se foram feitos estudos de tráfego e estudos da melhor interseção com previsão do tráfego futuro. O que foi informado é que o projeto foi executado para melhorar o cruzamento na época, e os parâmetros geométricos e medidas foram definidos de acordo com o que era possível ser implantado na interseção e com os modelos já implantados na cidade na época.

O setor de Engenharia de Tráfego, da Secretaria de Segurança e Trânsito, também foi consultado sobre a existência de pesquisas de tráfego de veículos no local, e o setor não tinha nenhum estudo até a presente data. Todos os estudos já realizados pelo setor nos últimos anos foram em cruzamentos semaforizados para fazer a sincronização semafórica a partir dos dados.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

As medidas geométricas foram coletadas na rotatória em um domingo pela manhã devido ao baixo fluxo de veículos nesse período. Todos os dados coletados foram comparados e analisados e foram apresentados em tópicos para facilitar a discussão. Foram apresentados os comparativos das medidas in loco, medidas constantes no projeto original da rotatória (Anexo B) e as medidas recomendadas pelos autores citados na revisão bibliográfica (vide capítulo 2).

### 4.2.1 Dimensão geral da rotatória e da ilha central

A dimensão geral da rotatória vai influenciar na sua capacidade e também na velocidade dos veículos que passam pela interseção. No Quadro 8 é apresentado o comparativo entre as medidas, considerando o tamanho do diâmetro total (incluso as faixas de circulação), a ilha central e as faixas de circulação na rotatória. Importante lembrar que consideramos as características de uma rotatória moderna com duas faixas de circulação.



Quadro 8 – Comparativo dos valores de diâmetro total e ilha central

Elemento geométrico	Medidas Projeto (m)	Medidas in loco (m)	Medidas recomendadas (m)
Faixa de circulação	8,00	7,50	1,2xLE
Ilha central	19,00	19,00	> 30
Diâmetro Circular Inscrito	40,00	40,00	46 - 67

Fonte: Autor, 2018.

Com base no comparativo, pode-se perceber que a largura da faixa de circulação da rotatória foi executada 50 centímetros menor que o projetado. A largura recomendada depende da maior largura de entrada (LE) e é calculada pela proporção de 1,2 vezes a maior LE da interseção. Para a rotatória de estudo, a maior LE medida no local foi de 8,90 metros, tendo assim uma largura recomendada de 10,70 metros para as duas faixas de circulação dentro da rotatória.

O diâmetro circular inscrito (DCI) e a ilha central não apresentaram divergências de valores entre o projeto e o executado, entretanto os valores estão abaixo dos mínimos recomendados para o caso em estudo. Quando a ilha central tem um tamanho inferior ao recomendado, o veículo não precisa reduzir tanto a velocidade para entrar na circulação, o que gera conflitos de tráfego.

Outra característica a ser levantada é a ilha central é formada por duas partes, a primeira é um círculo elevado com diâmetro de 19 metros, plano, com lateral de concreto e interior com gramado. Essa elevação varia conforme o ângulo de cada acesso devido ao fato da própria via ter uma pequena inclinação. Os problemas dessa elevação são apontados na discussão sobre critérios de visibilidade.

A segunda parte tem largura de 2,95 metros, a partir da primeira parte, ou então raio de 12,45 metros, a partir do centro. Esse trecho foi executado em paver e na borda exterior colocado tachões, demarcando assim um espaço que não deveria ser transposto. Entretanto devido a sua inclinação diferenciada em torno da ilha central, essa segunda parte é usada como se fosse uma berma galgável, possibilitando a passagem de veículos maiores, mas também possibilitando que os veículos de alguns sentidos entrem no fluxo giratório com maior velocidade.

Na Figura 21 e 22 podemos observar ambas as partes, nota-se que a inclinação varia muito ao longo da circunferência.

Figura 21 – Vista da rotatória da esquinada Avenida Maripá com a Avenida Senador Atílio Fontana – Lado esquerdo superior chegada da Rua São João



Fonte: Autor, 2017

Figura 22 – Vista da rotatória pelo acesso da Avenida Senador Atílio Fontana



Fonte: Autor, 2018

Pode-se notar que para os veículos que chegam pelo acesso da rua São João, a berma galgável está praticamente no mesmo nível da faixa de circulação, facilitando a entrada no fluxo. Na figura 22 tem-se a foto da vista do acesso pela Avenida Senador

Atílio Fontana, onde é possível perceber a diferença na elevação da ilha central e consequentemente da inclinação da parte em pavers.

Considerando que esse segundo trecho em pavers é utilizado pelos veículos como sendo uma berma galgável, foi comparado a inclinação e largura do trecho com os valores recomendados pelos manuais. Além dessa comparação, conjuntamente é apresentado no Quadro 9 as alturas da ilha elevada.

Quadro 9 – Inclinação berma galgável e altura da ilha central

Acesso	Berma Galgável		Elevação Ilha central (m)
	Inclinação (%)	Largura (m)	
Avenida Maripá (centro)	3,23	3,10	0,60
Avenida Senador A. Fontana	19,05	3,15	1,10
Avenida Maripá (bairro)	22,03	2,95	1,15
Rua São João	8,47	2,95	0,75

Fonte: Autor, 2018.

Os dados apresentados no Quadro 9 se referem ao quadrante em frente a cada ramo da interseção. Os valores recomendados para a inclinação da berma galgável variam de 3 a 5%, sendo assim, somente um quadrante estaria de acordo, os outros extrapolam os limites. Essa diferença na inclinação favorece a entrada de um fluxo de veículos sobre o outro, situação que não poderia acontecer nesse tipo de cruzamento.

#### 4.2.2 Geometria dos ramos de acesso

Os ramos de acesso da rotatória apresentam pontos importantes analisados, sendo eles a largura de entrada (LE), largura de saída (LS) e ângulo de entrada. O comparativo dos valores encontrados desses elementos e dos valores recomendados está apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 – Comparativo dos valores da LE, LS e ângulo de entrada

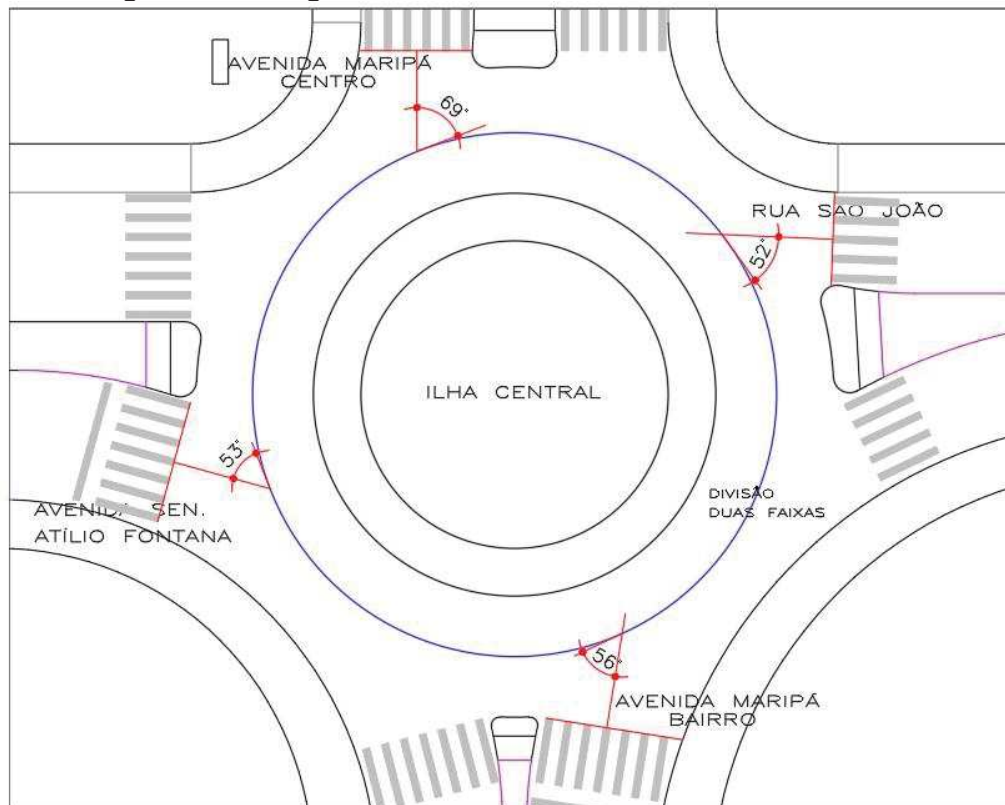
Acesso	LE			LS			Ângulo ( $\Phi$ )	
	P	IN	R	P	IN	R	IN	R
Avenida Máripa (centro)	7,30	7,30	$\geq 6,00$	7,50	8,00	8,00 - 9,00	69°	20° a 50°
Avenida S. A. Fontana	8,40	8,70	$\geq 6,00$	8,00	8,10	8,00 - 9,00	53°	20° a 50°
Avenida Maripá (bairro)	9,00	8,90	$\geq 6,00$	8,50	8,40	8,00 - 9,00	56°	20° a 50°
Rua São João	6,80	6,50	$\geq 6,00$	6,90	8,00	8,00 - 9,00	52°	20° a 50°

Fonte: Autor, 2018.

No Quadro 10, as colunas P, IN e R significam, respectivamente, Projeto, In loco e Recomendado. Tanto as larguras de entrada, como as larguras de saída, apresentaram variações em relação ao que foi projetado do que foi executado, mas de toda a forma estão dentro dos valores recomendados.

O ângulo de entrada de todos os acessos está acima do limite recomendado. Ângulos maiores não contribuem para o aumento de velocidade, mas causam conflitos no tráfego e podem atrapalhar no desempenho da rotatória. A Figura 23 ilustra como foram determinados os ângulos para cada ramo da rotatória.

Figura 23 – Ângulos de entrada em cada ramo da rotatória



Fonte: Autor, 2018

O método de determinação do ângulo está explicado na revisão bibliográfica, no item 2.2.4.2. O cálculo foi realizado considerando a borda da berma galgável como a borda externa da ilha central. O maior valor de ângulo de entrada encontrado é no acesso da Avenida Maripá (centro), é o valor que mais diverge do recomendado, enquanto os outros três ângulos estão poucos graus acima do máximo.

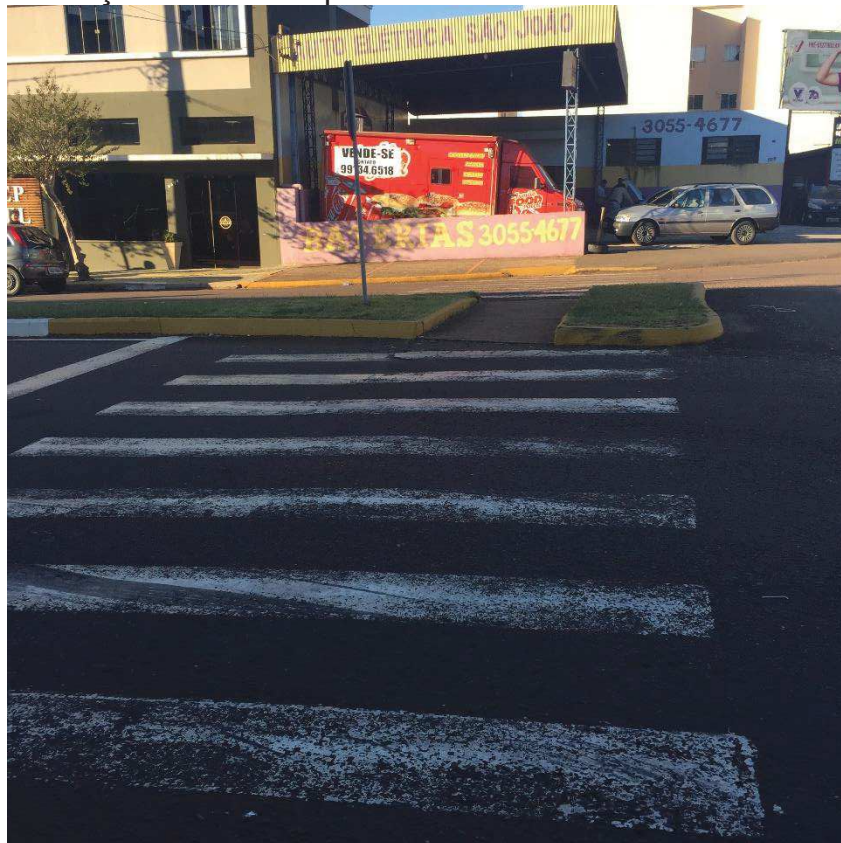
#### 4.2.3 Ilhas canalizadoras e faixas de pedestres

As ilhas canalizadoras e as faixas de pedestres foram executadas conforme está descrito no projeto original (Anexo B). Contudo, quando comparadas aos parâmetros recomendados, alguns itens estão em desacordo.

As faixas de pedestres estão localizadas muito próximo da rotatória, com isso o fluxo de pedestres atrapalha o veículo que quer entrar no giro e também o veículo que pretende sair do giro. Segundo a recomendação o ideal é que as faixas de pedestres fiquem a uma distância mínima de 7,50 metros da entrada na rotatória, garantindo assim que o veículo possa cuidar o pedestre na faixa e depois ter espaço suficiente para prestar atenção no giro do fluxo de veículos e se inserir em segurança na rotatória.

A Figura 24 é uma foto da localização da faixa de pedestres em um dos ramos da rotatória. Nota-se que a faixa está praticamente no mesmo alinhamento da ilha canalizadora.

Figura 24 – Posição da faixa de pedestre no acesso da Avenida Maripá (bairro)



Fonte: Autor, 2018.

A atual configuração do posicionamento das faixas de pedestres afeta a segurança dos pedestres e dos motoristas que tentam entrar no fluxo giratório do dispositivo.

Em relação as ilhas canalizadoras, quase todas atendem as recomendações mínimas, somente a ilha canalizadora do acesso da Avenida Maripá (centro) não está de acordo. Na Figura 25 podemos ver a atual geometria desta ilha, ela possui vagas de estacionamento de ambos os lados, até próximo da interseção.

Figura 25 – Ilha canalizadora com vagas de estacionamento no acesso da Avenida Maripá (centro)



Fonte: Autor, 2018.

A ilha canalizadora é um elemento geométrico usado para canalizar o tráfego e auxiliar na proteção da travessia do pedestre. Neste caso, a ilha canalizadora não está desempenhando sua função e acima disso, o estacionamento próximo de uma interseção atrapalha o fluxo de veículos e diminui a visibilidade.

#### 4.2.4 Critérios de visibilidade

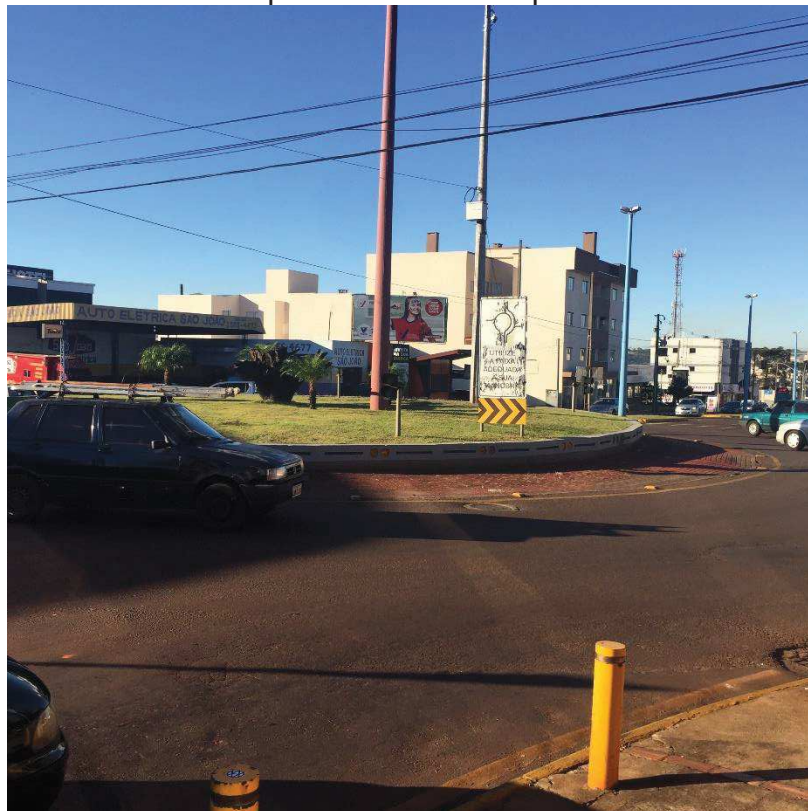
O critério de visibilidade, apontado pelos autores como um ponto importante para o bom funcionamento do dispositivo na interseção, foi analisado no local e comprovado que a visibilidade em algumas entradas está comprometida.

São três os principais obstáculos para cumprir todos os critérios de visibilidade que devem ser observados:

- a) Ilha central elevada – dificulta a visibilidade do anel e a visibilidade de entrada do anel;
- b) Construção próxima da esquina – dificulta a visibilidade de entrada do anel, a visibilidade de entrada à esquerda e a visibilidade de parada;
- c) Ilha canalizadora com vagas de estacionamento – dificulta a visibilidade de parada.

Nas Figuras 26 e 27 são destacadas a dificuldade de perceber os veículos que estão no anel devido à elevação da ilha central em alguns pontos.

Figura 26 – Visibilidade comprometida do anel pelo acesso da Rua São João



Fonte: Autor, 2018.

É notável que a altura da ilha central atrapalha o condutor de visualizar se algum veículo está realizando o giro para usar a saída da Avenida Maripá (centro). Os veículos, principalmente carro e motos, ficam escondidos por trás da ilha central, só sendo identificados e percebidos quando já estão realizando a conversão.

Figura 27 – Visibilidade comprometida do anel pelo acesso da Avenida Maripá (centro)



Fonte: Autor, 2018.

Na Figura 27 é apresentada a mesma dificuldade causada pela elevação da ilha central, mas agora em outro ramo da rotatória. Para o diâmetro da rotatória o recomendado segundo os critérios de visibilidade é que a ilha central não tenha elevação que comprometa a visão total do anel.

Ainda ao se observar o acesso pela Avenida Maripá (centro), os outros ângulos de visão do condutor também possuem visibilidade comprometida. As Figuras 27 e 28 são capazes de comprovar o pequeno campo de visão.

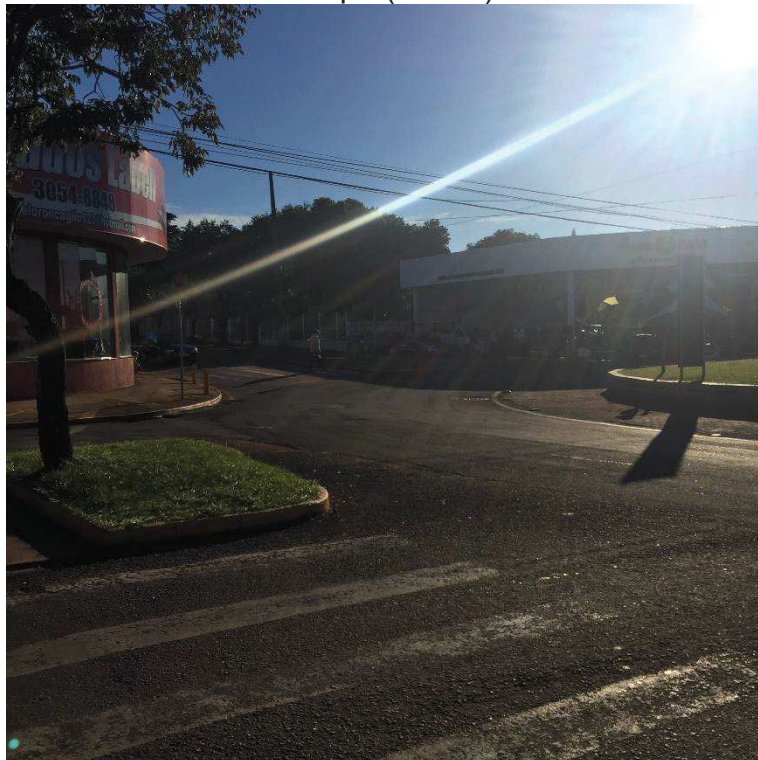


Figura 28 – Visibilidade comprometida do critério de parada pelo acesso da Avenida Maripá (centro)



Fonte: Autor, 2018

Figura 29 – Visibilidade comprometida do critério de parada pelo acesso da Avenida Maripá (centro)



Fonte: Autor, 2018.

Na Figura 28 têm-se o campo de visão do veículo que se mantém na faixa da esquerda, já na Figura 29, o campo de visão é do veículo que se encontra na faixa da direita. Pode-se observar que além da ilha central elevada, temos uma construção próxima da esquina, árvore e estacionamento dificultado uma boa visão.

Considerando os quatro critérios de visibilidade que devem ser observados, o Quadro 11 apresenta os índices de visibilidade para cada ramo.

Quadro 11 – Critérios de visibilidade

Acesso	Visibilidade de Parada	Visibilidade de Entrada à esquerda	Visibilidade de Entrada no Anel	Visibilidade do Anel
Avenida Maripá (centro)	Dificuldade	Dificuldade	Ok	Dificuldade
Avenida Senador A. Fontana	Ok	Ok	Ok	Ok
Avenida Maripá (bairro)	Dificuldade	Dificuldade	Ok	Dificuldade
Rua São João	Dificuldade	Dificuldade	Ok	Dificuldade

Fonte: Autor, 2018.

O único acesso que não apresenta dificuldades nos critérios de visibilidade é a Avenida Senador Atilio Fontana, os outros acessos apresentam dificuldade em pelo menos um critério, e essas dificuldades são geradas pelos incômodos apresentados nas figuras anteriores.

#### 4.2.5 Outros fatores comparados

Durante o período de filmagem e de contagem de fluxo de veículos foram observados alguns pontos importantes para o presente trabalho.

No projeto da rotatória de 2007 (Anexo B), consta que todas as esquinas da rotatória possuem meio fio, não há menção sobre guia rebaixada nesses pontos. Entretanto observando no local e nas filmagens, foi constatado que três das quatro esquinas possuem guia rebaixada para entrada e saída de veículos dentro da rotatória, atrapalhando o fluxo que nela circula.

É possível identificar os pontos a partir das fotos apresentadas abaixo. Durante as filmagens, muitos veículos entraram e saíram da rotatória usando estes acessos, o que gera pontos de conflitos dentro das faixas de circulação (Figuras 30, 31 e 32).

Figura 30 – Guia rebaixada na esquina da Avenida Senador Atílio Fontana com a Avenida Maripá, onde funciona atualmente uma mecânica



Fonte: Autor, 2018.

Figura 31 – Guia rebaixada na esquina da Avenida Maripá (bairro) com a Rua São João, onde funciona uma revenda de veículos



Fonte: Autor, 2018.

Figura 32 – Guia rebaixada na esquina da Avenida Maripá (centro) com a Avenida Senador Atílio Fontana, onde funciona um posto de combustível



Fonte: Autor, 2018.

Nota-se que as guias rebaixadas proporcionam o acesso de veículos diretamente nos arcos da rotatória. É importante salientar que a falta de educação no trânsito dos motoristas também interfere negativamente nesse ponto.

Uma outra questão a ser abordada é o maior veículo observado no fluxo da rotatória. Trata-se de um bitrem de 7 eixos, que utilizou as duas faixas e possivelmente invadiu a berma galgável para concluir a passagem. A Figura 33 mostra a tela do vídeo no momento que o reboque faz o percurso.

Figura 33 – Maior veículo identificado durante as filmagens



Fonte: Videomonitoramento, 2018.

A incidência destes veículos, como o indicado na Figura 33, se mostra presente durante todos os dias, ainda assim não representam um quantitativo considerável se comparado com os fluxos dos outros tipos de veículos.

#### 4.3 PESQUISAS DE TRÁFEGO: CÁLCULO DA CAPACIDADE

Em todos os dias que foram realizadas as contagens para as pesquisas de tráfego, o clima estava bom, dia ensolarado com a presença de poucas nuvens. Não foi identificado nenhuma interferência no trânsito ou situações atípicas.

Os fatores avaliados em todos os dias da filmagem foram apresentados no Quadro 12, onde é identificado os dias que foram desconsiderados nas contagens por dois motivos principais, chuva e problemas técnicos com o equipamento.

Quadro 12 – Dias de filmagem e os fatores observados para considerar ou não na contagem de veículos

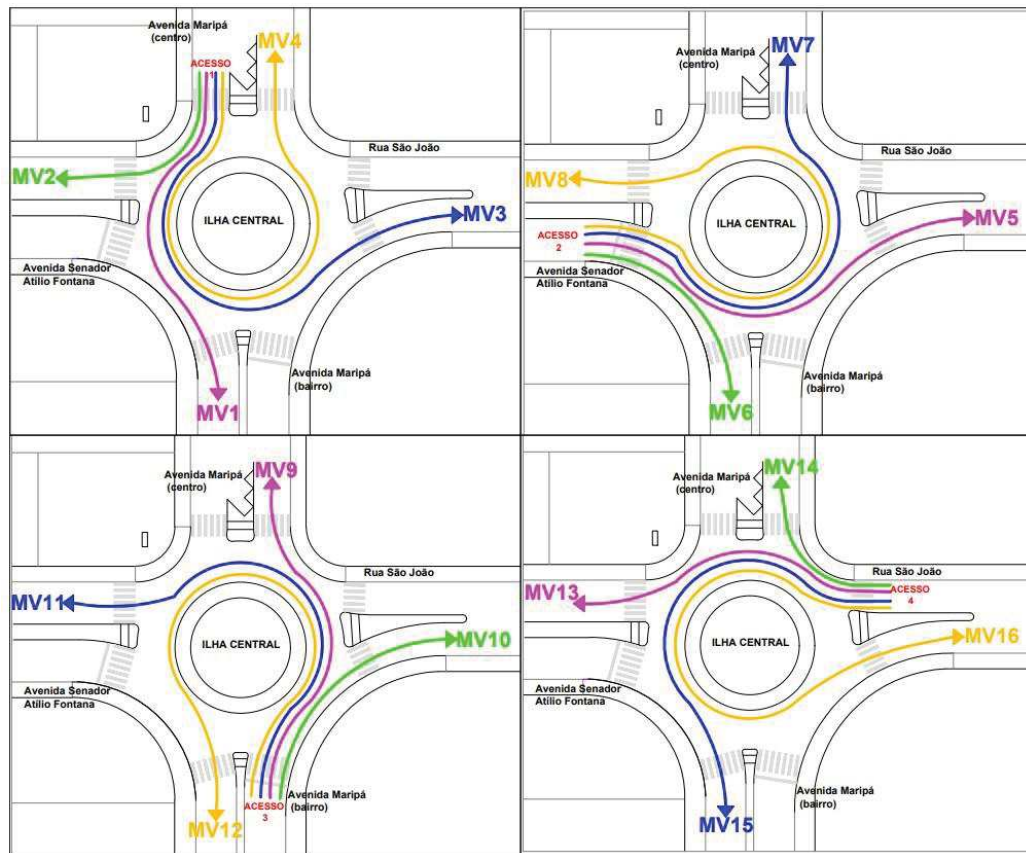
Dias de filmagem		Fatores avaliados		Aceito para contagem?
		Clima	Interferências	
27/mar	Terça-feira	Nublado, com chuva	Não houve	Desconsiderado
28/mar	Quarta-feira	Nublado, com chuva	Não houve	Desconsiderado
29/mar	Quinta-feira	Nublado, com chuva	Não houve	Desconsiderado
03/abr	Terça-feira	Ensolarado, poucas nuvens	Falha técnica no backup	Desconsiderado
04/abr	Quarta-feira	Ensolarado, poucas nuvens	Falha técnica no backup	Desconsiderado
05/abr	Quinta-feira	Ensolarado, sem nuvens	Falha técnica no backup	Desconsiderado
10/abr	Terça-feira	Ensolarado, sem nuvens	Não houve	Considerado
11/abr	Quarta-feira	Ensolarado, poucas nuvens	Não houve	Considerado
12/abr	Quinta-feira	Ensolarado, poucas nuvens	Não houve	Considerado
17/abr	Terça-feira	Ensolarado, algumas nuvens	Não houve	Considerado
18/abr	Quarta-feira	Ensolarado, poucas nuvens	Não houve	Considerado
19/abr	Quinta-feira	Ensolarado, sem nuvens	Não houve	Considerado

Fonte: Autor, 2018.

A contagem dos veículos foi realizada manualmente com o auxílio de uma planilha de contagem, onde era marcado separadamente cada tipo de veículo que era preciso identificar. O modelo de planilha usado foi adaptado a partir do modelo utilizado pelo Departamento de Trânsito da Secretaria de Segurança e Trânsito, alterando somente a classificação dos veículos, no Anexo C está apresentado o modelo da planilha e indicada as adaptações efetuadas.

Como a pesquisa do estudo é uma pesquisa classificatória de origem e destino, foi preciso numerar e identificar cada possível movimento realizado na interseção. Ao todo, a rotatória permite 16 movimentos, sendo eles conversão à direita, conversão à esquerda, seguir em frente e retorno para cada um dos quatro ramos que chegam na rotatória. Todos os movimentos e suas devidas numerações foram apresentados na Figura 34, onde também estão numerados os acessos da rotatória.

Figura 34 – Movimentos possíveis na rotatória numerados e separados por cada acesso



Fonte: Autor, 2018.

Cada acesso foi numerado a fim de facilitar a identificação no momento do cálculo e da apresentação dos resultados. A numeração e localização de cada acesso está identificado no Quadro 13.

Quadro 13 – Ramos da rotatória e numeração de acesso fornecida

Ramo da Rotatória	Acesso
Avenida Maripá (centro)	1
Avenida Senador Atilio Fontana	2
Avenida Maripá (bairro)	3
Rua São João	4

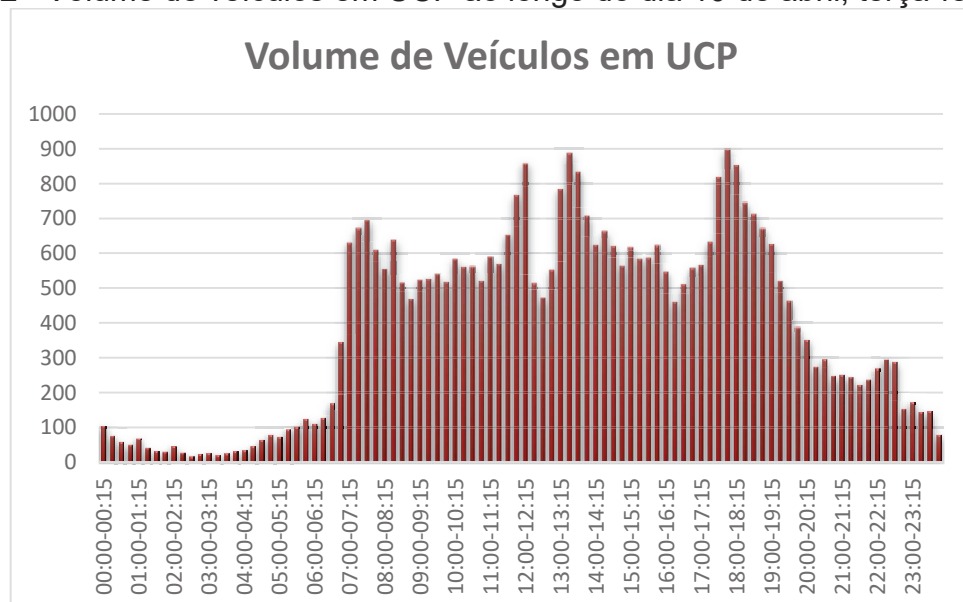
Fonte: Autor, 2018.

#### 4.3.1 Contagem de 24 horas e definição da hora pico

Optou-se por contar um dia inteiro, 24 horas, e assim definir os picos com maior exatidão. A planilha com a quantidade de veículos separada por tipos e a conversão de todos em UCP foi disponibilizada no Apêndice A, é possível ter uma visão mais detalhada da composição do tráfego a partir dela, no corpo do texto foram apresentados os resultados de forma sucinta.

Com todos os volumes de veículos convertidos em UCP, iniciou-se o processo de definição da hora pico. O Gráfico 2 apresenta a variação do volume ao longo do dia, sendo possível ter uma margem do horário de maior concentração de veículos na interseção.

Gráfico 2 - Volume de veículos em UCP ao longo do dia 10 de abril, terça-feira



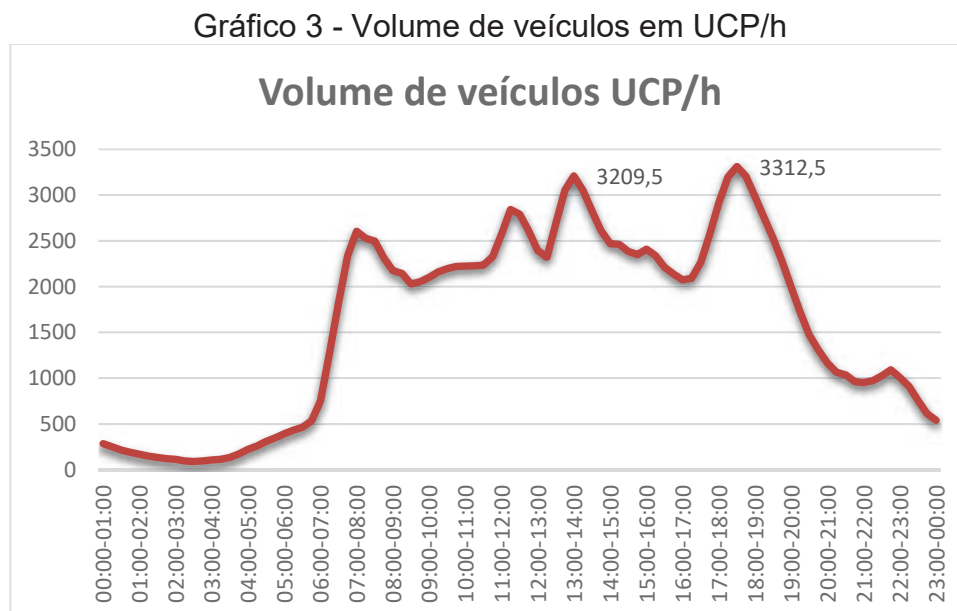
Fonte: Autor, 2018.

O volume a partir das 07 horas até as 19 horas se mantém acima de 400 UCP a cada 15 minutos de contagem. Com o auxílio do Gráfico 2 pode-se identificar que ocorrem três picos em horários distintos, pela manhã, no almoço e no final da tarde,

sendo que o pico do almoço e o pico da tarde são os maiores e mostram volumes mais constantes nos 15 minutos que antecedem e sucedem o pico.

Para identificar as horas de maior pico foi somado as contagens dos quatro períodos de 15 minutos em cada combinação de hora possível ao longo do dia, totalizando 93 horas. O quadro completo com todas as combinações de horas e os volumes calculados foram apresentados no Apêndice A.

Para ilustrar as horas de maior pico foi apresentado o Gráfico 3, nele nota-se que duas horas se destacam das demais com picos bem acima da média, os volumes em UCP/h estão indicados em cada topo.



Fonte: Autor, 2018

No Quadro 14 foram indicadas as duas horas de maior pico definidas para a contagem nos próximos dias. Também é apresentado o volume total de cada hora, sendo possível perceber que o fluxo é intenso na rotatória.

Quadro 14 – Horas de pico definidas para a contagem dos próximos dias

Hora	Volume UCP/h
13:00 - 14:00	3209,5
17:30 - 18:30	3312,5

Fonte: Autor, 2018

O fator hora pico (FHP) foi calculado com base nos dados da hora de maior pico (17:30 as 18:30 horas), o resultado obtido foi um FHP de 0,92, bem próximo dos



limites considerados para locais com saturação de fluxo de veículos. O volume médio diário do dia 10 de abril foi de 37.839 UCP, valor abaixo dos limites da norma americana, e acima dos limites da norma alemã.

#### 4.3.2 Contagem nos horários de pico e matriz O/D

Como foram definidos dois horários picos, os resultados foram calculados e apresentados separadamente. O pico das 13 às 14 horas é indicado como Pico do Almoço e o pico das 17:30 as 18:30 horas é indicado como o Pico da Tarde.

A contagem nos horários de pico foi realizada de 10 a 12 de abril e de 17 a 19 de abril, utilizando a mesma planilha de contagem e repetindo os mesmos procedimentos de conversão. Todos os dados separados por tipos de veículos e os totais em UCP foram apresentados no Apêndice B.

O foco principal da contagem de vários dias no horário de pico foi obter uma coleta de dados mais próxima o possível do cotidiano. Depois de todos os valores encontrados, foi calculada a média dos volumes em UPC/h, e a partir dela será definida a matriz origem destino (O/D) de cada pico.

O quadro com os valores médios de cada movimento em cada horário de pico utilizado para montar as duas matrizes O/D está apresentado no Apêndice B. Os valores totais de cada dia e o valor total médio foram apresentados no Quadro 15, onde é identificado a separação de cada pico.

Quadro 15 – Valores totais médios calculados para cada hora pico

PICO DO ALMOÇO		PICO DA TARDE	
DIA	VOLUME TOTAL	DIA	VOLUME TOTAL
10/abr	3650	10/abr	4043
11/abr	3388	11/abr	3867,5
12/abr	3316,5	12/abr	3954
17/abr	3638,5	17/abr	4109,5
18/abr	2546,5	18/abr	2870
19/abr	3522	19/abr	4244
<b>TOTAL</b>	<b>20061,5</b>	<b>TOTAL</b>	<b>23088</b>
<b>MÉDIA (UCP/h)</b>	<b>3343,6</b>	<b>MÉDIA (UCP/h)</b>	<b>3848</b>

Fonte: Autor, 2018.

Com os valores médios calculados e tabelados foram montadas as duas matrizes O/D de volumes em UCP de cada média de hora pico. Os quadros 16 e 17 apresentam as matrizes O/D, os valores de cada matriz foram utilizados para o cálculo da capacidade e identificação do nível de serviço de acordo com o método alemão.

Quadro 16 – Matriz O/D pico do almoço a partir dos volumes médios

PICO DO ALMOÇO UCP/h		DESTINO				
		1	2	3	4	TOTAL
ORIGEM	1	39,5	141,1	476,0	156,3	812,9
	2	227,7	3,8	52,8	450,5	734,8
	3	755,7	54,1	5,7	164,9	980,3
	4	158,6	448,5	199,5	9,0	815,6
	TOTAL	1181,4	647,5	733,9	780,8	3343,6

Fonte: Autor, 2018.

Quadro 17 – Matriz O/D pico da tarde a partir dos volumes médios

PICO DA TARDE UCP/h		DESTINO				
		1	2	3	4	TOTAL
ORIGEM	1	35,1	180,1	771,6	143,4	1130,2
	2	177,8	6,3	76,3	386,3	646,7
	3	618,8	59,3	12,5	130,7	821,2
	4	185,6	726,1	331,5	6,8	1250,0
	TOTAL	1017,2	971,8	1191,8	667,3	3848,0

Fonte: Autor, 2018.

Foram definidas matrizes O/D para cada tipo de veículo a partir dos valores médios calculados dos dados coletados. As matrizes O/D foram apresentadas no Apêndice C, é possível observar os movimentos mais executados por cada tipo de veículo e também comparar a composição do tráfego nos dois horários de pico. Nota-se que a quantidade de caminhões, ônibus e semi-reboques se manteve semelhante nos dois horários, houve um aumento no número médio de carros e motos, e um grande aumento no número de bicicletas.

#### 4.3.3 Cálculo da capacidade e nível de serviço da rotatória

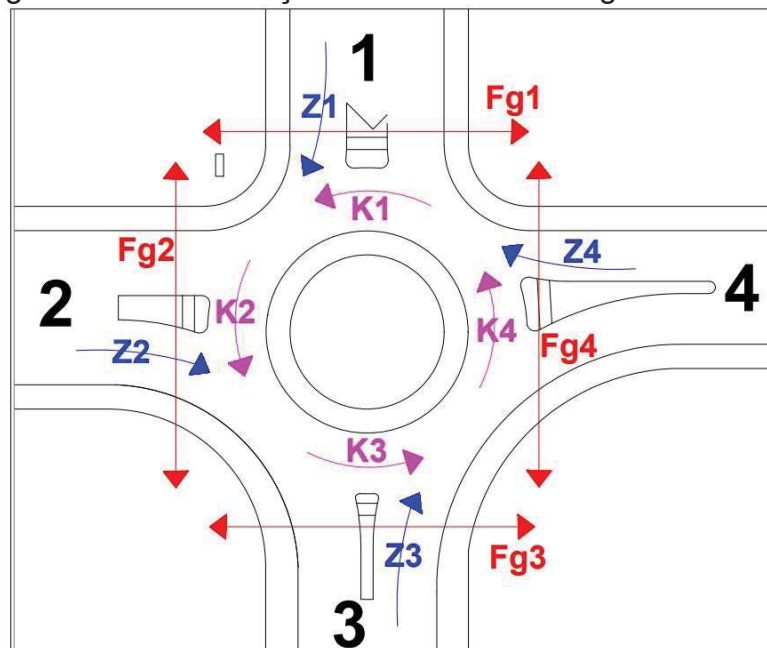
Para seguir com os resultados, foram definidos alguns parâmetros que foram usados até o final deste item e ilustrados movimentos importantes para a compreensão de como chegou-se nestes resultados.

Nos cálculos da capacidade três conceitos são importantes de lembrar:

- Entrada  $Z_i$  – Todos os veículos que acessam a rotatória pela entrada  $i$ ;
- Arco  $K_i$  – Todos os veículos que circulam pelo arco  $i$ ;
- $F_{gi}$  – Quantidade de pedestres que atravessam o acesso  $i$ ;

Na Figura 35 foram ilustrados os três itens para facilitar a definição. Em relação ao arco  $k_i$ , deve-se ressaltar que ele é a composição das somas dos veículos que circulam exatamente pelo arco, seu valor interfere diretamente no resultado final da capacidade e nível de serviço.

Figura 35 – Identificação dos fluxos de tráfego da rotatória



Fonte: Autor, 2018.

Os valores indicados no decorrer deste item como  $t_g$ ,  $t_f$  e  $t_{min}$  são determinados pelo método alemão e usados fixos para todos os casos. Os valores de  $n_{ki}$  e  $n_{zi}$  referem-se ao número de faixas de circulação no arco e em casa acesso, respectivamente.

Os valores de  $F_g$  foram usados para definir o Fator de Pedestres ( $f_i$ ), através da Figura 16, onde é relacionado o número de pedestres por hora ( $F_g/h$ ) com o fluxo  $k_i$ . Como a média de pedestres não ultrapassa 50  $F_g/h$ , todos os valores de  $f_i$  seriam definidos como 1,00.

Devido ao fato da média de pedestres obtida com as contagens ter ficado bem abaixo da curva de menor valor para interpolar, foi definido um valor fixo de 0,95 para todos os acessos. Se fosse utilizado o valor encontrado a partir da Figura 19, não seria considerada a interferência de pedestres no fluxo de veículos, e foi verificado pelas filmagens que os pedestres tendem a reduzir a capacidade do fluxo e gerar pontos de conflitos.

Inicia-se o cálculo da capacidade com a determinação de  $Z_i$  e  $K_i$  a partir da matriz O/D já definida. Os valores foram determinados conforme descrito na metodologia (vide capítulo 3) e apresentados a seguir, um quadro para cada hora pico (Quadro 18 e 19).

Quadro 18 – Matriz O/D pico do almoço e soma dos arcos  $k_i$  e entradas  $z_i$

Matriz de Volumes Pico do Almoço		DESTINO				Total do acesso $Z_i$	Total do arco $k_i$
		1	2	3	4		
ORIGEM	1	40	141	476	156	813	721
	2	228	4	53	451	735	886
	3	756	54	6	165	980	887
	4	159	449	200	9	816	1.086

Fonte: Autor, 2018.

Quadro 19 – Matriz O/D pico da tarde e soma dos arcos  $k_i$  e entradas  $z_i$

Matriz de Volumes Pico da Tarde		DESTINO				Total do acesso $Z_i$	Total do arco $k_i$
		1	2	3	4		
ORIGEM	1	35	180	772	143	1130	1143
	2	178	6	76	386	647	1301
	3	619	59	13	131	821	756
	4	186	726	332	7	1250	910

Fonte: Autor, 2018.

Segue-se o cálculo com a determinação da capacidade básica ( $G_i$ ), utilizando a equação (8), e identificando os parâmetros necessários. No Quadro 20 e 21 são expostos os valores obtidos para os dois picos.

Quadro 20 – Cálculo da capacidade básica Gi para o pico do almoço

Cálculo Capacidade Básica Gi - Pico do Almoço							
Acesso 1		Acesso 2		Acesso3		Acesso 4	
Arco k1	720,58	Arco k2	886,00	Arco k3	886,83	Arco k4	1086,42
nk1	2,00	nk2	2,00	nk3	2,00	nk4	2,00
nz1	2,00	nz2	2,00	nz3	2,00	nz4	2,00
tg	4,10	tg	4,10	tg	4,10	tg	4,10
tf	2,90	tf	2,90	tf	2,90	tf	2,90
tmin	2,10	tmin	2,10	tmin	2,10	tmin	2,10
G1 = 1387,36		G2 = 1192,53		G3 = 1191,59		G4 = 981,42	

Fonte: Autor, 2018.

Quadro 21 – Cálculo da capacidade básica Gi para o pico da tarde

Cálculo Capacidade Básica Gi - Pico da Tarde							
Acesso 1		Acesso 2		Acesso3		Acesso 4	
Arco k1	1142,5	Arco k2	1300,92	Arco k3	755,75	Arco k4	909,67
nk1	2,00	nk2	2,00	nk3	2,00	nk4	2,00
nz1	2,00	nz2	2,00	nz3	2,00	nz4	2,00
tg	4,10	tg	4,10	tg	4,10	tg	4,10
tf	2,90	tf	2,90	tf	2,90	tf	2,90
tmin	2,10	tmin	2,10	tmin	2,10	tmin	2,10
G1 = 927,01		G2 = 783,78		G3 = 1344,32		G4 = 1166,20	

Fonte: Autor, 2018.

Com a capacidade básica determinada, e o fator de pedestres identificado, calcula-se a capacidade de entrada ( $C_i$ ) através da equação (9). Na sequência é determinado o valor da capacidade residual ( $R_i$ ), com auxílio da equação (10). Todos estes resultados foram expostos no Quadro 22 e 23.

Quadro 22 – Cálculo da capacidade de entrada ( $C_i$ ) e capacidade residual ( $R_i$ ) para o pico do almoço

Determinação da Capacidade Residual $R_i$ - Pico do Almoço						
Acesso	Entrada $Z_i$ (UCP/h)	Arco $K_i$ (UCP/h)	Capacidade Básica $G_i$ (UCP/h)	Fator de Pedestres	Capacidade $C_i$ (UCP/h)	Capacidade Residual $R_i$ (UCP/h)
1	813	721	1387	0,95	1318	505
2	735	886	1193	0,95	1133	398
3	980	887	1192	0,95	1132	152
4	816	1086	981	0,95	932	117

Fonte: Autor, 2018.

Quadro 23 – Cálculo da capacidade de entrada (Ci) e capacidade residual (Ri) para o pico da tarde

Determinação da Capacidade Residual Ri - Pico da Tarde						
Acesso	Entrada Zi (UCP/h)	Arco Ki (UCP/h)	Capacidade Básica Gi (UCP/h)	Fator de Pedestres	Capacidade Ci (UCP/h)	Capacidade Residual Ri (UCP/h)
1	1130	1143	927	0,95	881	-250
2	647	1301	784	0,95	745	98
3	821	756	1344	0,95	1277	456
4	1250	910	1166	0,95	1108	-142

Fonte: Autor, 2018.

Através dos valores já apresentados prossegue-se o cálculo para determinar o tempo médio de espera (TMEi) e de modo consequente definir o nível de serviço. O TMEi de cada entrada é obtido no gráfico da Figura 17, em função da capacidade residual e da capacidade de entrada.

O tempo de espera e nível de serviço de cada acesso em cada horário de pico são apresentados nos Quadros 24 e 25. Observa-se que no pico do almoço o acesso com pior classificação atingiu nível D de serviço, enquanto no pico da tarde dois acessos atingiram nível F.

Quadro 24 – Tempo médio de espera e nível de serviço de cada acesso no pico do almoço

Tempo Médio de Espera e Nível de Serviço - Pico do Almoço				
Acesso	Capacidade Ci (UCP/h)	Capacidade Residual Ri (UCP/h)	Tempo Médio de Espera (TMEi)	Nível de Serviço
1	1318	505	8	A
2	1133	398	10	A
3	1132	152	24	C
4	932	117	31	D

Fonte: Autor, 2018.

Quadro 25 – Tempo médio de espera e nível de serviço de cada acesso no pico da tarde

Tempo Médio de Espera e Nível de Serviço - Pico da Tarde				
Acesso	Capacidade Ci (UCP/h)	Capacidade Residual Ri (UCP/h)	Tempo Médio de Espera (TMEi)	Nível de Serviço
1	881	-250	< 0	F
2	745	98	33	D
3	1277	456	8	A
4	1108	-142	< 0	F

Fonte: Autor, 2018.

Quando o valor da capacidade residual é negativo, o nível de serviço é F, revelando que os acessos 1 e 4 já estão sobrecarregados no horário pico da tarde. O acesso 1, no pico do almoço, alcançou nível de serviço A, diferentemente do resultado encontrado para o outro pico.

Um dado interessante para se observar é a melhora no nível de serviço do acesso 3, que foi classificado como C no pico do almoço e como A no pico da tarde. Neste caso é importante notar que a redução do fluxo de entrada no acesso 2 contribuiu para esse cenário apresentado no pico da tarde, visto que no horário do pico da tarde os veículos do fluxo de entrada do acesso 3 tiveram o tempo de espera reduzido já que não o fluxo no arco k3 se mostrou com volume menor.

Para essa análise entre os acessos, é importante compreender que no método alemão o nível de serviço é definido através do tempo médio que um veículo demora para conseguir adentrar ao fluxo da rotatória, e esse tempo médio é baseado no fluxo da entrada e no fluxo do arco. Quando algum acesso tem o volume de fluxo de entrada reduzido ou aumentado, conseqüentemente o volume do arco subsequente sofre as mesmas alterações, influenciando diretamente na capacidade do fluxo de entrada do próximo acesso.

As características de cada volume de tráfego em cada hora pico podem ser comparadas com os resultados obtidos. No pico do almoço é o horário que boa parte da população está retornando ao trabalho depois do almoço ou está indo trabalhar, tendo assim um fluxo com maior volume nos acessos sentido bairro/centro. Já no pico da tarde é um horário que praticamente todos estão retornando às suas residências, com isso aumenta-se o volume de fluxo nos sentidos centro/bairro.

Comparando os dois picos e os resultados obtidos, pode-se dizer que a diferença entre eles foi considerável. No pico do almoço, todos os acessos atingiram pelo menos o nível aceitável pela classificação do DNIT, enquanto no pico da tarde, somente dois se mantiveram nesse patamar.

Para o cálculo do nível de serviço da rotatória, calcula-se o tempo médio de espera da rotatória (TMER), obtido através da equação (11). Entretanto em casos que um dos acessos atinge nível de serviço F, a rotatória também está em nível de serviço F. São apresentados os valores de TMER e o nível de serviço da rotatória no Quadro 26, para ilustrar a situação dos horários de pico.

Quadro 26 – Tempo médio de espera e nível de serviço da Rotatória

Horários de Pico	Melhor N.S. atingido pelos acessos i	Pior N.S. atingido pelos acessos i	TMER (rotatória)	Nível de serviço da Rotatória
Pico do Almoço	A	D	19	B
Pico da Tarde	A	F	Não calculado	F

Fonte: Autor, 2018.

O nível de serviço alcançado pela rotatória no pico do almoço é um resultado positivo, é um nível bom de operação. Em compensação o nível de serviço alcançado pela rotatória no pico da tarde indica a sobrecarga do dispositivo, acarretando a necessidade de intervenções.

Para complementar o resultado apresentado no Quadro 26, em relação ao pico da tarde, pode-se observar as Figuras 36 e 37, que trazem imagens de dois momentos que houveram a formação de filas dentro da rotatória e nos acessos.

Figura 36 – Formação de filas na rotatória no pico da tarde



Fonte: Videomonitoramento, 2018.



Figura 37 – Formação de filas na rotatória no pico da tarde



Fonte: Videomonitoramento, 2018.

No canto superior direito de cada figura pode-se perceber que a diferença entre o horário é de 2 minutos. A formação de filas e o bloqueio parcial da rotatória comprovam a necessidade de melhorias se considerado o horário pico da tarde.

#### 4.4 MELHORIAS PROPOSTAS PARA A ROTATÓRIA

Foram avaliados todos os resultados encontrados e então propostas melhorias para curto, médio e longo prazo. É fundamental considerar que, mesmo a rotatória atingindo a sobrecarga no horário pico da tarde, ela apresentou um nível de serviço bom no horário pico do almoço, com isso foram elaboradas propostas para buscar aumentar o tempo de vida útil do dispositivo, em um primeiro momento, e mudança da atual configuração, a longo prazo.

##### 4.4.1 Curto prazo: melhoria na sinalização e geometria da rotatória

Sabe-se que as alterações no sistema viário demandam tempo e recursos financeiros altos. Nessa perspectiva, considerou-se os pontos que podem ser melhorados e que não demandam tempo de estudos e custo alto de investimento.

Duas principais alterações que podem ser feitas envolvem a sinalização vertical e horizontal na interseção e a adequação das configurações geométricas. Ambas podem contribuir significativamente para o controle do tráfego. Acredita-se que se

aplicados as melhorias, as condições de tráfego na interseção podem apresentar melhorias significativas.

#### 4.4.1.1 Adequação dos elementos geométricos

A rotatória apresenta alguns elementos que estão em desacordo com os parâmetros recomendados, a sugestão é melhorar exatamente estes pontos, que estão apresentados no Quadro 27. Todos os ajustes propostos foram baseados nas leis e manuais vigentes.

Quadro 27 – Adequação dos elementos geométricos da rotatória

Elemento	Mudanças propostas
Ilha Central	Remover os arbustos e outros obstáculos que comprometam a visibilidade. Se possível, tentar diminuir a elevação
Berma Galgável	Aumentar a inclinação no arco k1. Diminuir a largura de 2,95 metros para aproximadamente 2,50 metros
Ilha Canalizadora	Retirar o estacionamento e árvores presentes da ilha canalizadora do acesso 1. Melhorar os outros acessos, canalizando mais o fluxo.
Faixa de Pedestres	Locar as faixas de pedestres a distância de 7,50 metros para trás da ponta da ilha canalizadora.
Guias rebaixadas	Adequar as esquinas da rotatória executando meio fio nos trechos que permitem acesso direto ao fluxo giratório

Fonte: Autor, 2018.

A ilha central com 19 metros de diâmetro não deveria ser tão elevada e nem conter características de paisagismos no centro. Essa alteração contribuiria para a melhora dos critérios de visibilidade.

Em relação a berma galgável, a proposta de aumentar a inclinação no arco k1 surgiu para evitar que os veículos transpassem por cima dela e não executem o giro correto. Estreitar sua largura seria interessante para aumentar a largura das duas faixas de circulação, atendendo aos valores e recomendados e claro melhorar as condições de giro para os veículos maiores.

Na ilha canalizadora do acesso 1, propõe-se remover o estacionamento e as árvores, para melhorar a visibilidade e poder canalizar o fluxo da maneira correta. Seria interessante ainda, adequar todas as ilhas canalizadoras para diminuir o ângulo de entrada e enquadrá-lo no limite de 50°.

As faixas de pedestres locadas antes da interseção, além de proporcionar segurança ao pedestre, vão contribuir para a inserção do veículo no fluxo giratório. O

veículo vai poder parar para o pedestre e na sequência terá espaço para entrar na rotatória sem se preocupar com a interferência de outros fatores.

Em relação as esquinas com guias rebaixadas, faz-se necessário uma adequação, para no mínimo, diminuir a abertura limitando o fluxo.

Vale ressaltar que diversos autores apontam que a configuração geométrica influencia diretamente no desempenho de uma rotatória. Considerando os resultados encontrados no pico do almoço e tarde, a melhora dos elementos geométricos pode trazer resultados positivos.

#### 4.4.1.2 Projeto sinalização horizontal e vertical da rotatória

É proposto refazer o projeto de sinalização horizontal e vertical, que se encontra precário no momento. É de conhecimento que a sinalização horizontal contribui significativamente para que o condutor faça as manobras dentro das faixas previstas, e compreenda o funcionamento dos dispositivos viários.

Baseado nisto, seria de grande contribuição refazer toda a sinalização horizontal da rotatória, e nos acessos, facilitando o correto fluxo dos veículos. Algumas demarcações são importantes neste ponto, sendo elas:

- a) Faixa de pedestres e Linha de retenção;
- b) Faixa de aproximação nos acessos;
- c) Linha seccionada 2x4, para demarcar a divisão das faixas de circulação na rotatória;
- d) Linha de bordo.

Em relação a sinalização vertical é importante reforçar as velocidades máximas permitidas, indicação de preferência e incluir um indicativo das manobras em uma rotatória.

#### 4.4.2 Médio prazo: controle de fluxo através de sincronização semafórica

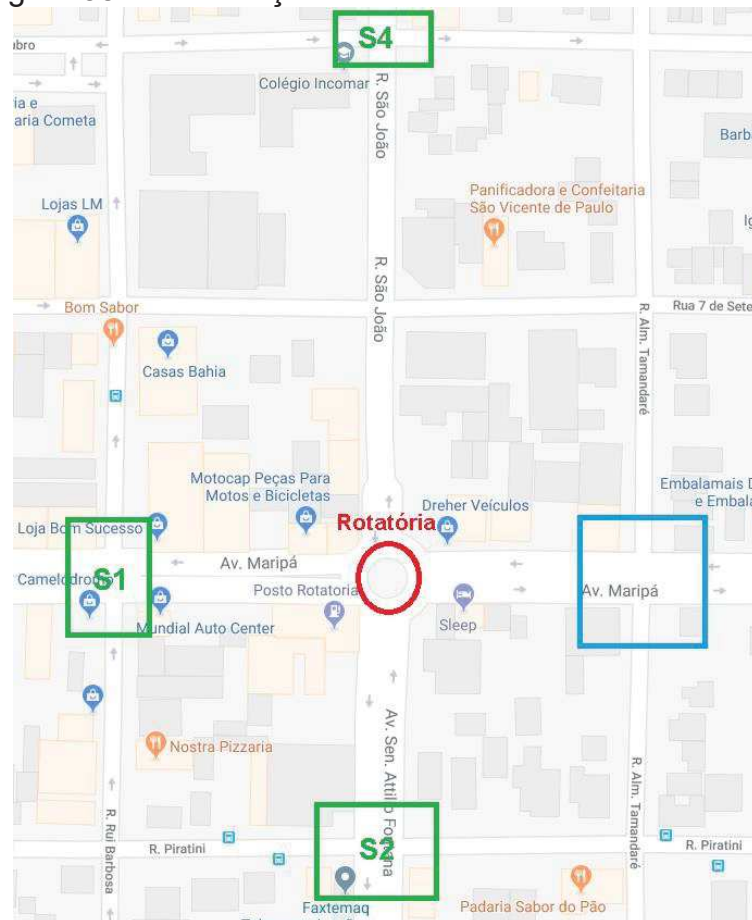
A rotatória está localizada em um ponto rodeado por muitos semáforos, inclusive 3 acessos que chegam na rotatória possuem interseção semaforizada no cruzamento que antecede o local de estudo. Se conseguir controlar o fluxo que chega

na rotatória é possível controlar os volumes no horário de pico, para tentar amenizar a sobrecarga no horário pico da tarde.

Esta proposta é considerada de médio prazo, pois será preciso averiguar a aplicabilidade baseado em estudos que necessitam ser feitos. Ela envolve tempo, custos e estudos de tráfego. É importante lembrar, que essa sugestão não foi testada, nem avaliada na prática, foi elaborada pensando em controlar o volume do fluxo de veículos antes de chegarem na interseção.

Como já foi mencionado, 3 acessos já contam com cruzamento semaforizado na quadra que antecede a rotatória, sendo eles a Avenida Maripá (Acesso 1), Avenida Senador Atílio Fontana (Acesso 2) e a Rua São João (Acesso 4). Na Figura 36 é apresentado a configuração das quadras ao entorno da rotatória, identificando os cruzamentos semaforizados como S1, S2 e S4.

Figura 38 – Localização dos cruzamentos semaforizados



Fonte: Google Maps, 2018 (Adaptado).

Na Figura 38 os quadrados verdes indicam os cruzamentos já semaforizados, o círculo vermelho indica a rotatória de estudo e o quadrado azul indica o cruzamento que ainda não tem dispositivo nenhum implantado.

A proposta trata-se de instalar um semáforo no cruzamento da Avenida Maripá esquina com a Rua Almirante Tamandaré (quadrado azul na Figura 38), e passar a operar com a sincronização semafórica dos quatro semáforos, controlando o pelotão que chega na rotatória em todos os ramos de acesso.

Seria necessário um estudo de viabilidade de implantação do quarto semáforo, e depois um estudo do tempo de sincronização para que o método tenha sucesso. Também podem ser avaliadas proibições das conversões de alguns sentidos, contribuindo para amenizar o volume de tráfego de veículos.

No caso de a proposta ser aplicada, os pelotões formados por cada interseção semafórica, chegariam na rotatória em tempos diferentes, evitando a formação de filas e aliviando a sobrecarga do dispositivo.

#### 4.4.3 Longo prazo: análise de uma nova configuração na interseção

A longo prazo é importante considerar o resultado da projeção da frota de veículos do município para os próximos 5 e 10 anos, e avaliar os impactos que essa projeção causaria na interseção.

Mesmo que todas as sugestões de curto e médio prazo sejam aplicadas na interseção e apresentem resultados positivos, a longo prazo será necessário pensar na alteração do cruzamento. A projeção indica que teremos o dobro da frota de veículos daqui há 10 anos, com certeza esse aumento acarretará no aumento do volume de veículos e nos conflitos de tráfego no cruzamento.

É possível indicar duas linhas de pensamento a longo prazo, sendo elas:

- a) Mudança da configuração do cruzamento – estudar as opções de interseções de acordo com a projeção do volume de tráfego e frota de veículos;
- b) Medidas para desviar o fluxo de veículos da rotatória – estudar todo o fluxo da região incluindo o tráfego de origem e destino dos veículos.

A mudança de configuração do cruzamento implica em obras e custos, mas em alguns casos não há outro meio de resolver os impasses tráfego. O planejamento e estudo deve ser iniciado o quanto antes.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com todos os resultados obtidos é possível confirmar que a rotatória não está operando dentro dos padrões e já apresenta sinais que evidenciam o fato. O horário de pico da tarde já foi classificado com nível de serviço F, indicando sobrecarga do dispositivo. Percebe-se que há a necessidade de aplicar medidas no cruzamento, visando uma melhor fluidez do trânsito e segurança para os usuários da via.

Foram comparadas as condições geométricas do projeto original, da atual configuração e dos parâmetros mínimos recomendados, a partir disso notou-se que ela apresenta divergências nas características, e como foi citado por diversos autores, a configuração geométrica de uma rotatória reflete diretamente no seu desempenho.

Os ângulos de entrada estão acima do limite em todos os acessos, os critérios de visibilidade não são atendidos em sua totalidade, o diâmetro circular inscrito está inferior ao recomendado e no que se refere a segurança de travessia de pedestres, também não atende o mínimo estabelecido. Em contrapartida, as larguras de entrada e saída e faixas de circulação do anel estão de acordo com os padrões apresentados pelos manuais.

O número de acidentes é pequeno se considerado o volume de tráfego que circula todo dia pela interseção, o que pode indicar que a velocidade dos veículos não esteja acima dos limites das vias. Neste ponto os resultados foram positivos.

O trabalho apresentou os volumes de tráfego da rotatória, indicado os dois horários de pico e calculando para ambos a capacidade da rotatória e o nível de serviço. Comprovou-se que o fluxo é intenso no local e que em alguns horários a interseção fica sobrecarregada. A rotatória foi classificada com nível de serviço B no horário pico do almoço, e com nível de serviço F no horário pico da tarde. Os resultados justificam o estudo e comprovam a necessidade de mudanças na interseção, considerando que na atual configuração que a rotatória se encontra ela não tem desempenho suficiente para atender a demanda de veículos.

Um fato positivo que se verificou foi que a sobrecarga ocorre somente no pico da tarde, durante o pico do almoço tanto a rotatória, quanto os acessos, apresentaram resultados que são considerados aceitáveis para o funcionamento do dispositivo.

É importante destacar que pelas recomendações dos manuais quando um dispositivo atinge nível de serviço F o ideal é que ele seja substituído. O presente

trabalho buscou apresentar medidas que possam amenizar os problemas apresentados em curto, médio e longo prazo, considerou-se essas opções exatamente pela dificuldade de obras no sistema viário urbano.

É essencial que seja aplicada alguma medida na atual configuração da interseção, visto que a tendência é de aumentar cada vez mais o fluxo de veículos e como consequência piorar os problemas de trânsito no local. Supondo que não seja executada nenhuma melhoria ou mudança, aliado ao fato da rotatória já indicar sobrecarga de serviço, a interseção se encaminha para o colapso.

Recomenda-se como sugestões para trabalhos futuros a análise da proposta de implantação de mais um semáforo para operar em conjunto de forma sincronizada controlando o fluxo por pelotões, e a análise implantação de outro dispositivo, como por exemplo, um semáforo substituindo a rotatória.



## REFERÊNCIAS

AKISHINO, PEDRO. **Estudos de Tráfego**. Curitiba, PR. 2005, 188p.

CHAGAS, Eduardo M. **Estudo do Sistema de Trânsito do Município de Feira de Santana: Avaliação do Sistema de Trânsito da Avenida Senhor dos Passos**. Feira de Santana: UEFS, 2009. 70 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – UEFS/ Departamento de Tecnologia.

COELHO, Marcelo D. **Análise e Sugestões para Projetos Geométricos de Rótulas Modernas em Vias Urbanas**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012. 121 p. Dissertação (Mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2012.

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito (Brasil). **Sinalização horizontal**. 1a edição – Brasília: CONTRAN, 2007. 128 p.: il. (Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito; 4).

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito (Brasil). **Sinalização vertical de advertência**. 1a edição – Brasília: CONTRAN, 2007. 218 p.: il. (Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito; 2).

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito (Brasil) (CONTRAN). **Sinalização vertical de regulamentação**. Brasília: CONTRAN, 2006.214 p.: il. (Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito; 1).

COSTA, João P. B. da. **Mini rotatórias: contribuição na Redução de Conflitos em Interseções Urbanas**. Recife: UFP/CTG, 2010.107 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.

DER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (Brasil). Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários**. Rio de Janeiro, 1999, 375 p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de estudos de tráfego**. - Rio de Janeiro, 2006. 384 p. (IPR. Publ, 723).

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto de interseções**. 2. ed. - Rio de Janeiro, 2005. 528p. (IPR. Publ, 718).

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. - Rio de Janeiro, 2010. 392p. (IPR. Publ, 740).

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Projeto II – Projeto Trienal de Coleta de Tráfego. Fase 1 – Análise e Concepção**, 2008.

FHWA – Federal Highway Administration. **Roundabouts: An Informational Guide**. National Technical Information Service, Springfield, Virginia. 2000, 284 p.

FONSECA, Danilo S. **Estudo de Tráfego da Praça Jackson do Amauri**. Feira de Santana: UEFS, 2010. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – UEFS/ Departamento de Tecnologia.

LUZA, Lucas A; ROLDO, Lucas Z. **Estudo para Melhoria do Tráfego do Cruzamento das Ruas Guarani e Nereu Ramos na Cidade de Pato Branco – Através de Análise de Implantação Semafórica**. Pato Branco UTFPR/Campus Pato Branco, 2013. 106 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – UTFPR/Campus Pato Branco.

MILLACK, Thaís S. **Projeto Geométrico de uma Interseção em Desnível**. Florianópolis: UFSC, 2014. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – UFSC/ Centro Tecnológico.

MING, Sun Hsien. **Técnica de Análise de Conflitos**. Nota Técnica, nº 210. CET, São Paulo, 2001.

NERIS, Diego F.; FERRAZ, Antonio C. **Análise Operacional de Fluxo em Pelotão em Interseções do Tipo Rotatória**. São Paulo, v.1, n.1, p. 1-11, outubro 2013.

NERIS, Diego F. **Melhoria do Desempenho do Tráfego em Rotatórias com o Empenho de Semáforos Próximos na Via Principal**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014. 99 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Planejamento e Operação de Sistemas de Transporte.

SOUZA, Marcello V. J. **Análise de Desempenho de uma Interseção não Semaforizada em Nível (Rotatória) Utilizando Microssimulação – Estudo de Caso: Anel Viário da UFRJ**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. 102 p. Projeto de Graduação UFRJ/ Escola Politécnica/Curso de Engenharia Civil.

TOLEDO-PR. **Legislação Sistema Viário Urbano do Município de Toledo**. Paraná, 2016, 9 p.

TRANSPORT SCOTLAND. **Geometric Design of Roundabouts**. The Department for Regional Development Northern Ireland - TD 16/07, Irlanda, Grã-Bretanha, 2007.

**APÊNDICE A – PLANILHA COM A CONTAGEM 24 HORAS POR TIPO DE VEÍCULO EM CADA MOVIMENTO E CONVERSÃO EM UCP**

**APÊNDICE B – PLANILHAS DE CONTAGEM DOS HORÁRIOS DE PICO POR  
TIPO DE VEÍCULO POR MOVIMENTO E CONVERSÃO EM UCP**

**APÊNDICE C – MATRIZ O/D DE TODOS OS TIPOS DE VEÍCULOS PARA CADA  
HORÁRIO DE PICO**

<b>HORÁRIO PICO ALMOÇO</b>						
<b>CARROS</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	30,2	100,3	322,8	117,3	570,7
	2	165,7	2,2	35,2	296,5	499,5
	3	460,8	37,0	4,2	114,3	616,3
	4	125,8	318,3	143,0	7,7	594,8
	TOTAL	782,5	457,8	505,2	535,8	2281,3
<b>MOTOS</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	8,5	37,2	140,8	36,0	222,5
	2	59,5	0,8	14,0	126,8	201,2
	3	271,0	13,2	1,5	44,0	329,7
	4	30,2	100,8	47,2	1,3	179,5
	TOTAL	369,2	152,0	203,5	208,2	932,8
<b>CAMINHÕES E ÔNIBUS</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	0,3	1,5	6,3	2,0	10,2
	2	1,0	0,3	1,8	14,2	17,3
	3	14,3	2,2	0,0	3,5	20,0
	4	1,7	14,3	4,8	0,0	20,8
	TOTAL	17,3	18,3	13,0	19,7	68,3
<b>SEMI-REBOQUES E REBOQUES</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	0,2	0,2	0,7	0,0	1,0
	2	0,5	0,2	0,3	2,7	3,7
	3	0,8	0,3	0,0	0,5	1,7
	4	0,0	2,8	1,0	0,0	3,8
	TOTAL	1,5	3,5	2,0	3,2	10,2
<b>BICICLETAS</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	0,0	2,0	3,0	0,0	5,0
	2	0,0	0,0	0,3	1,2	1,5
	3	1,3	0,0	0,0	0,7	2,0
	4	0,2	4,3	0,2	0,0	4,7
	TOTAL	1,5	6,3	3,5	1,8	13,2
<b>TOTAL UCP</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	39,5	141,1	476,0	156,3	812,9
	2	227,7	3,8	52,8	450,5	734,8
	3	755,7	54,1	5,7	164,9	980,3
	4	158,6	448,5	199,5	9,0	815,6
	TOTAL	1181,4	647,5	733,9	780,8	3343,6

<b>HORÁRIO PICO TARDE</b>						
<b>CARROS</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	28,5	127,3	475,0	112,8	743,7
	2	136,7	3,3	51,2	269,0	460,2
	3	403,8	41,5	8,3	85,3	539,0
	4	144,8	452,5	216,8	5,5	819,7
	TOTAL	713,8	624,7	751,3	472,7	2562,5
<b>MOTOS</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	5,3	47,7	275,7	26,0	354,7
	2	40,3	3,0	18,0	93,8	155,2
	3	193,0	15,5	3,3	37,3	249,2
	4	35,8	238,2	101,7	1,3	377,0
	TOTAL	274,5	304,3	398,7	158,5	1136,0
<b>CAMINHÕES E ÔNIBUS</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	0,8	1,2	6,8	2,8	11,7
	2	0,5	0,0	2,5	10,8	13,8
	3	13,0	0,8	0,5	4,2	18,5
	4	2,8	15,7	6,5	0,0	25,0
	TOTAL	17,2	17,7	16,3	17,8	69,0
<b>SEMI-REBOQUES E REBOQUES</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	0,0	0,2	1,0	0,2	1,3
	2	0,0	0,0	0,5	3,3	3,8
	3	0,8	0,5	0,0	0,7	2,0
	4	0,0	2,3	1,3	0,0	3,7
	TOTAL	0,8	3,0	2,8	4,2	10,8
<b>BICICLETAS</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	0,0	6,0	17,3	0,0	23,3
	2	0,0	0,0	4,7	1,2	5,8
	3	1,5	0,0	0,2	0,8	2,5
	4	1,3	14,5	1,2	0,0	17,0
	TOTAL	2,8	20,5	23,3	2,0	48,7
<b>TOTAL UCP</b>		<b>DESTINO</b>				
		1	2	3	4	TOTAL
<b>ORIGEM</b>	1	35,1	180,1	771,6	143,4	1130,2
	2	177,8	6,3	76,3	386,3	646,7
	3	618,8	59,3	12,5	130,7	821,2
	4	185,6	726,1	331,5	6,8	1250,0
	TOTAL	1017,2	971,8	1191,8	667,3	3848,0

**ANEXO A – MAPA DO SISTEMA VIÁRIO URBANO DE TOLEDO COM A  
HIERARQUIZAÇÃO DAS VIAS**



**ANEXO B - PROJETO ARQUITETÔNICO DA ROTATÓRIA ELABORADO PELA  
PREFEITURA MUNICIPAL DE TOLEDO EM 2007**

**ANEXO C – MODELO DA PLANILHA DE CONTAGEM UTILIZADA PELO  
DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DA SECRETARIA DE SEGURANÇA E  
TRÂNSITO DE TOLEDO**








O modelo foi adaptado para este trabalho, foi necessário alterar os tipos de veículos que seriam contados. No Departamento de Trânsito a contagem separa somente carros, motos, caminhão e ônibus, para o presente trabalho foi preciso realizar a contagem dividindo em carros, motos, caminhão/ônibus, semirreboques/reboques e bicicletas.

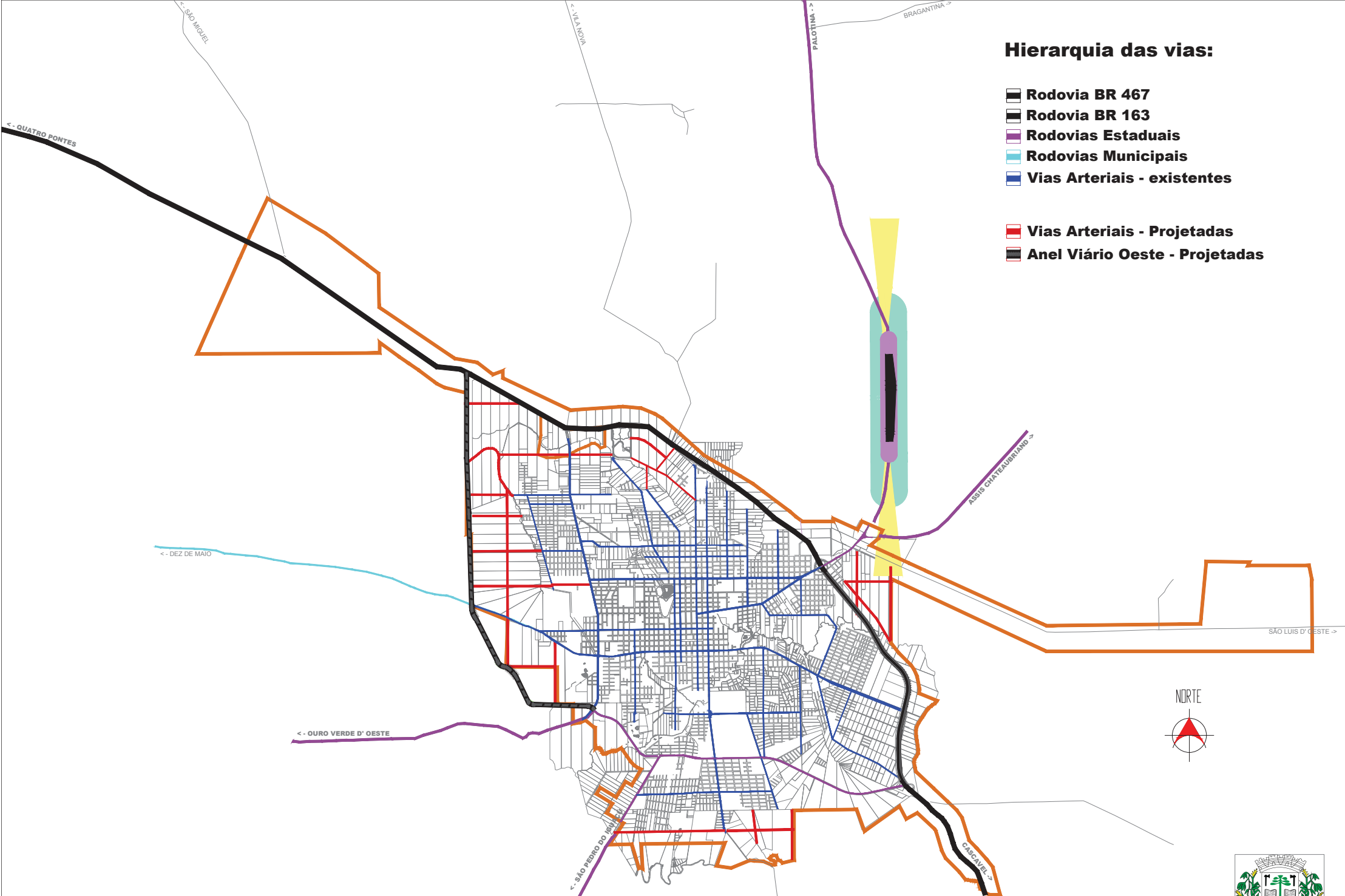


CONTAGEM 24H POR MOVIMENTO EM UCP														TOTAL			
INTERVALO (h)	MV1	MV2	MV3	MV4	MV5	MV6	MV7	MV8	MV9	MV10	MV11	MV12	MV13	MV14	MV15	MV16	MÁXIMO
00:00-00:15	18	9	4	1	9	0	6	0	12	6	2	0	26,5	4	8	0	105,5
00:15-00:30	12	4	4	1	4	2	3	0	8	5	2	0	18	4	7	1	75
00:30-00:45	9	3	1	0	13	1	2	0	4	4	0	0	11	1	7	1	57
00:45-01:00	3	1	1	0	17	2	2	0	5	3	1	0	10	1	3	0	49
01:00-01:15	7,5	5	5	1	15	0	8	0	0	1	0	0	16,5	2	6	0	70
01:15-01:30	9	1	0	1	10	0	3	0	3	3	1	0	7,5	0	1	0	39,5
01:30-01:45	4	2	2	0	9,5	3	4	1	3	2	0	0	1	0	0	0	31,5
01:45-02:00	4	2	3	0	4,5	1	1,5	0	0	2	0	0	9,5	2	1	0	30,5
02:00-02:15	4	4	5	1	11	0	2	1	4	2	0	0	11	1	3	0	46
02:15-02:30	2	3	2	0	6	1	0	0	3,5	1	0	0	8	0	1	0	27,5
02:30-02:45	1	2	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	3	1	4	0	17
02:45-03:00	3	2	0	0	7	0	4	0	2	2	1	0	2,5	1	0	0	24,5
03:00-03:15	5,5	1	0	0	6,5	0	1	0	2	0	0	0	7	0	4	0	27
03:15-03:30	4	3	1	0	4	1	0	0	2	2	1	0	2	0	2	0	22
03:30-03:45	4	3	1	0	2	0	1	0	3	0	1	0	10	0	0	0	25
03:45-04:00	3,5	1	1	0	12,5	0	1	0	2	1	0	0	7,5	1	1	0	31,5
04:00-04:15	2	6	0	0	6,5	1	1	0	3	0	4,5	0	9	1	0	0	34
04:15-04:30	2	8,5	1	0	8,5	1	2	0	1	0	18,5	0	3	5	0	0	40
04:30-04:45	1	8	1	0	13,5	1	0	0	9	8	3	0	20	0	0	0	64,5
04:45-05:00	1	2	3,5	0	17	1	5	0	12	11,5	5	0	15,5	1	4,5	0	79
05:00-05:15	0	3,5	2	0	17	0	5	0	10,5	14	1	0	14	3	1,5	0	71,5
05:15-05:30	3	4	2	0	28,5	3	7	0	10	16,5	2	0	17	1	1	0	95
05:30-05:45	2	3	3	0	25	2	5	0	25,5	4	0	0	23,5	1	9	0	103
05:45-06:00	0	12	4	0	32	0	10	0	16	5	1,5	0	22	1	18,5	0	124
06:00-06:15	1,5	3	0	1	23,5	1,5	6	0	13	6,5	1,5	0	41,5	5,5	6	0	110,5
06:15-06:30	2	8	3	0	27	2	8	0	21,5	14	4	0	24,5	0	13	0	127
06:30-06:45	1,5	6	5	0	39	1,5	7	0	57,5	10	6	0	19,5	4	13,5	0	170,5
06:45-07:00	5,5	7,5	12	2	74	5,5	22	0	105,5	24,5	3	0	41	20,5	21	0	344
07:00-07:15	17	21	23,5	0	107,5	17	59	0	172,5	39,5	9	0	82,5	36,5	52	1	620
07:15-07:30	9	19	16	3	141,5	9	48	0	202	46,5	10	0	103,5	30	33,5	0	671
07:30-07:45	19	26,5	33,5	4,5	152	19	51,5	1,5	170,5	56	3	0	95,5	33	29,5	0	695
07:45-08:00	11	20	28	2	154,5	11	56	0	134,5	45,5	8	0	71,5	30	36	1	609
08:00-08:15	8,5	19	18,5	2	88,5	8,5	40	0	151,5	60	13	0	85	28	31	0	553,5
08:15-08:30	15	17	24	0	107,5	15	40,5	0	185	66,5	17	1	86	18,5	43,5	2	638,5
08:30-08:45	7	19	27,5	5	78,5	7	40	0	125	30	11	2	92,5	34	36	1	515,5
08:45-09:00	9	13	21	4	82,5	9	49	0	139	37,5	12,5	1	24,5	34,5	29,5	1	467
09:00-09:15	10,5	29	19	8	72	10,5	45,5	0	128,5	25	14	0	84,5	29	47,5	0	523
09:15-09:30	11	20	21	14	80	11	52	1	123,5	19	3,5	0	96	29	44	0	525
09:30-09:45	11,5	21,5	23,5	13	76	11,5	43	0	130	40	11	1	85	29,5	43,5	1	539
09:45-10:00	6,5	41	29,5	9	85,5	6,5	36	0	98,5	35,5	7	1	83,5	24	53	0	516,5
10:00-10:15	14,5	38,5	29	11	62	14,5	46	0	138	34	11	1	99	31,5	50	2,5	582,5
10:15-10:30	14,5	38,5	28,5	13	70,5	14,5	35	0	96,5	39,5	9	4	105,5	35,5	53,5	2	560
10:30-10:45	9	29,5	27	12	51	9	49	0	113,5	33	9,5	0	121,5	36	61	0	561
10:45-11:00	12,5	35,5	27,5	11	56,5	12,5	38	1	104	37,5	9	1	102,5	19	50	2	519,5
11:00-11:15	9	30	11,5	78,5	9	42	0	103	32,5	15,5	5	109,5	60	61,5	1	580	
11:15-11:30	9	37	14,5	12	60	9	43	1	107	48,5	11	4,5	118	42,5	47,5	3	567,5
11:30-11:45	12	47	23	7,5	76,5	12	28	0	139	34	10	4	134,5	59	65	0	651,5
11:45-12:00	14,5	54	17,5	13,5	78,5	14,5	61	0	146,5	45,5	16,5	3	155	79	65	2	766
12:00-12:15	17,5	54,5	42	8	84,5	17,5	46	0	127,5	66,5	13	6	211	54	108,5	1	857,5
12:15-12:30	11,5	28	20,5	2	58,5	11,5	35	1	99,5	51	4	0	99,5	39	54	0	515
12:30-12:45	7	23	12	55,5	7	40	0	114	42,5	7	0	0	65,5	30	43	2	471,5
12:45-13:00	8	23	21	7	76,5	8	42	1	171,5	31,5	8	1	81,5	31	40	1	552
13:00-13:15	19	37	31	8	117,5	19	54	0	220,5	37	9	2	125,5	55,5	46	2	783
13:15-13:30	13	52	36	6	148	13	81,5	0	271,5	48	5	1	112	42	57	0	886
13:30-13:45	9	40	40,5	12	120	9	63,5	0	291	54,5	4	0	94,5	37	53,5	5	833,5
13:45-14:00	12,5	52	37	13	130	12,5	52	3,5	195,5	37	8	1	103,5	37	36,5	5	707
14:00-14:15	22	36	31,5	10	72,5	22	45	0	140,5	28	7	2	110	34	59,5	3	623
14:15-14:30	9	40	36	13	99	9	69	0	141,5	31,5	16	0	116	28,5	53,5	0	662
14:30-14:45	11,5	31	33,5	11	73	11,5	73	0	135	36	9	0	108	34,5	52,5	1	620,5
14:45-15:00	11	34	33	7	74	11	30,5	0	114,5	33	6	0	103	33,5	69	4	563,5
15:00-15:15	5,5	33	15	88,5	5,5	56	0	127	13,5	11	3	121	36	77	4	617	
15:15-15:30	24	33	34,5	6	92	24	33	0	109	32	9	4	102,5	21,5	59	0	583,5
15:30-15:45	11	36	23	9	87,5	11	69,5	1	117,5	21	11	1	96,5	35,5	53	4	587,5
15:45-16:00	11	42	26	14	78,5	11	60	0	120	34,5	9	1	108,5	37	65	4,5	622
16:00-16:15	10	35	21	8	78,5	10	23	0	95	36	9	0	122,5	42	54,5	2	546,5
16:15-16:30	12,5	34,5	16	5	68,5	12,5	31	3	93,5	15,5	11	0	85,5	26	45	0	499,5
16:30-16:45	12,5	28	23,5	9	61,5	12,5	39	1	88	29,5	13	1	106	37,5	48	0	510
16:45-17:00	18,5	40	20	9	67	18,5	44	0	114	22,5	11	3	106,5	31	50	2	557
17:00-17:15	16,5	45	29	7	69	16,5	56	1	94	25,5	12,5	1,5	99	30	62	1	565,5
17:15-17:30	20,5	49,5	20,5	6	93,5	20,5	37	1	130	26,5	4	3	162	21	36	2	633
17:30-17:45	25	60,5	26	6	73	25	62	0	168	17	11,5	2	196	38	104,5	3	817,5
17:45-18:00	28	61	40	5	74	28	103	1	213	42	22	5,5	187	12	74	3	898,5
18:00-18:15	21,5	52	23	2,5	90	21,5	26	2	168,5	42,5	17	5	234	57	106	3	851,5
18:15-18:30	16	45,5	48	6	127	16	72,5	1	131	27	7	1	145	53,5	98,5	0	745
18:30-18:45	10	39	22,5	4	121	10	43	6	183,5	39	14	1	145	20,5	54	0	712,5
18:45-19:00	16	31,5	34	6	109,5	16	38	0	164,5	28	14,5	2	133	27	50	1	671
19:00-19:15	11	36,5	23	2	79	11	36	0	152	31	8	1	135,5	27	72	0	625
19:15-19:30	11	22	19	3	92	11	19	0	101,5	35	8,5	1	114	26	50	0	519
19:30-19:45	5	29,5	17	5	86	5	30	1	89,5	25,5	6	0	76	36,5	50	0	462
19:45-20:00	7	21	21	0	56	7	21	1	79,5	32	9	1	77	14	34,5	5	386
20:00-20:15	10,5	18	16	3	39,5	10,5	19	1	86	12,5	8	1	73,5	19	31,5	3	352
20:15-20:30	9	20	10	3	37,5	9	16	0	39,5	18	9,5	0	59,5	13	28	1	273
20:30-20:45	7,5	15	12,5	3	51,5	7,5	15	0	60,5	20	4	0	55	15	28	1	295,5
20:45-21:00	7	23,5	9	2	36	7	14	0	41	11,5	4	1	44,5	14	32	0	246,5
21:00-21:15	5	24,5	17	0	31	5	18,5	0	32	23	5	1	37,5	12	37,5	2	251
21:15-21:30	5	15	11	1	39	5	17	1</									



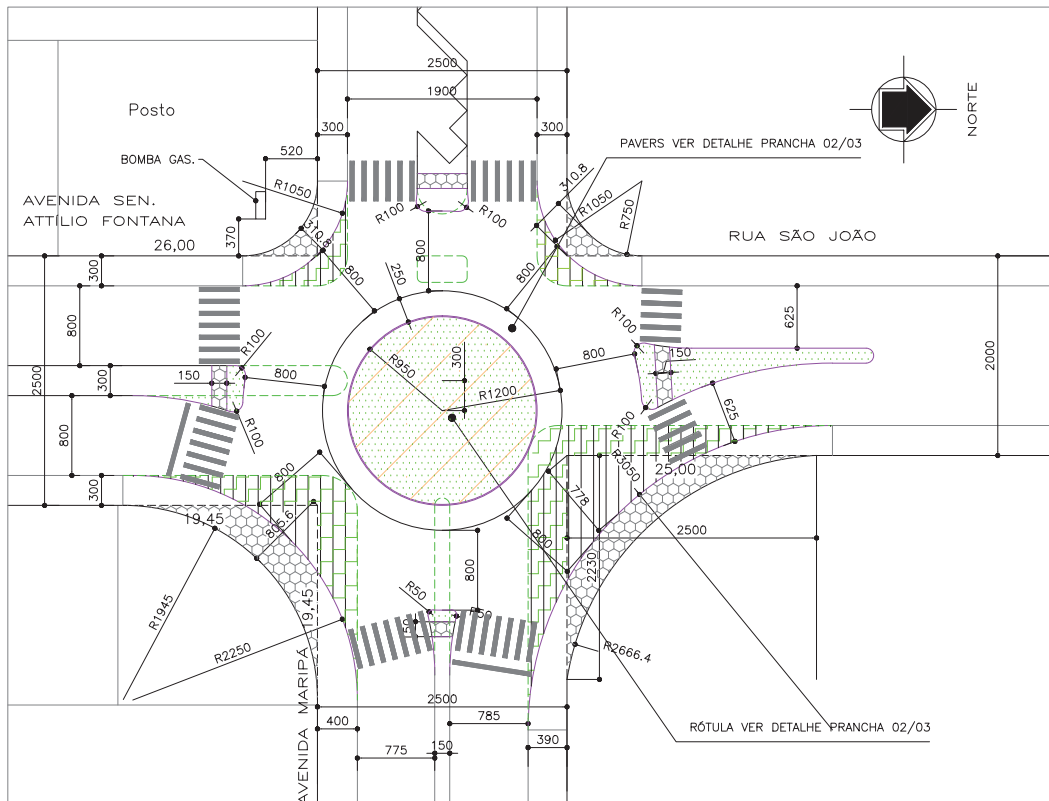
## Hierarquia das vias:

-  Rodovia BR 467
-  Rodovia BR 163
-  Rodovias Estaduais
-  Rodovias Municipais
-  Vias Arteriais - existentes
-  Vias Arteriais - Projetadas
-  Anel Viário Oeste - Projetadas



# 01 - MAPA DO SISTEMA VIÁRIO URBANO

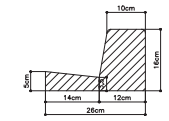




PLANTA BAIXA RÓTULA  
ESCALA 1/250



DETALHE DA PAVIMENTAÇÃO  
SEM ESCALA



DETALHE DO MEIO-FIO  
SEM ESCALA

RÓTULA AVENIDA SENADOR ATILIO FONTANA COM AVENIDA MARIPIÁ			
DESCRIÇÃO	m2	m	
PAVIMENTAÇÃO 4cm CBUQ ( a Executor )	□□□	347,17	-
MEIO-FIO COM SARNETA ( a Executor )	—	-	239,25
MEIO-FIO ( a Retror )	---	-	217,87
PAVERS CONTORNO DA RÓTULA ( a Executor )	▨	168,86	-
CALÇADA PASSEIO ( a Retror )	▨▨▨	237,87	-
CALÇADA PASSEIO LAJOTA SEXTAVADA 3cm ( a Executor )	▨▨▨	181,56	-
PLANTIO DE GRAMA EM LEIVAS ( ESMERALDA )	▨▨▨	358,13	-
REMOÇÃO CAPA ASFÁLTICA	▨▨▨	513,88	-
MANTA P/ CONTORNO DA RÓTULA	▨▨▨	75,40	-
PARADE EM CONCRETO P/ CONTORNO DA RÓTULA	-----	17,12	m3

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE TUBOÃO  
ADMINISTRAÇÃO  
JOSE CARLOS SCHWABT

R. Raimundo Leventi, 1588  
cep 39200-150  
Fone (041) 3555 8980  
Tuboão - PR

Secretaria do Planejamento Estratégico

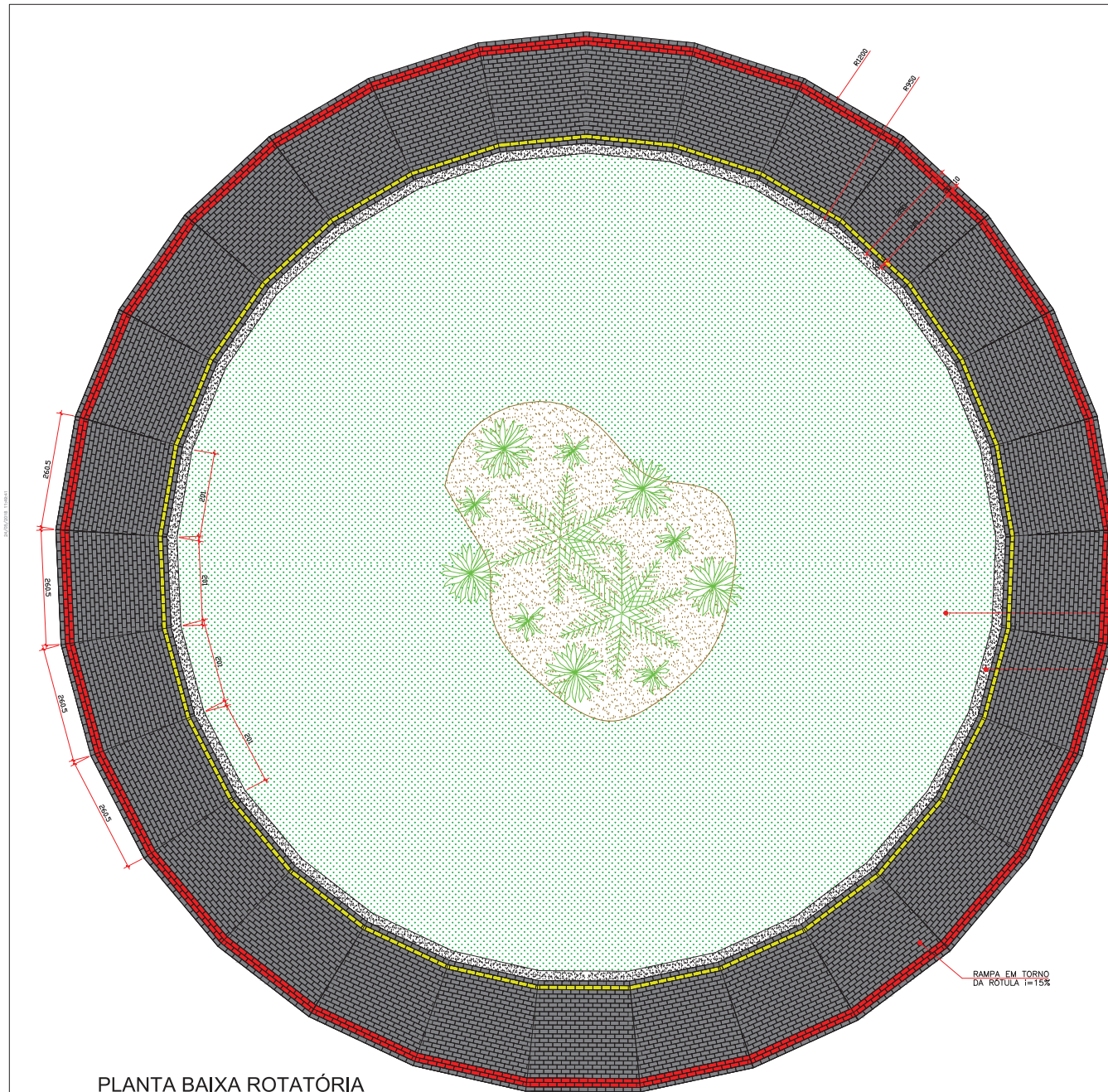
obra EXECUÇÃO RÓTULA  
local RÓTULA AVENIDA SENADOR ATILIO FONTANA COM AVENIDA MARIPIÁ

estipendiário: \_\_\_\_\_  
resp. projeto: \_\_\_\_\_  
resp. execução: \_\_\_\_\_  
projeto: \_\_\_\_\_

RÓTULA AVENIDA SENADOR ATILIO FONTANA COM AVENIDA MARIPIÁ

01-03

desenho LAURTON data AGOSTO/2007 escala INDICADA projeto P/UT



QUANTITATIVO	
QUANTIDADE	DESCRIÇÃO
14,02m <sup>2</sup>	Paver Vermelho (À EXECUTAR)
5,71m <sup>2</sup>	Paver Amarelo (À EXECUTAR)
139,71m <sup>2</sup>	Paver Cinza (À EXECUTAR)
269,97m <sup>2</sup>	Plantio de Grama

ÓRGÃO PÚBLICO:

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE TOLEDO  
 SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO  
 JOSÉ CARLOS SCHWABERT  
 R. Raimundo Soares, 1506  
 Cep: 85000-110  
 Fone: (41) 3277-8876  
 Toledo - PR  
 Secretaria do Planejamento Estratégico

**ARQUITETÔNICO**

REFERENCIAL: PLANTA BAIXA

OBRA: ROTATÓRIA  
 LOCAL: AVENIDA SENADOR ÁTILIO FONTANA COM AVENIDA MARIIPA  
 PROJETO: PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE TOLEDO  
 FRENCHA: 02/03

SITUAÇÃO:

PROJETO:

RESP. TÉCNICO:

ESTATÍSTICA:

PROPRIETÁRIO:  
 PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE TOLEDO

PROJETO: maio 18

ESCALA: INDICADA

DESENHO: *Fuogo G.*

PLANTA BAIXA ROTATÓRIA  
 ESC.:1/50





