



**ANÁLISE DA INTERSEÇÃO RUA G1 DO BAIRRO  
CHÁCARAS IPIRANGA DA CIDADE DE VALPARAÍSO DE GOIÁS**

**MARCELO ROBERTO GOMES DE ARAÚJO**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II EM ENGENHARIA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA INTERSEÇÃO RUA G1 DO BAIRRO  
CHÁCARAS IPIRANGA DA CIDADE DE VALPARAÍSO DE GOIÁS**

**MARCELO ROBERTO GOMES DE ARAÚJO**

**ORIENTADORA: ADELAYDA PALLAVICINI FONSECA**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL II EM ENGENHARIA CIVIL**

**BRASÍLIA/DF: 18/MAIO/2021**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA INTERSEÇÃO RUA G1 DO BAIRRO  
CHÁCARAS IPIRANGA DA CIDADE DE VALPARAÍSO DE GOIÁS**

**MARCELO ROBERTO GOMES DE ARAÚJO**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA  
CIVIL.**

**APROVADA POR:**

---

**Prof. ADELAYDA PALLAVICINI FONSECA, D.Sc. (UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**Prof. JOSÉ MATSUO SHIMOISHI, Doutor (UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**SALVADOR CARDOSO, M.Sc. (IME)  
EXAMINADOR EXTERNO**

**BRASÍLIA/DF, 18 DE MAIO DE 2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

ARAÚJO, MARCELO

Análise da Interseção Rua G1 do Bairro Chácaras Ipiranga da Cidade de Valparaíso de Goiás. 2021. 56p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2020)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, M.R. (2020). Análise da Interseção Rua G1 do Bairro Chácaras Ipiranga da Cidade de Valparaíso de Goiás. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 55 págs.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marcelo Roberto Gomes de Araújo

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise da Interseção Rua G1 do Bairro Chácaras Ipiranga da Cidade de Valparaíso de Goiás.

GRAU / 2021: Bacharel em Engenharia Civil / 2021.

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Marcelo Roberto Gomes de Araújo

Rua Santa Luzia, Cond. Varandas Paraiso I

Plaza I, Bloco “T”, apartamento 102.

Chácaras Ipiranga. 72879-290 – Valparaíso de Goiás/GO – Brasil.

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer a todos os profissionais da Universidade de Brasília, com suas diferentes funções e diferentes departamentos, todos essenciais para a construção do conhecimento acadêmico nacional. Gostaria de agradecer principalmente a todos aqueles que foram meus professores na instituição, da engenharia ou não, todos com igual importância para a escrita deste trabalho, tendo contribuído cada um com sua disciplina e conhecimentos que ultrapassam o que é previsto em suas ementas.

Agradeço também a meus familiares mais próximos, meus pais e irmãos, que cada um da sua forma contribuíram para a minha manutenção na universidade. A todos os colegas que me prestaram apoio, tanto com ensinamentos da engenharia quanto de vida.

Especial agradecimento para minha orientadora Adelaida Pallavicini Fonseca que me instruiu com sabedoria e prontidão.

## RESUMO

Este estudo teve por finalidade a análise do projeto geométrico da interseção da rua G1 do bairro chácaras Ipiranga da cidade de Valparaíso de Goiás, devido a observação de elevado crescimento demográfico da região, considerável retenção do tráfego em horários de pico e contínuo mal comportamento dos motoristas, suspeitando-se que possam possivelmente serem estimulados pela configuração da geometria. Para isto procedeu-se com estudo para a constatação da evolução demográfica da região, assim como dos parâmetros definidos pelos órgãos brasileiros competentes na área de estudos de tráfego e projeto geométrico de rodovias e interseções. Foram levantados então aspectos necessários para verificação da adequação do elemento como processo de planejamento urbano, classificação de vias, critérios de escolha das interseções e estudos de tráfego. Desta forma foi possível determinar os passos metodológicos a serem tomados para a verificação da adequabilidade da interseção. Determinados os parâmetros para atestação da capacidade, observou-se que a rótula comporta o volume de tráfego atual, sendo o real motivador da retenção do fluxo, a passagem em nível entre rodovia e ferrovia em um dos arcos de acesso. Com isto foi possível estabelecer as soluções para a configuração de vias e interseção.

**Palavras-chave:** Interseção; Tráfego; Rótula.

## ABSTRACT

This study had as objective the analysis of the intersection's geometric project located on G1 street in the Chácaras Ipiranga Neighborhood, due to the observation of significant demographic growth in the region, considerable retention of traffic at rush hour and bad behavior of drivers, which led to the suspicion of being a result of a stimulus by the geometric configuration. For this purpose studies were proceeded for verifying the demographic evolution in the region, as well as studies about the parameters defined by Brazilian agencies about traffic and geometric projects of highways and intersections. Researches were made for collecting the necessary aspects for the intersection's adequacy, likewise studies were made about urban planning, road classification, criteria for choosing intersection configuration and traffic. It was then possible to determine the methodological steps to be taken for the verification of the intersection adequacy. Once the parameters necessary to the capacity attestation were determined, it was observed that the roundabout holds o traffic volume, coming to the realization that the real reason to the retention of the flow was the level crossing between the railway line and one of the access arch. Therewith it was possible to establish solutions to the configuration of the roads and intersection.

**Key words:** Intersection; Traffic; Roundabout.

## Lista de Figuras

Figura 1.1 - Rótula e vias de acesso.....	2
Figura 1.2 - Rótula e suas vias de acesso.....	3
Figura 1.3 - Elementos de caracterização de uma rótula .....	4
Figura 2.1 – Hierarquia funcional das vias urbanas.....	4
Figura 2.2 - Relação entre os níveis de acessibilidade e mobilidade para os diferentes tipos de vias urbanas.....	5
Figura 2.3 – Modelo de fluxograma de tráfego em UCP.....	7
Figura 2.4 - Interseção tipo G (Rótula urbana).....	10
Figura 2.5 – Interseção Tipo D (Rótula).....	11
Figura 2.6- Escolha do tipo de interseção – Interseção de quatro ramos.....	12
Figura 2.7- Gráfico indicativo do tipo de interseção em áreas urbanas.....	13
Figura 2.8 - Rótula com deflexão do tráfego garantida pela ilha central.....	17
Figura 2.9 - Fluxos de tráfego em rotatória, variáveis $K_i$ e $Z_i$ .....	19
Figura 2.10 – Capacidade básica das entradas na rotula.....	20
Figura 2.11 - Tempo médio de espera.....	22
Figura 3.1 - Apresentação da rótula .....	1
Figura 3.2 – Vista do Arco 1 direcionada para a rótula .....	2
Figura 3.3 – Vista do Arco 1 a partir da rótula .....	2
Figura 3.4 – Vista do arco de número 2 a partir da rótula .....	3
Figura 3.5– Vista dos Arcos de número 3 e 4 a partir da rótula .....	4
Figura 3.6 – Desenho Geométrico da Interseção .....	5
Figura 3.7 - Estado de Degradação da Ferrovia.....	8
Figura 3.8 - Readequação de ilha central.....	10



## Lista de Tabelas

Tabela 1.1 - Taxa geométrica de crescimento, Valparaíso de Goiás .....	6
Tabela 2.1 – Fatores de equivalência em unidades de carros de passeio (UCP) .....	18
Tabela 2.2 – Matriz Origem/Destino .....	18
Tabela 2.3 – Níveis de Serviço em função dos tempos de espera .....	22
Tabela 3.1 – Matriz Origem Destino .....	6
Tabela 3.2 – Condições Geométricas.....	6
Tabela 3.3 – Capacidade e Nível de Serviço .....	7

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	OBJETIVOS .....	3
1.1.1	Objetivo Principal .....	3
1.1.2	Objetivos Específicos.....	4
1.2	LIMITAÇÕES .....	5
1.3	IMPORTÂNCIA DO TRABALHO .....	5
1.4	METODOLOGIA.....	7
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	1
2.1	PLANEJAMENTO DE VIAS URBANAS .....	1
2.2	CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS.....	2
2.3	INTERSEÇÕES.....	5
2.3.1	Interseções em nível.....	7
2.3.2	Interseções em níveis diferentes .....	8
2.3.3	Critérios de Determinação do Tipo de Interseção.....	9
2.4	CONTAGEM VOLUMÉTRICA.....	13
2.5	VOLUME MÉDIO DIÁRIO (VMD) .....	14
2.6	VOLUME HORÁRIO DE PROJETO (VHP).....	15
2.7	CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO DE UMA RÓTULA .....	15
2.7.1	Elaboração da Matriz de Origem e Destino .....	18
2.7.2	Determinação da Capacidade de Entrada .....	19

2.7.3	Determinação da Capacidade residual .....	21
2.7.4	Determinação do Tempo Médio de Espera.....	21
2.7.5	Determinação dos Níveis de Serviço .....	22
3	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	1
3.1	CONFIGURAÇÃO DOS ARCOS .....	1
3.2	DESENHO GEOMÉTRICO.....	4
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	5
3.4	IMPACTO CAUSADO PELA FERROVIA CENTRO-ATLÂNTICA.....	8
3.5	READEQUAÇÃO .....	9
4	CONCLUSÃO .....	1
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	1

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de transporte rodoviário está organizado como uma rede, um conjunto de trajetos que conectam pessoas e bens através de um território. Os elementos que compõem esta rede são chamados de arcos, que são as rodovias e estradas das diferentes classes e também as vias urbanas, que desempenham o papel de interligar os nós, que a depender do campo de estudo, podem ser vistos como núcleos de origem e destino, centros de armazenagem e transferência de cargas como encarados muitas vezes pela logística, mas ao se pensar na infraestrutura em si, são vistos como as interseções, os elementos geométricos de confluência entre duas ou mais vias.

Os nós do sistema viário merecem atenção pelo fato de apresentarem importantes pontos de conflito onde diferentes veículos devem trafegar numa ordem e direção que devem ser bem definidas e respeitadas. As interseções devem então ser projetadas para permitir que estes nós funcionem de forma harmônica, sendo que este objetivo é atingido através de sinalização, horizontal e vertical, além da própria estrutura física, como raios de curvatura, quantidade de faixas, tipo de solução adotada, se em nível ou em níveis diferentes e suas subcategorias.

Por mais que uma grande parte dos deslocamentos no Brasil aconteçam através do modal rodoviário, tanto arcos quanto nós nem sempre atendem aos níveis necessários de serviço e de segurança, ou como citado, de forma a garantir que os deslocamentos ocorram de maneira harmônica. Isso pode acontecer por erros em concepção de projetos, erros de execução, falta de manutenção, mudança de utilização devido a evolução demográfica e escoamento de bens, ou simplesmente a falta de atenção aos manuais de projetos elaborados por autarquias das esferas federal, estadual e municipal.

Devido à salientada importância e a conhecida deficiência dos nós, este trabalho se ocupará da análise de uma rótula, interseção na qual o tráfego circula num só sentido ao redor de uma ilha central, localizada na cidade de Valparaíso de Goiás, no bairro Chácaras Ipiranga – A. O elemento está inserido num contexto urbano, entre vias locais responsáveis pela ligação com às importantes vias DF 290, que se conecta às regiões administrativas de Santa Maria e Gama no Distrito Federal e ao município goiano do Novo Gama, e à BR 040 que tanto faz a conexão com o centro da capital do país e as demais regiões administrativas do distrito, quanto dá vazão para importantes cidades da região sudeste do Brasil.

A rótula é acessada por 4 vias de sentido duplo, como pode ser visto na Figura 1.1. O acesso sul, visto na parte inferior, ao centro da imagem, concentra o tráfego da maior parte dos

condomínios construídos nos últimos anos na região, enquanto os ramos a oeste e sudoeste concentram o tráfego de habitações individuais de povoamento mais antigo, sendo a função de ligar o tráfego às rodovias maiores relegadas ao ramo a nordeste da rótula.



Fonte: Google Maps.

**Figura 1.1 - Rótula e vias de acesso**

Hoje essa rótula funciona como principal nó de conexão para uma população em contínuo e acelerado crescimento nos últimos anos, devido ao fato da região reunir diversos empreendimentos imobiliários, alguns já concluídos na forma de condomínios e outros ainda em desenvolvimento, assim como estabelecimentos comerciais. Devido a esse crescimento da população, a rótula acaba por reunir um grande volume de tráfego principalmente nos horários de pico pela manhã, fim da tarde e início da noite, causando engarrafamento em todas as vias que a acessam, elevando o tempo de percurso para todos que a utilizam.

Além disso, tanto a interseção quanto as vias que a acessam não apresentam nenhuma forma de sinalização vertical ou horizontal, o que contribui para o agravamento da orientação do tráfego. A geometria atual do elemento não contempla canteiros nas vias, chamadas ilhas canalizadoras de acesso, que ajudariam ao ordenamento do tráfego, o que evitaria por exemplo que motoristas cometessem a irregularidade de não circular a rótula, quando, de acordo com as

normas de trânsito, seriam obrigados. É possível observar na Figura 1.2 a seguir que tais ilhas canalizadoras aparecem nas vias de acesso no serviço de mapas do Google, porém não existem de fato.



Fonte: Google Maps

**Figura 1.2 - Rótula e suas vias de acesso**

Devido a observação do mal comportamento de motoristas e congestionamento citados, alinhado ao histórico de crescimento demográfico, suspeita-se que a configuração atual da rótula possa não estar compatível com a solicitação a qual está submetida. Por isso um estudo aprofundado baseado em manuais de interseções, nas normas de trânsito e projeto geométrico, deve ser realizado para que se possa levantar um diagnóstico da situação e para que se elabore uma solução para a região.

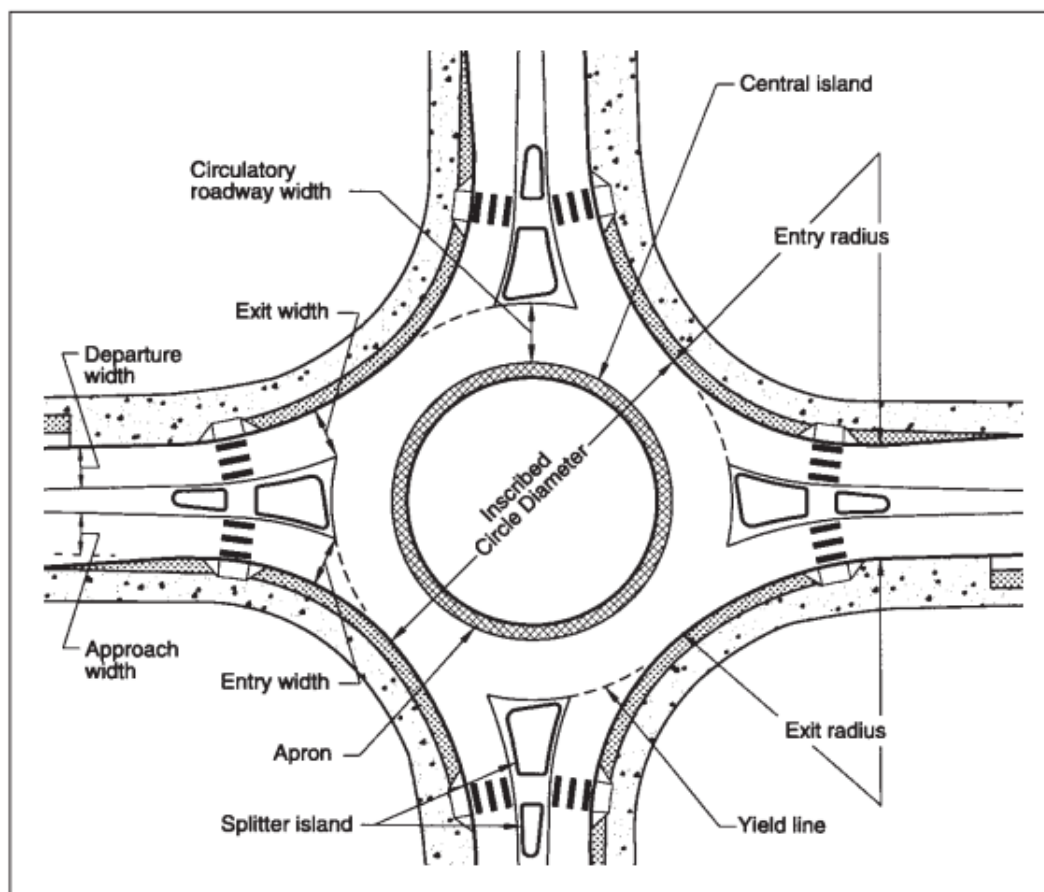
## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Principal**

Este trabalho tem como objetivo principal analisar se a interseção ainda atende ao tráfego ao qual está submetida, se suas características se enquadram nos parâmetros previstos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), instituição que no Brasil é responsável pela publicação do Manual de Projeto de Interseções, e se a estrutura deve passar por adequação.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Caracterizar a interseção em todos seus elementos como apresentado no guia informativo de rótulas elaborado pelo departamento de transportes dos Estados Unidos (*U.S. Department of transportation, Federal Highway Administration*), contido na Figura 1.3 a seguir. Esta caracterização atual servirá para a verificar se a construção da rótula foi executada da maneira correta.



Fonte: Roundabouts: An Informational Guide, U. S. Department of Transportation, 2000

**Figura 1.3 - Elementos de caracterização de uma rótula**

- b) Levantar o tráfego ao qual a interseção está submetida através de contagem volumétrica.
- c) Fazer avaliação e desenvolvimento de soluções para os problemas identificados e por fim apresentar projeto com as alterações previstas, caso for necessário.

## **1.2 LIMITAÇÕES**

Este estudo se limita ao estudo de rotatória específica de cidade do entorno do Distrito Federal, parte da região integrada de desenvolvimento da capital do país. Alguns fatores contribuem para as limitações deste estudo, tais como: o momento de levantamento de dados foi realizado durante a maior pandemia enfrentada pelo mundo em mais de cem anos, que submeteu a todos a restrições de movimento, com as recomendações sobre o isolamento e distanciamento social, com fechamento de estabelecimentos não considerados essenciais, aumento do número de desempregados comparável apenas com as maiores crises econômicas da história, fatores que de certa forma afetam o tráfego. No entanto o levantamento de dados de volume de trânsito se deu em momento em que as restrições sobre estabelecimentos de serviços não considerados essenciais estavam mais leves.

Além do citado, destaca-se que para além da crise sanitária, o caráter sem recursos para custeio da pesquisa condiciona a uma menor amplitude das contagens de tráfego realizadas, estas feitas por apenas uma pessoa, o que obrigou que a contagem fosse feita de forma não simultânea para cada arco.

## **1.3 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO**

A região onde a interseção está localizada, assim como todo o município de Valparaíso de Goiás tem passado nos últimos anos por um acelerado processo de crescimento demográfico, tendo o município apresentado taxa de crescimento geométrico superior ao do país entre os anos de 2004 e 2018, segundo dados disponibilizados pelo Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB), contidos na Tabela 1.1.



Tabela 1.1 - Taxa geométrica de crescimento, Valparaíso de Goiás

Ano	Taxa de Crescimento
1991	-
1996	-
2000	-
2005	4,73
2006	4,56
2007	2,72
2008	3,08
2009	2,97
2010	3,44
2011	3,32
2012	3,01
2013	3,33
2014	3,06
2015	2,88
2016	2,74
2017	2,63
2018	2,71

Fonte: IMB, 2019

Como explicado na pesquisa metropolitana por amostra de domicílios (PMAD - CODEPLAN, 2013), o crescimento populacional na cidade de Valparaíso de Goiás tem sido explosivo, notadamente a partir de 2000, explicado pela forte taxa de imigração, expressa no fato de que apenas 10% dos cidadãos de Valparaíso terem naturalidade goiana, sendo que mais de 40% são oriundos do Distrito Federal.

A região onde a rótula em questão está inserida está localizada em um bairro onde é possível observar essa explosão demográfica, onde nos últimos anos diversos condomínios foram construídos e novos complexos residenciais e comerciais estão em obra. Esta rótula é o principal nó de comunicação de uma série destes condomínios recém ocupados e vários destes estabelecimentos comerciais que têm seus negócios prejudicados pelo trânsito, que causa poluição sonora e do ar, causada pela combustão dos veículos.

O crescimento da população não foi acompanhado por uma readequação das vias e interseções da região, sendo possível observar congestionamentos constantes na rótula e nas vias que a acessam. Por este motivo, o estudo da interseção pode oferecer solução mais adequada para a infraestrutura, diminuindo a incidência de motoristas cometendo infrações, diminuindo o

congestionamento, impactando assim o tempo gasto com transporte para os moradores da região.

Um tráfego mais harmonioso pode inclusive atrair mais receita para comerciantes ali instalados e até mesmo acarretar a valorização dos imóveis já construídos e os que ainda estão em desenvolvimento. Além disso o trabalho pretende servir de modelo para a análise das condições viárias da cidade como um todo, podendo ter sua metodologia replicada para outras interseções com características semelhantes espalhadas pelo município.

#### 1.4 METODOLOGIA

Para este trabalho o que se propõe primeiro é fazer a apresentação do problema abordado, apresentando quais são os objetivos, hipóteses consideradas e a importância de sua elaboração. O passo seguinte é trazer os conteúdos pertinentes a elaboração da investigação, determinação de todos os parâmetros necessários para definir se a geometria da interseção está de acordo com os normativos vigentes.

Visto que o trabalho se ocupa de uma rótula urbana, a forma com que se procede o planejamento das vias urbanas deve ser apresentado, ajudando na compreensão de como foi estabelecido a geometria atual, sua localização, tipo e dimensões, o que engloba a classificação das vias de acesso e adjacentes, por isso essa categorização dos arcos também é abordado. Agora tratando diretamente do objeto do estudo as interseções são apresentadas, suas definições, diferentes tipos e como o DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes utiliza de estudos elaborados ao redor do mundo para estabelecer os critérios de determinação das interseções.

Dentre os critérios estabelecidos no Manual de Projeto de Interseções, os dados de tráfego estão entre os mais relevantes, por isso será feita a apresentação dos conceitos de contagem volumétrica, volume médio diário (VMD) e volume horário de projeto (VHP).

A descrição da situação de cada arco de acesso da rótula é feita para que suas condições sejam levadas em consideração no estudo.

Os passos seguintes serão a caracterização atual da geometria de acordo com o departamento de transportes dos Estados Unidos (*U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration*), estabelecer o método de contagem a ser usado, considerando todas as particularidades para a região, com a quantidade de dias necessários de contagem, horários,

estabelecer as horas de pico e então proceder com os critérios para determinação se a geometria está condizente com o tráfego ao qual está submetida, caso não esteja, será procedido a elaboração da geometria mais adequada para a região.

## **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O trabalho apresentado foi dividido em 4 capítulos, conforme descritos a seguir:

Capítulo 1: O atual capítulo introdutório está subdividido em 4 itens, apresentação, objetivos, limitações, importância do trabalho, metodologia e estrutura do trabalho.

Capítulo 2: Revisão bibliográfica, onde se trata dos assuntos que fundamentam a teoria do trabalho, onde se procura apresentar o que há de pertinente para o dimensionamento de um projeto de interseção.

Capítulo 3: Formulação do Problema, neste capítulo é apresentado de forma mais detalhada a problemática da região, apresenta-se os diferentes arcos ligados ao nó com imagens e faz-se discussão sobre as características atuais.

Capítulo 4: Conclusão.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesta revisão bibliográfica serão descritas as premissas que embasaram este estudo, que se concentram em publicações relativas a projetos da engenharia rodoviária. Prioritariamente será feita a exposição de interseções, que apresentam, segundo o DNIT (2005), os mesmos princípios de projeto geométrico de rodovias. Faz-se importante também alguns conceitos da engenharia de tráfego para a caracterização da solicitação da interseção e do planejamento das vias urbanas.

### **2.1 PLANEJAMENTO DE VIAS URBANAS**

Hoje o planejamento das vias urbanas foca primordialmente no traçado das vias expressas, sendo que as Normas para o Projeto Geométrico de Vias Urbanas, elaborado pelo DNER (Departamento Nacional de Estradas e Rodagem) e o manual que o substituiu, Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas, elaborado pelo DNIT, focam neste tipo de infraestrutura. Sendo assim, na prática, a situação das interseções, sejam em vias de hierarquia superior ou das vias locais, são relegadas para etapa posterior.

Durante o planejamento são designados os espaços públicos para a implantação da malha viária. Nesta etapa devem ser aprofundados os estudos sobre as interseções, levando em conta a minimização de obstáculos futuros às obras de alargamento, ou seja, a reserva de espaço em volta das interseções. Apesar de sinalizar esta importância, não raro é um problema para as cidades, sendo a falta de espaço costumeiramente um fator limitador para as soluções de interseções e para transporte não motorizado, pedestres e ciclistas.

O uso do solo tem um valor comercial diretamente ligado a acessibilidade de uma região, por isso, um sistema viário eficaz, que atende a níveis de serviço e segurança são fundamentais para as cidades. A reserva para o sistema viário deve estar prevista num plano diretor viário ou num plano de parcelamento do uso do solo da cidade. Nestes planos são classificadas as vias da cidade de acordo com características funcionais, proporcionando a mobilidade entre os centros de atividades, ambientes de trabalho, moradia e lazer.

O planejamento da rede viária de uma cidade deve ser realizado de modo a proporcionar equilíbrio entre os diferentes meios de transporte, apesar de sabidamente o Brasil ter adotado em suas cidades certa preferência para os veículos. Cidades europeias nos últimos anos vêm

tomando a atitude de resgatar vias antes designadas ao transporte motorizado, para pedestres e ciclistas, prevendo condições de atratividade, conforto e segurança, se atentando para a necessidade da integração entre os diferentes modais, e modalidade privada de transporte, público e compartilhado.

Conhecer estes processos do planejamento urbano, é importante para a compreensão do racional por trás do planejamento de uma rótula, quando se é pensado na sua localização, necessidade, reserva de espaço, que em conjunto com as indicações do DNIT, define a melhor configuração deste tipo de elemento.

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS

É vital para a caracterização de qualquer interseção saber dentro de qual contexto de vias a geometria estará inserida, por isso há a necessidade de se entender melhor sobre as classificações das vias. As vias urbanas são classificadas nos manuais nacionais e internacionais de acordo com sua funcionalidade, para Shu Han Lee (2017) o tipo de serviço oferecido por uma rodovia pode ser determinado a partir de suas funções básicas de mobilidade e de acessibilidade que propicia. Portanto o sistema viário urbano é hierarquizado de acordo com as características operacionais das vias.

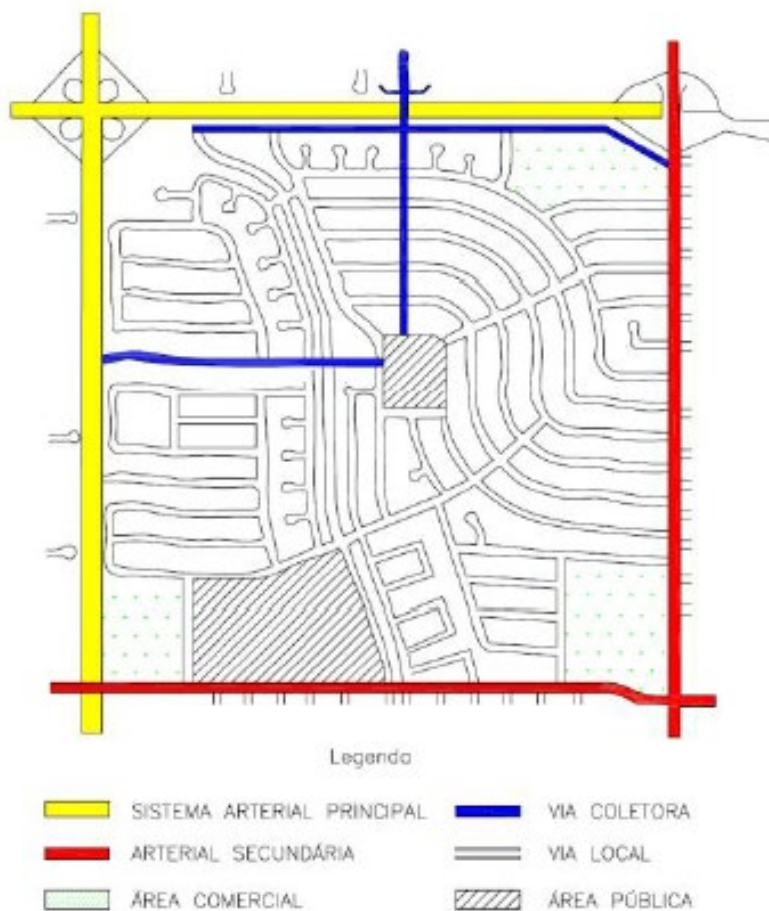
Nos trajetos diários, é possível e até mesmo provável para certas cidades do país, que um motorista passe por todas as classificações das vias, normalmente se iniciando em ruas de pequeno porte, com acesso direto aos lotes lindeiros, assim como o final do percurso também deve ser assim, já para acessar vias de maior porte, onde é possível desenvolver maiores velocidades, principalmente em percursos mais longos, se utiliza vias de classificação intermediária. Sendo mais claro as classificações são divididas como segue:

- **Vias Locais** – Vias de tráfego de caráter essencialmente local, cuja finalidade é dar acesso aos lotes lindeiros, ou seja, as margens da via. O volume de tráfego costuma ser baixo, apresentando assim uma menor influência no dimensionamento das vias, permitindo que se garanta mais espaço para a circulação de pedestres e uma menor demanda por estacionamento. A velocidade máxima desejável é de 30 km/h e deve ser desencorajado o tráfego de passagem por estas vias. Em alguns bairros residenciais de

idades antigas pode haver uma carência maior por vagas de estacionamento nas vias locais, uma vez que não era comum a previsão de vagas nas edificações.

- **Vias Coletoras** – Coletam e distribuem o tráfego das vias locais para as Vias Arteriais, ou por vezes interligam duas arteriais. Indicadas prioritariamente para o itinerário de ônibus e caminhões, atendendo a circulação de pessoas e a um volume maior de tráfego. A velocidade máxima desejável é de 50 km/h e absorvendo parte do tráfego de passagem. Devido a passagem dos transportes coletivos e maior circulação de pedestres, observa-se a tendência de implantação do comércio e os serviços que atraem ainda mais os pedestres, ciclistas e usuários de automóveis gerando a necessidade de calçadas confortáveis, infraestrutura para bicicletas e estacionamentos.
- **Vias Arteriais** – Interconectam as Vias Coletoras absorvendo grande parte do tráfego de passagem, atendendo principalmente as viagens de média distância entre regiões geradoras de viagens. O volume de tráfego é elevado e composto por vários tipos de veículos, gerando grande influência no dimensionamento destas vias por garantir mais espaço para a circulação do fluxo viário, não sendo permitido o estacionamento ao longo da via, a não ser em baias ou recuos da calçada. A velocidade máxima desejável é de 70 km/h. Em áreas urbanas consolidadas, o uso do solo lindeiro das vias arteriais é caracterizado por grande número de estabelecimentos de comércio e serviços que geram um grande fluxo de ônibus e automóveis, ao que se associa o trânsito de pedestres e bicicletas.
- **Vias Expressas** – Interconectam os grandes centros de atividades da região metropolitana atendendo principalmente as viagens de longa distância. Observa-se que na grande maioria, estas vias são de duplo sentido de tráfego, com pistas de rolamento separadas por canteiro central, com acesso por pistas laterais paralelas de hierarquia inferior. A velocidade média de operação desejada situa-se entre 80-90 km/h e apresentam a característica especial de controle dos acessos. As vias expressas não são adequadas para o tráfego não motorizado, não permitem estacionamento e a travessia de pedestres deve ser facilitada por soluções que não interrompam o fluxo viário.

A Figura 2.1 a seguir ilustra esquematicamente uma rede viária urbana, com a classificação funcional das vias.

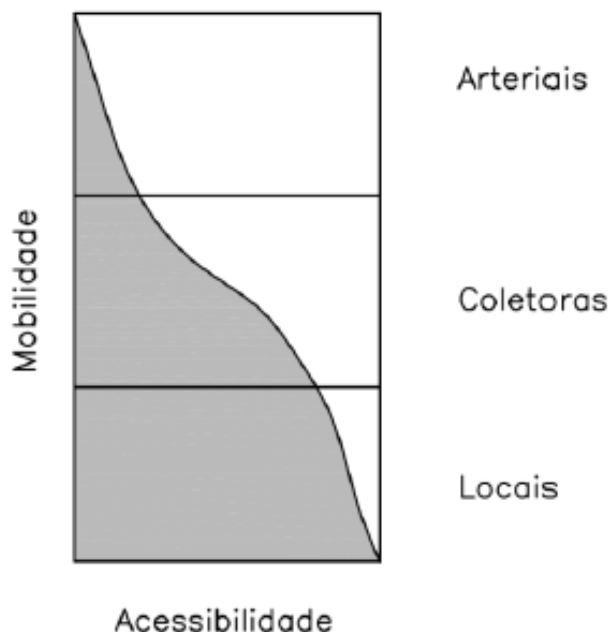


Fonte: Manual de Projetos Geométricos de Travessias Urbanas, DNIT 2010.

**Figura 2.1 – Hierarquia funcional das vias urbanas**

Como as classificações das vias são elencadas a partir de suas funções e acessibilidade, é possível criar um gráfico que relaciona as classes com estes aspectos, que pode ser observado na Figura 2.2.

Com a classe dos arcos definidos, é possível agregar esta informação no planejamento de seus nós, suas interseções, dessa forma, estão na hora de tratar diretamente destes elementos.



Fonte: Manual de Projetos Geométricos de Travessias Urbanas, DNIT 2010.

**Figura 2.2 - Relação entre os níveis de acessibilidade e mobilidade para os diferentes tipos de vias urbanas**

### 2.3 INTERSEÇÕES

A área em que duas ou mais vias se unem ou se cruzam é definida como interseção. As interseções são classificadas de acordo com os movimentos realizados na mesma, são elas: interseções em nível e interseções em níveis diferentes (DNIT, 2005). As interseções representam situações críticas na rede viária por serem elementos de descontinuidade, devendo permitir uma circulação ordenada dos veículos, mantendo o nível de serviço da via e garantindo a segurança, que em contextos urbanos, para além dos motoristas, também deve incluir aos pedestres e ciclistas.

Como já mencionado, os princípios que ordenam o projeto geométrico dos demais componentes de uma rodovia, também governam os elementos de uma interseção. No entanto diferenças podem ser salientadas, como a forma em que são conduzidos os veículos ao se acercarem destas regiões, que normalmente tem que reduzir a velocidade, sendo possível inserir condições menos confortáveis causadas por forças laterais que atuam sobre o veículo.

Outras definições necessárias ligadas a interseções, contidas no Manual de Projeto de Interseções, são: o acesso, que é uma interseção de uma rodovia com uma via de ligação a



propriedades marginais, de uso particular ou público; e o retorno, dispositivo de uma rodovia que permite a veículos de uma corrente de tráfego a transferência para a corrente de sentido contrário. A área funcional de uma interseção, acesso ou retorno, designada pela área que contém todos os dispositivos destinados a ordenar os diversos movimentos do tráfego, incluindo canalizações e faixas auxiliares, também está lá definida.

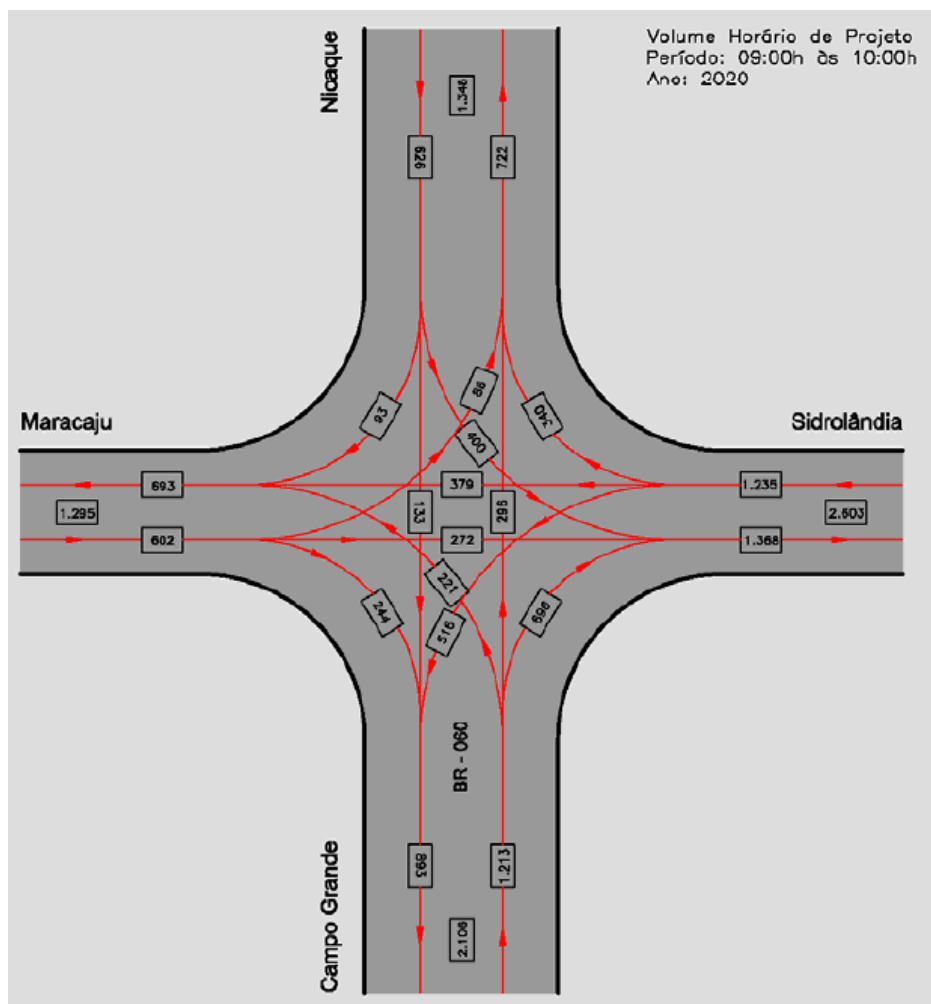
Dados funcionais devem ser coletados ou definidos para se projetar uma interseção, estes dados indicam a classificação das vias que a interceptarão, suas velocidades, como devem ser feitos os controles de acesso e prioridades de passagens. Já os dados físicos são tão necessários quanto nos projetos das rodovias, a topografia, a orografia.

Os dados de tráfego são também essenciais e envolvem tanto os veículos quanto pedestres e histórico de acidentes, o manual de projeto de interseções (DNIT, 2005) indica que para a obtenção dos fluxogramas deverão ser feitas contagens volumétricas nas interseções, para que se estabeleça o volume médio diário (VMD) e o volume horário de projeto (VHP). Salienta-se no manual, que sempre que possível, o volume horário de projeto seja expresso em unidades de carro de passeio por hora (UCP/hora), na Figura 2.3 observa-se um exemplo.

Nesse tipo de fluxograma da Figura 2.3 se observa o volume de veículos e seus trajetos, mostrando os diferentes percursos que podem ser tomados na interseção. Estes diferentes trajetos são usados no conceito de pontos de conflito, onde os motoristas executam ações evasivas para evitar colisões: frenagens abruptas, desvios bruscos e mesmo desobediência à sinalização. O método implica na observação sistemática das condições operacionais de cada interseção.

De acordo com DNIT (2005), a solução que deve ser adotada para uma interseção e o dimensionamento de seus ramos, dependem do fluxo de tráfego que circulará no ano de projeto. A indicação do manual é que o ano de projeto seja o décimo ano após a conclusão das obras, por isso é para este ano que deve ser projetado o tráfego obtido pelos levantamentos. Devido a este horizonte temporal, a interseção poderá ser implantada por etapas, para o ano de abertura e com as devidas condições para ampliação.

O aspecto econômico desempenha importante papel para o projeto de interseções, é representado pelo custo de implantação da estrutura, com desapropriação e construção. Estes custos podem variar muito com cada tipo de solução, se for em nível ou em níveis diferentes. Desta forma é necessário que se apresente os tipos de interseções previstos no manual.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

**Figura 2.3 – Modelo de fluxograma de tráfego em UCP**

### 2.3.1 Interseções em nível

As interseções em nível podem ser tanto em função do número de ramos como em função das soluções adotadas.

#### Em função do número de ramos

- Interseção de três ramos ou “T”: interseção em nível com três ramos.
- Interseção de quatro ramos: interseção em nível com quatro ramos.
- Interseção de ramos múltiplos: interseção em nível com cinco ou mais ramos.

### Em função das soluções adotadas

- Mínima: solução sem controles especiais, aplicada geralmente quando o volume horário total em termos de carros de passeio da via principal for menor que 300 e o da via secundária for inferior 50.
- Gota: solução que adota uma ilha direcional do tipo “gota” na via secundária com a função de adequar os movimentos de giro à esquerda.
- Canalizada: solução na qual os movimentos do tráfego têm suas trajetórias definidas pela sinalização horizontal, por ilhas e outros meios, com a finalidade de minimizar os seus conflitos.
- Rótula (rotatória): solução em que o tráfego se move no sentido anti-horário ao redor de uma ilha central.
- Rótula vazada: solução em que as correntes diretas da via principal atravessam uma ilha central, em torno da qual as demais correntes circulam no sentido anti-horário.

### Em função do controle de sinalização

- Sem sinalização semafórica (luminosa): típica de zonas rurais onde o fluxo é controlado por sinalização horizontal e vertical.
- Com sinalização semafórica (luminosa): típica de zonas urbanas onde o fluxo é controlado por semáforo.

## **2.3.2 Interseções em níveis diferentes**

Quando as rodovias não trocam fluxos. Os níveis diferentes impedem ramos de conexão. As vias se cruzam por meio de estruturas de separação dos greides. Os cruzamentos são designados por:

- Passagem Superior: quando a rodovia principal passar sobre a via secundária.
- Passagem Inferior: quando a rodovia principal passar sob a via secundária.
- Interconexão: quando, além do cruzamento em desnível, a interseção possui ramos que conduzem os veículos de uma via à outra. Normalmente as interconexões são classificadas em sete tipos básicos:
- Interconexão em “T” ou “Y”: interconexão com três ramos. O aspecto geral do projeto faz com que seja designada por “T” ou “Y”. Quando uma das correntes de tráfego de um ramo executar giro próximo de 270° a interconexão é designada por “trombeta”.

- **Diamante:** interconexão em que a via principal apresenta, para cada sentido, uma saída à direita antes do cruzamento e uma entrada à direita após o mesmo. As conexões na via secundária são interseções em nível.
- **Trevo completo:** interconexão em que, nos quatro quadrantes, os movimentos de conversão à esquerda são feitos por laços (loops) e à direita por conexões externas aos laços.
- **Trevo parcial:** interconexão formada pela eliminação de um ou mais ramos de um trevo completo, apresentando pelo menos um ramo em laço.
- **Direcional:** interconexão que utiliza ramos direcionais para os principais movimentos de conversão à esquerda. Quando todos os movimentos de conversão são feitos por ramos direcionais a interconexão diz-se “totalmente direcional”.
- **Semidirecional:** interconexão que utiliza ramos semidirecionais para os principais movimentos de conversão à esquerda.

No estudo e projeto de uma interseção a solução adotada leva em consideração a importância de se evitar passar o traçado através de construções e loteamentos, pois os custos para desapropriação costumam ser vultosos. Os possíveis impactos no meio ambiente também devem ser levados em consideração, pois na maioria das vezes a construção deste tipo de infraestrutura implica na derrubada de vegetação, alteração nas condições naturais de relevo, o que pode causar algum tipo de degradação.

Agora sabendo que este estudo é focado numa rótula, uma pergunta importante que deve ser respondida é o porquê de ter sido essa a solução escolhida para a região e quais são os outros tipos existentes. O manual do DNIT expõe duas normas oriundas de dois países diferentes, nas quais se baseia para estabelecer os critérios de enquadramento.

### **2.3.3 Critérios de Determinação do Tipo de Interseção**

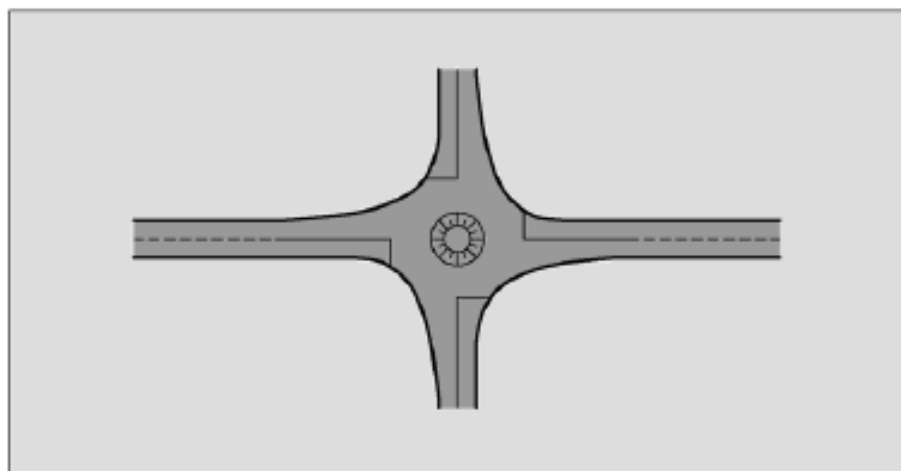
Primeiramente é necessário salientar que não existem critérios generalizados que permitam a definição de forma precisa do tipo de interseção que deve ser adotado. O manual brasileiro diz que isso se deve ao fato desta escolha se constituir num problema complexo, que como já mencionado, envolve volumes de tráfego, velocidades, diferentes tipos de veículos, aspectos topográficos, orçamentos, e a aleatoriedade na distribuição do tráfego, além disso cita

também a escassez de pesquisas nacionais e internacionais com grau satisfatório de precisão. Dito isto, o DNIT escolheu se basear nas normas suecas e nas normas inglesas para elaborar a própria discussão sobre como determinar os tipos de interseção.

### 2.3.3.1 Normas Suecas

As normas suecas (*Vägutformning 94*), publicadas em 2002, dividiram as interseções em sete tipos, de A à G, que levando em consideração as vias menores, foram divididas em interseções menores, A, B, C, G e interseções maiores D, E e F. Para este trabalho os tipos que merecem maior atenção são as de tipo G, ou rótula urbana e a de tipo D, rótula.

As rótulas urbanas são projetadas de forma a obrigar a diminuição da velocidade pelos motoristas, onde é dada preferência aos veículos que circulam em torno da ilha central, obrigando aos que chegam a ceder passagem em todos os acessos. Para garantir essas características estas rótulas devem ser projetadas com áreas de circulação com raios pequenos, muitas vezes são introduzidas elevações, saliências, estreitamentos nas saídas e entradas, além de parada obrigatória antes de se entrar na área de circulação. As interseções do tipo G, Figura 2.4, são recomendadas nestas normas apenas para centros urbanos.

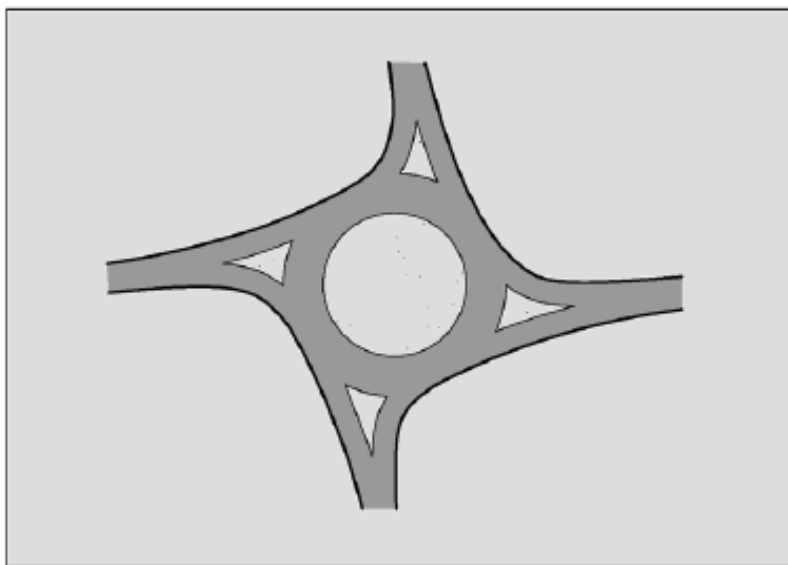


Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

**Figura 2.4 - Interseção tipo G (Rótula urbana)**

Agora uma rotula do tipo D, Figura 2.5, tem seu projeto caracterizado por maior raio de giro da ilha central e o emprego de ilhas canalizadoras nos acessos. Outro aspecto importante de ser mencionado é a diferenciação entre rótula convencional, onde a prioridade do tráfego em

um ou mais acessos, é do ramo de acesso, da rótula moderna, onde a prioridade é do tráfego que circula na rotatória.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

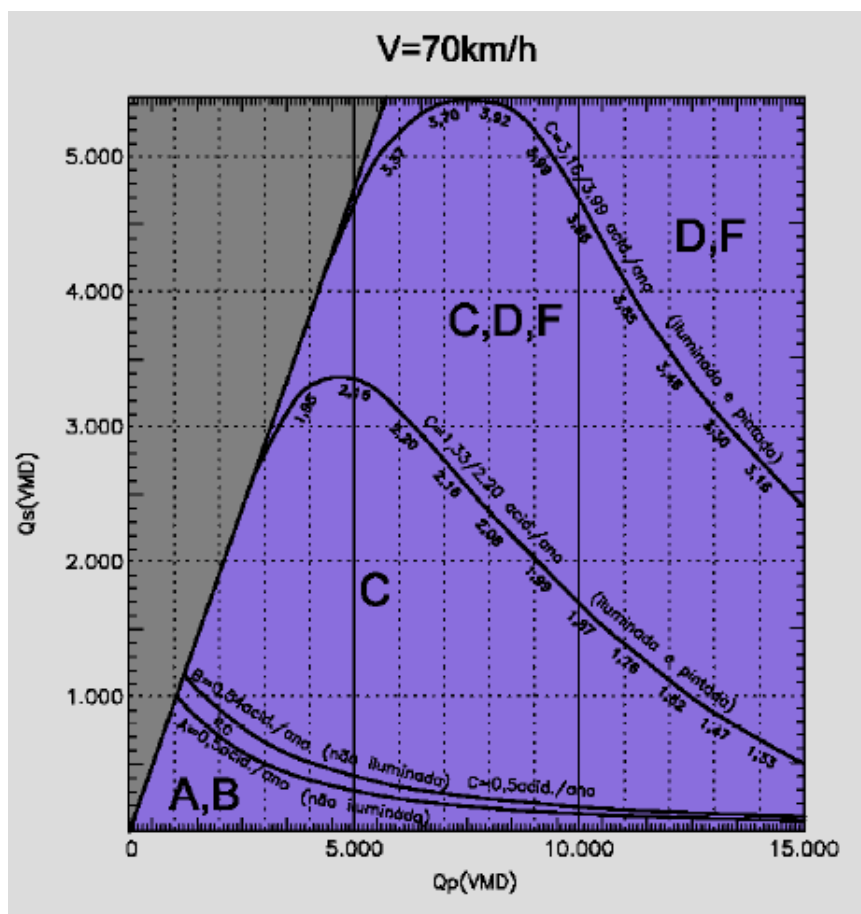
**Figura 2.5 – Interseção Tipo D (Rótula)**

As normas suecas então se utilizam de algumas variáveis, devendo serem destacadas número normal de acidentes com veículos, pedestres e ciclistas por ano, volume médio diário de veículos, de pedestres e ciclistas, chegada de veículos a partir de via secundária e principal, sendo que fora os volumes diários, para interseções projetadas, todos os outros parâmetros estão tabelados na norma do DNIT para interseções de tipo A, B, C, A deslocada e B deslocada, para diferentes velocidades diretrizes e características de iluminação e ilhas.

Já para interseções existentes deve se levar em conta os acidentes ocorridos e número de feridos em conjunção com os valores médios do ambiente de trânsito para que se possa avaliar um número esperado de acidentes e feridos. O manual traz ainda que na falta de dados de acidentes o prognóstico deve ser baseado nos valores médios do ambiente de trânsito.

É possível que se façam simplificações de modo a apresentar os critérios necessários na norma sueca na forma de gráficos como no apresentado a seguir na Figura 2.6 para interseções de quatro ramos e velocidade diretriz determinada, relacionando  $Q_s$  e  $Q_p$ , definidos pelo manual do DNIT como o número de veículos que chegam na interseção provenientes da rodovia

secundária e o número de veículos que chegam na interseção provenientes da rodovia principal, respectivamente.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

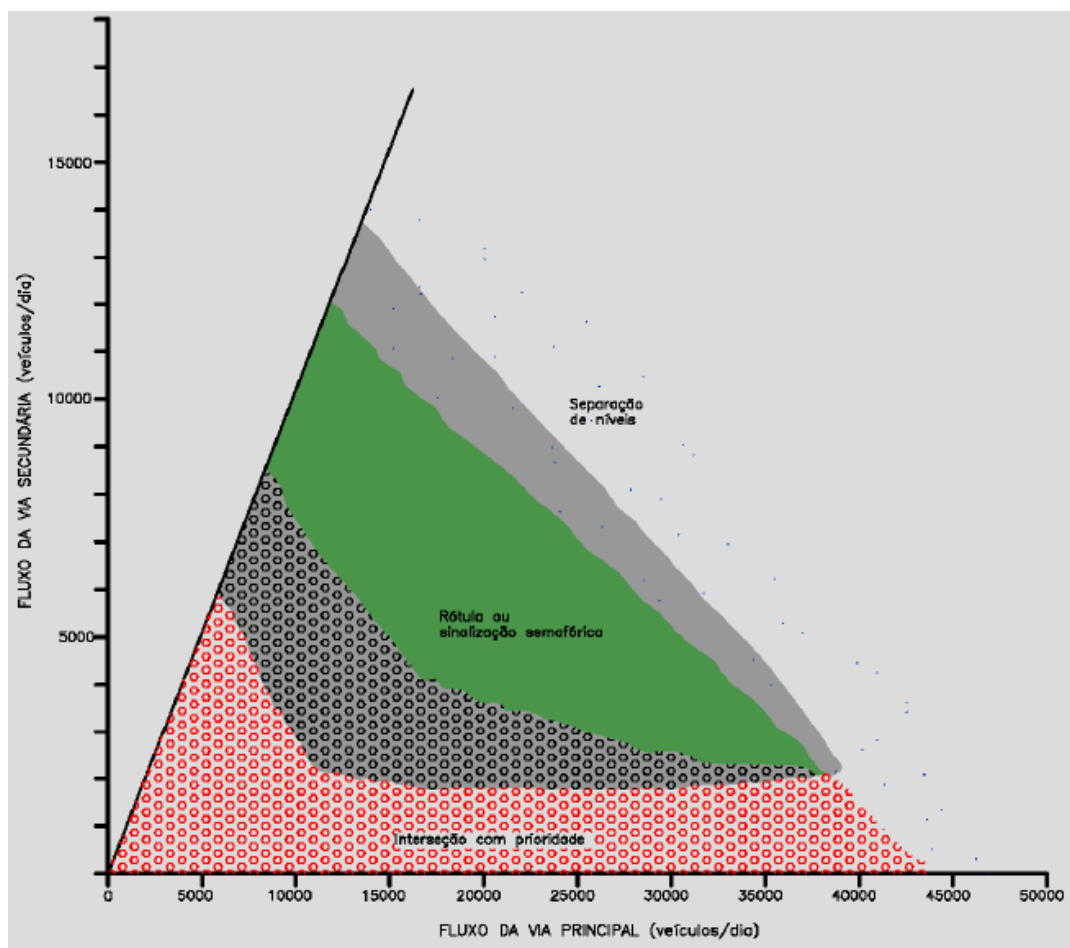
**Figura 2.6- Escolha do tipo de interseção – Interseção de quatro ramos**

### 2.3.3.2 Normas Inglesas

A norma inglesa procura sinalizar a influência da velocidade e do volume de tráfego na escolha do tipo de interseção, sobre quando é conveniente utilizar projetos tipo T simples, interseções canalizadas, rotatórias, interconexões e quando se utilizar de semáforos para controle do tráfego. Lembra que deve ser evitado que em trechos de alta velocidade seja inserida configurações que acarretem quedas bruscas da velocidade na rodovia principal.

Estudos feitos pela publicação britânica *Roads and Traffic in Urban Areas* (Institution of Highways and Transportation, Her Majesty's Stationery Office, England, 1987) criaram o

gráfico da Figura 2.7 a seguir, onde é possível observar a relação entre os tipos básicos de interseções com os volumes de tráfego das vias que se interceptam.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

**Figura 2.7- Gráfico indicativo do tipo de interseção em áreas urbanas**

## 2.4 CONTAGEM VOLUMÉTRICA

A contagem volumétrica tem a finalidade de determinar a composição do tráfego de uma localidade, a quantidade de veículos em um intervalo de tempo e a direção do fluxo. A contagem pode ser feita tanto para os arcos, para identificar o tráfego numa via, quanto nos nós, para levantamento dos fluxos das vias que se interceptam.

Há três formas diferentes de se proceder com uma contagem volumétrica, quando se deseja simplesmente calcular volumes diários, preparação de mapas de fluxo e determinação de tendências do tráfego é possível que se façam contagens globais, onde é registrado o número de



veículos que circulam por um trecho de via, independentemente de seu sentido, agrupando-os pelas suas diversas classes.

Já para contagem direcional deve ser registrado o número de veículos por sentido do fluxo, costuma ser empregada para cálculos de capacidade, determinação de intervalos de sinais, para justificar controle de trânsito, estudos de acidentes, previsão de faixas adicionais em rampas ascendentes, entre outras aplicações. Por último para a contagem classificatória registra-se o volume para os diferentes tipos ou classes de veículos, empregada para o dimensionamento estrutural e projeto geométrico de rodovias e interseções, cálculo de capacidade, cálculo de benefícios aos usuários e determinação dos fatores de correção para as contagens mecânicas.

Para as interseções as contagens são feitas de modo a elaborar seus fluxogramas, projetos de canalização, identificação dos movimentos permitidos, cálculos de capacidade e análise de acidentes. Os dados levantados devem necessariamente incluir os volumes médios diários (VMD) e os volumes horários de projeto (VHP). Os fluxogramas devem ser preparados para o ano de projeto, que como já citado pelo manual deve ser de 10 anos após a conclusão das obras, podendo ser para uma interseção implantada por etapas, para o ano de abertura e os de ampliação. É recomendável que sempre que possível o volume horário de projeto seja expresso também em unidades de carro de passeio por hora (UCP/hora).

Devem ser ressaltadas informações importantes para a obtenção dos dados necessários ao estudo de interseções como por exemplo a determinação preliminar dos períodos de pico de tráfego. Procura-se identificar os dias de semana e períodos horários em que ocorrem os picos de tráfego. A identificação das características dos veículos de maiores dimensões que ocorrem normalmente na interseção deve ser feita, assim como a identificação de elementos existentes que permitam determinar fatores de sazonalidade para ajustamento dos resultados das contagens ao período do ano de maior fluxo de tráfego, se já existem postos de contagens permanentes, contagens existentes para períodos específicos e outros indicadores de flutuação sazonal. Se possível é interessante fazer um levantamento de taxas de crescimento para aplicar aos volumes determinados pelas contagens.

## **2.5 VOLUME MÉDIO DIÁRIO (VMD)**

O volume de tráfego é tido como fator essencial para a escolha e dimensionamento das interseções, evidenciados nas normas suecas a exemplo das variáveis consideradas na

elaboração do gráfico apresentado na Figura 2.6,  $Q_s$  e  $Q_p$ , assim como na norma inglesa onde considera os mesmos parâmetros na Figura 2.7.

Importante variável a ser determinada, portanto é o volume médio diário, que de acordo como o Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006) é a média entre os volumes de veículos que trafegam em um dia, em um trecho de uma via. Este valor é utilizado como indicador das condições do local analisado, a partir do qual se compara a capacidade da região em acomodar este tráfego. Este VMD pode ser expresso de diferentes formas, como VMDa, ou volume médio diário anual, onde o número total de veículos trafegando em um ano é dividido por 365, ou VMDm, volume médio diário mensal.

A norma sueca, para além de veículos, se utiliza de VMD de pedestres e ciclistas para estimar um número normal de acidentes com pedestres e ciclistas por ano.

## **2.6 VOLUME HORÁRIO DE PROJETO (VHP)**

Para que se faça o devido dimensionamento de uma interseção, além do volume diário médio, é necessário que o projeto se oriente pelo momento mais crítico de tráfego, para isto é possível analisar as alternâncias do fluxo de tráfego durante o dia, orientando-se pela hora. O volume horário representa o número total de veículos trafegando em uma determinada hora e quando adotado para a determinação da geometria de vias e interseções, este volume é chamado de volume horário de projeto. É comum que não se tenha contagens de veículos durante um ano todo, entretanto o volume horário de projeto é muito próximo de um dos volumes de pico de um ano.

## **2.7 CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO DE UMA RÓTULA**

Como já foi mencionado, as rótulas podem ser do tipo convencional ou do tipo moderno, sendo a preferência de passagem do tráfego o que as distingue. Para as rótulas convencionais esta prioridade é do condutor que vier pela direita, ou seja os acessos tem preferência, obrigando o fluxo que circula a interseção venha a parar em favor de quem adentra o nó. Já para as rótulas modernas, a preferência é daquele que estiver circulando por ela, inclusive previsto pelo código de trânsito brasileiro em seu artigo 29 que assim devem ser consideradas todas as rotatórias aquando da ausência de sinalização do contrário.

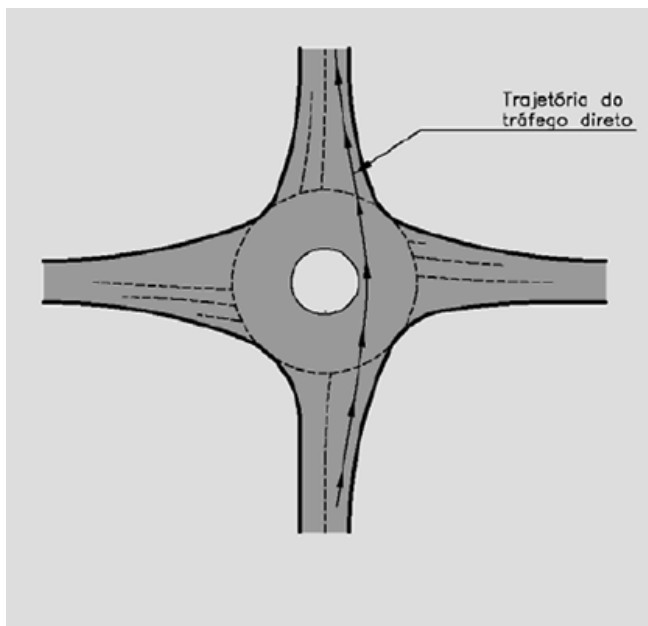
A rotatória em estudo funciona como uma rótula moderna, desta forma sua capacidade e nível de serviço são estabelecidos a partir de estudos feitos para este tipo de operação. Princípios operacionais são estabelecidos para garantir o melhor dimensionamento dos elementos, sendo eles, a obediência à regra de prioridade e utilização adequada das larguras das vias, conquistada através da sinalização adequada. Destaque é dado a velocidade desenvolvida pelos veículos nas aproximações, que deve ser reduzida pelas características de projeto, conquistadas pelos raios de curvatura inseridos nas entradas e saídas, posicionamento e diâmetro da ilha central, além da obrigação de dar a preferência ao fluxo circulatório.

Os raios reduzidos de giro e faixas estreitas de circulação trazem benefícios à segurança ao mesmo tempo que compromete a capacidade da rótula, portanto o dimensionamento é feito com o objetivo de equilibrar os dois.

As entradas e saídas são determinantes para a capacidade das rotatórias modernas, sendo a largura da aproximação de entrada e o número de faixas de tráfego os principais fatores na determinação da capacidade da rótula, de modo que a largura e ou número de faixas da pista de circulação deve ser no mínimo igual à da maior aproximação de entrada. Esta largura deve levar em conta o número de ramos de acesso e os raios de giro dos veículos que a circularão, variando entre 3,50 e 4,00 m.

A visibilidade é outro aspecto que deve ser garantido no processo de dimensionamento, sendo de maior preocupação os elementos físicos das ilhas, central ou de deflexão, obstáculos que devem ser visíveis aos motoristas em qualquer condição. Cuidado deve ser prestado também a garantir que não haja nenhuma obstrução que prejudique que o fluxo de entrada veja o fluxo circulatório, de modo a ceder a vez a eles.

Para o dimensionamento ou atestação de adequabilidade da ilha central é preciso que se garanta a deflexão do tráfego, impedindo que os veículos cruzem direto a interseção, ilustrado pela Figura 2.8. Para rótulas de pequenas dimensões, que não permitam o projeto de ilhas divisórias de acesso, a ilha central é o fator principal de orientação do tráfego de entrada.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

**Figura 2.8 - Rótula com deflexão do tráfego garantida pela ilha central**

Para que se estabeleça a capacidade da interseção de forma quantitativa o Manual de Projeto de Interseções exemplifica que o Highway Capacity Manual, em sua edição de 2000, traz metodologia para determinação de capacidade de uma rótula moderna com uma única faixa de tráfego, não trazendo, no entanto, estimativa de nível de serviço, além de que o conhecimento nos EUA quanto a rótulas com mais de uma faixa é insuficiente para a formulação de método confiável.

O manual cita também que australianos, franceses, suíços e ingleses dispõem de métodos para avaliação de capacidade para rótulas, no entanto o detalhado e dito como mais apropriado hoje para aplicação ao Brasil é o modelo alemão (*Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen - HBS*, Forschungsgesellschaft für Strassen – und Verkehrswesen, 2001). Esta é escolhida se deve à sua simplicidade e facilidade de uso cabendo também a observação de que na Alemanha a capacidade é menor que em outros países da Europa, o que a torna mais segura.

### 2.7.1 Elaboração da Matriz de Origem e Destino

Uma matriz de origem e destino deve exibir o quantitativo de veículos, convertidos para unidade de carros de passeio por hora (UCP/h), relacionando o ramo de origem e o ramo de destino do fluxo, a corrente de tráfego. A contagem classificatória realizada para esta análise utilizou os fatores de conversão do Manual de Projeto de Interseções exposto na Tabela 2, onde VP representa veículos de passeio, CO/O representa caminhões e ônibus, SR/RE são os semirreboques e reboques, M representam as motos e SI representa sem informação, para os casos em que se dispões apenas da matriz de veículos sem classificação por tipo.

**Tabela 2.1 – Fatores de equivalência em unidades de carros de passeio (UCP)**

Tipo de veículo	VP	CO/O	SR/RE	M	SI
Fator de equivalência	1	1,5	2	1	1,1

Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

A seguir é apresentado o formato da matriz origem e destino para rotatória de 4 ramos

**Tabela 2.2 – Matriz Origem/Destino**

Destino Origem	D1 (vermelho)	D2 (verde)	D3 (azul)	D4 (amarelo)	Total do acesso Zi	Total do arco Ki
O1 (vermelho)	0	O1D2	O1D3	O1D4	$\Sigma O1Di$	K1
O2 (verde)	O2D1	0	O2D3	O2D4	$\Sigma O2Di$	K2
O3 (azul)	O3D1	O3D2	0	O3D4	$\Sigma O3Di$	K3
O4 (amarelo)	O4D1	O4D2	O4D3	0	$\Sigma O4Di$	K4

Fonte: o autor.

Para rótulas de 4 ramos os  $K_i$  são definidos pelas equações (1) como se segue.

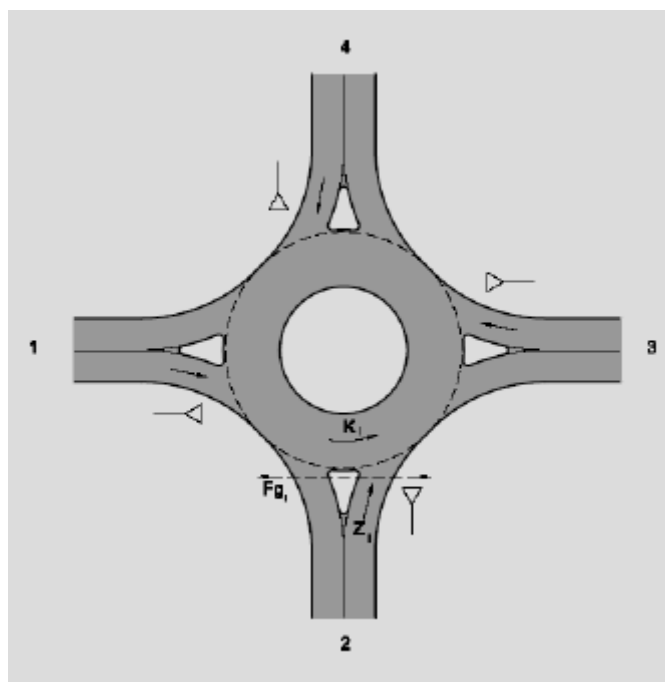
$$K1 = O3D2 + O4D2 + O4D3$$

$$K2 = O1D3 + O1D4 + O4D3$$

$$K3 = O2D1 + O1D4 + O2D4$$

$$K4 = O2D1 + O3D1 + O3D2$$

A seguir a figura ilustra as variáveis  $K_i$  e  $Z_i$ , respectivamente o volume de tráfego na rotatória antes de cada entrada e volume de tráfego que chega à rotatória pelos diversos acessos.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

**Figura 2.9 - Fluxos de tráfego em rotatória, variáveis  $K_i$  e  $Z_i$**

### 2.7.2 Determinação da Capacidade de Entrada

Faz-se necessário o cálculo da capacidade básica ( $G_i$ ) de cada entrada ( $i$ ) de acordo com a fórmula (2) a seguir.

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

Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

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  $i$

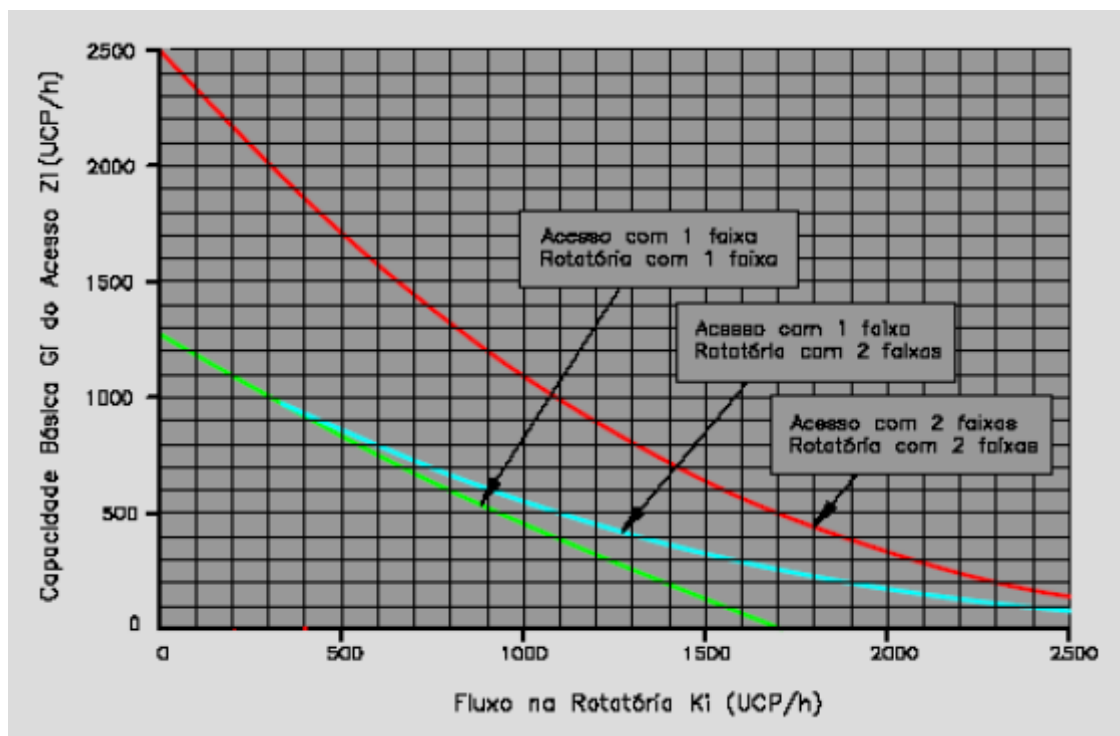
$t_g$  = valor médio do intervalo mínimo entre veículos na rotatória, aceitável por veículos na entrada aguardando oportunidade de se inserir na rotatória, em segundos.

$t_f$  = 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.

Na Alemanha são adotados os valores:  $t_g = 4,1$  s,  $t_f = 2,9$  s,  $t_{min} = 2,1$  s, que são recomendados para o Brasil, até que se determine experimentalmente valores mais condizentes com nossas condições.

Esta capacidade básica de cada entrada pode também ser determinada usando um gráfico elaborado pelo método germânico, nele são apresentadas 3 hipóteses, a da condição de uma faixa de entrada e na pista rotatória, uma faixa de tráfego na entrada e duas na pista rotatória e duas faixas na entrada e na pista rotatória.



Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

**Figura 2.10 – Capacidade básica das entradas na rotula**

Para cada entrada (i) é determinado também o fator de pedestres ( $f_i$ ) que é função do número de pedestres por hora ( $Fg/h$ ). Este fator é influenciado pelo número de faixas da pista rotatória e o fluxo  $k_i$ , porém para o caso em estudo, foi estabelecido o  $f_i$  em 1,00 devido ao fato de ser o aproximado para uma faixa na pista rotatória e volume inferior a 100 pedestres por hora.

Finalmente estabelecidos os valores de capacidade básica de entrada e fator de pedestres, o cálculo da capacidade de entrada é feito pela fórmula (3) como se segue:

$$C_i = G_i * f_i$$

Onde:

$C_i$  = Capacidade da entrada, em UCP/h;

$G_i$  = Capacidade básica da entrada, em UCP/h;

$F_i$  = Fator de pedestres;

### 2.7.3 Determinação da Capacidade residual

A capacidade residual é calculada a partir da expressão (4) a seguir:

$$R_i = C_i - Z_i$$

Onde:

$R_i$  = Capacidade residual, em UCP/h;

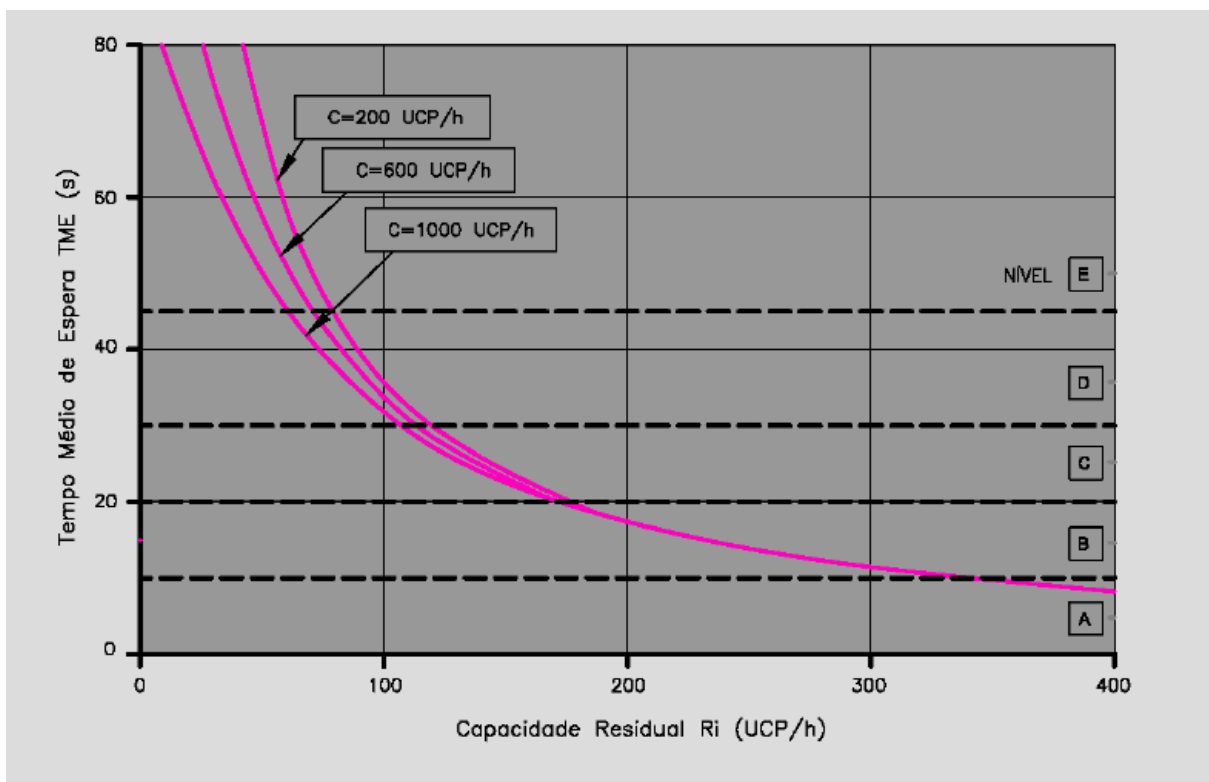
$C_i$  = Capacidade da entrada, em UCP/h;

$Z_i$  = Fluxo de entrada, em UCP/h;

### 2.7.4 Determinação do Tempo Médio de Espera

O tempo médio de espera ( $TME_i$ ) de cada entrada é determinado em função da capacidade residual ( $R_i$ ) e da capacidade ( $C_i$ ), interpolada entre as curvas do gráfico da Figura 2.11.





Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

**Figura 2.11 - Tempo médio de espera**

### 2.7.5 Determinação dos Níveis de Serviço

Os níveis de serviço para cada entrada  $i$  são classificados de A a F, definidos pelos tempos médios de espera (TME) na interseção, de acordo com a Tabela 2.3.

**Tabela 2.3 – Níveis de Serviço em função dos tempos de espera**

Tempo médio de espera - TME (s)	Nível de serviço
$\leq 10$	A
$\leq 20$	B
$\leq 30$	C
$\leq 45$	D
$> 45$	E
$R_i < 0$	F

Fonte: Manual de Projeto de Interseções, DNIT 2005.

De acordo com o Manual do DNIT (2005):

Nível A: A maioria dos veículos da corrente de tráfego pode passar livremente pela interseção, praticamente sem sofrer atraso.

Nível B: A capacidade de deslocamento dos veículos da corrente secundária é afetada pelo fluxo preferencial. Os tempos de espera são pequenos.

Nível C: Os motoristas da corrente secundária têm 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.

Nível D: A maioria dos motoristas da corrente secundária é forçada 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.

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.

Nível F: O 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.

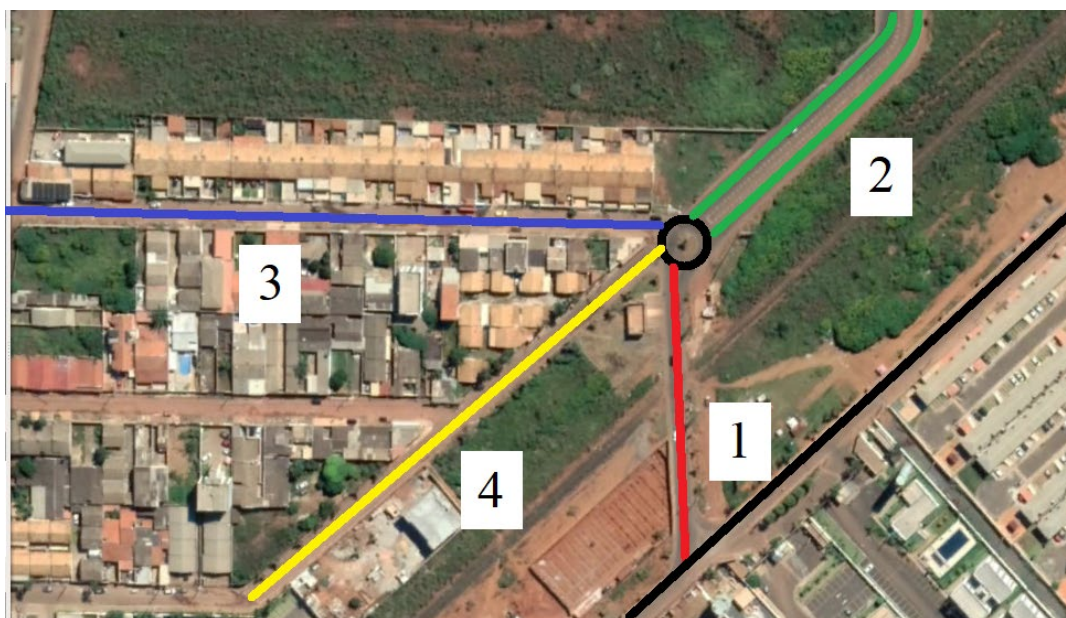
O nível de serviço da rótula é obtido calculando o tempo médio de espera da da rótula, o TMER, que nada mais é que a média ponderada dos tempos de espera  $TME_i$  dos acessos  $i$ , adotando como peso seus respectivos volumes de tráfego  $Z_i$ . É definido pelo manual que o nível de serviço de cada ramo da interseção e da rótula como um todo devem ser no máximo D, sendo que para as secundárias é possível a admissão do nível E em casos específicos, do contrário deve-se optar por uma solução.

### 3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O elemento de estudo deste trabalho foi apresentado como uma rótula inserida num contexto urbano acessada por 4 vias, localizada no bairro Chácaras Ipiranga A, na cidade de Valparaíso de Goiás, agora é necessário que se faça uma caracterização completa deste nó e de seus arcos.

#### 3.1 CONFIGURAÇÃO DOS ARCOS

Primeiramente as 4 vias de acesso serão distinguidas em números, para facilitar a identificação de cada uma, como na Figura 3.1.



Fonte: Google Maps.

**Figura 3.1 - Apresentação da rótula**

O acesso sul em Vermelho colocado como arco de número 1, Figura 3.2 e Figura 3.3, é uma via de tráfego em dois sentidos, é acesso preferencial para uma série de condomínios que têm sido o motor demográfico da região, sendo que o caminho alternativo mais que dobra a distância percorrida para a vasta maioria da população que se encaminha para o centro de Brasília. Ressalta-se que o arco número 1 é seccionado por linha férrea, onde o controle de velocidade de aproximação é feito por duas lombadas, essa característica impacta significativamente na velocidade que os veículos podem desenvolver neste arco.



**Figura 3.2 – Vista do arco 1 direcionada para a rótula**



**Figura 3.3 – Vista do arco 1 a partir da rótula**

O arco de número 2, Figura 3.4 é o único onde há tráfego nos dois sentidos separado por canteiro, é o arco responsável pela ligação com a vias DF 290 e BR 040 e o polo de desenvolvimento JK da região administrativa de Santa Maria, onde estão localizados galpões, supermercado e plantas industriais. Dentre as falhas da infraestrutura é importante ressaltar a falta de sinalização horizontal evidente no arco 2, onde com pistas de largura capaz de comportar duas faixas em cada direção, esta falta gera considerável desorientação aos motoristas que em

horários de maior movimentação a utilizam como duas faixas e acabam por tentar fazer o mesmo com a rótula desconfigurando as entradas dos outros acessos, elevando os conflitos na interseção.



**Figura 3.4 – Vista do arco de número 2 a partir da rótula**

Os arcos 3 e 4 guardam as semelhanças de serem vias de duplo sentido de tráfego e fazerem ligação com os bairros Parque Esplanada e Cidade Jardins, além de ambas se apresentarem com pavimento em avançado estado de degradação, imprimindo riscos de segurança e afetando o nível de serviço. Na Figura 3.5 estão retratados ambos os arcos assim como o momento em que o veículo de cor vermelha não respeita a preferência que deveria ser, tratando-se de uma rótula moderna urbana, dos veículos que trafegam em torno da ilha central.

Deve ser ressaltado também o fato de a rua Santa Luzia, em preto na Figura 3.5, ter sido recentemente duplicada, ainda sem a devida sinalização horizontal, tornando a entrada do arco 1 outro gargalo. Esta expansão mostra a necessidade de ampliação da infraestrutura das vias e interseções da região.





**Figura 3.5 – Vista dos arcos de número 3 e 4 a partir da rótula**

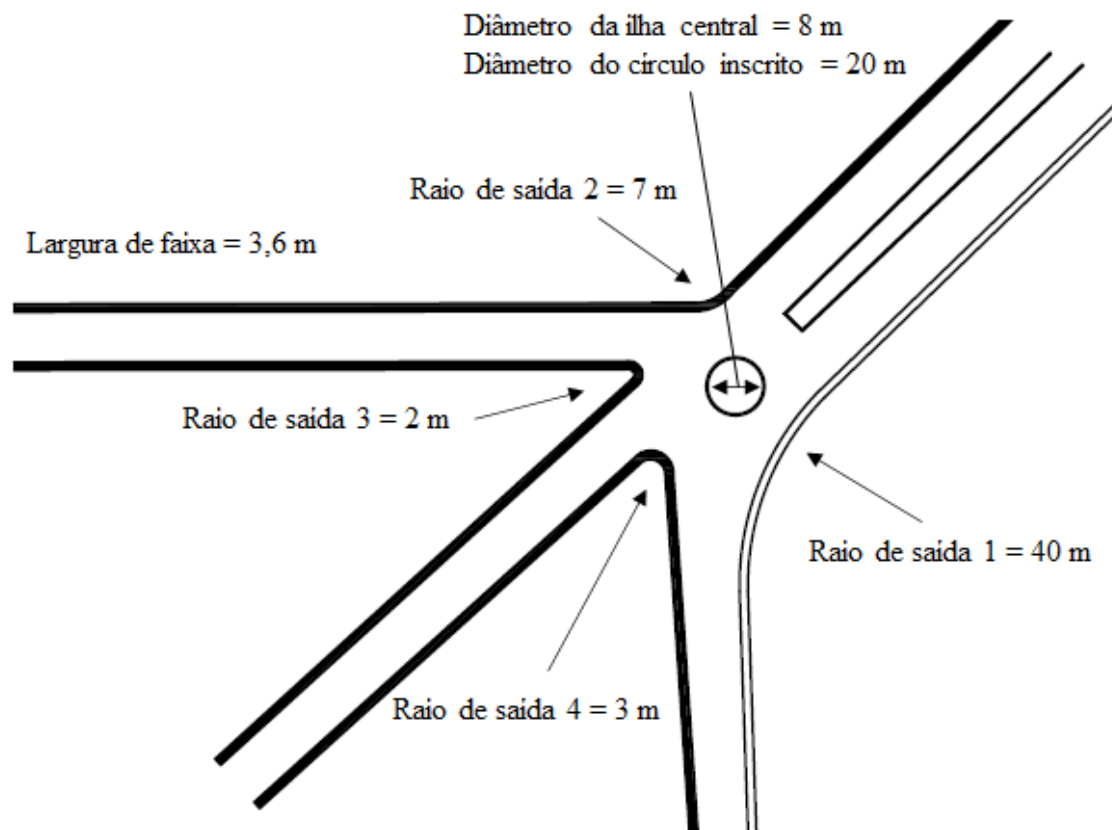
### **3.2 DESENHO GEOMÉTRICO**

É possível observar com a elaboração do desenho geométrico da interseção que a ilha central se encontra deslocada do círculo inscrito, feito procurando a melhor conformação entre os raios de saída. Esta característica se deve ao contínuo desenvolvimento do traçado das vias que a acessam, sendo a mais recente a do arco 2 (verde). Isto e o raio da ilha corroboram com a falta de deflexão proporcionada, permitindo que veículos do arco 2 cruzem diretamente a rótula em direção ao arco 4 (amarelo). Esta falta por si só já atesta a inadequabilidade da interseção.

A configuração da rotatória não provoca uma diminuição clara da largura da faixa nas entradas e saídas, que poderia ser conquistado com as ilhas divisórias de fluxo e alargamento do passeio. Desta forma larguras de entrada e saída foram consideradas com valores iguais as das larguras de partida, ou seja, de cada faixa anterior a rótula. O ramo 2 é exceção por apresentar largura de 7,2 metros, suficiente para duas faixas de trânsito, no entanto não é sinalizado dessa forma e a consideração de um ramo com 2 faixas de entrada já configurariam a inadequabilidade da rótula por esta funcionar com uma faixa de circulação.

O particular deslocamento da ilha cria o efeito de a faixa de circulação, não demarcada com sinalização, tenha valores diferentes em diferentes pontos. A Figura 3.6 exhibe o desenho da interseção.

Os raios de curvatura das entradas e saídas da rotatória foram aferidos através do software de desenho AutoCad. Foi importada imagem de GPS da região e o traçado feito por cima, os raios foram aferidos de forma a ajustar círculos as curvas.



Fonte: o autor.

**Figura 3.6 – Desenho Geométrico da Interseção**

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Procedeu-se com a contagem volumétrica classificatória para cada ramo da rotatória, porém levando em consideração as restrições discutidas no tópico 1.2. LIMITAÇÕES, a contagem foi feita em dias diferentes para o fluxo de entrada de cada ramo, assim como os horários de contagem foram estabelecidos por observação qualitativa prévia, atestando momento de maior volume de tráfego. Desta forma a observação foi feita no período matutino das 6:30 às 9:30 horas e das 17 às 21 horas.

Os dias de contagem foram terça, quarta e quinta feira, pois estes dias apresentam certa constância do tráfego diferentemente das segundas, sextas e finais de semana, quando o trânsito apresenta maior aleatoriedade. Os dias de contagem foram 6, 7, 8, 13, 14, 15, 27 e 28 de abril, para que fossem aferidos duas vezes o fluxo para cada arco.

Atestou-se a formação de maior congestionamento no segundo período, causado principalmente pela característica do fluxo, que pela manhã é mais intenso entre as entrada e saída mais próximas com origem no arco 1 (vermelho) e destino no arco 2 (verde) da Figura 3.1. Enquanto ao anoitecer é invertido, passando a ter maior movimentação com origem no arco 2 (verde) e destino no arco 1 (vermelho), o que gera um percurso maior e provocando conflito para os demais arcos, 3 (azul) e 4 (amarelo).

A contagem volumétrica classificatória foi então realizada com os tipos de veículos já adotados pelo manual em intervalos de 5 minutos e depois convertidos pelo fator de equivalência em UCP/h. O volume utilizado para os cálculos da capacidade foi o maior volume para 1 hora, expostos então na Tabela 3.1 a seguir com a matriz origem e destino, assim como o volume total para cada acesso  $Z_i$  e cada arco  $K_i$ , o último calculado pelas expressões (1).

**Tabela 3.1 – Matriz Origem Destino**

MATRIZ ORIGEM/DESTINO DE VOLUMES EM UNIDADES DE CARROS DE PASSEIO						
Destino Origem	D1 (vermelho)	D2 (verde)	D3 (azul)	D4 (amarelo)	Total do acesso $Z_i$	Total do arco $K_i$
O1 (vermelho)	0	132	120	168	420	348
O2 (verde)	432	0	144	144	720	432
O3 (azul)	168	96	0	84	348	744
O4 (amarelo)	96	108	144	0	348	696

Fonte: o autor.

A Tabela 3.2 traz informação geométrica quanto ao número de faixas dos acessos e do arco da rotatória.

**Tabela 3.2 – Condições Geométricas**

CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS E COMPLEMENTARES			
Nome do Acesso	Nº do acesso	Fluxo de Tráfego (acesso $Z_i$ , Arco $K_i$ )	Número de faixas
O1 (vermelho)	1	Z1	$n_{zi} = 1$
	1	K1	$n_{ki} = 1$
O2 (verde)	2	Z2	$n_{zi} = 1$
	2	K2	$n_{ki} = 1$



O3 (azul)	3 3	Z3 K3	nzi = 1 nki = 1
O4 (amarelo)	4 4	Z4 K4	nzi = 1 nki = 1

Fonte: o autor.

Com os valores das Tabelas 3.1 e 3.2, junto do fator de pedestre, este definido em 1,00 devido ao fato de ser o aproximado para uma faixa na pista rotatória e volume inferior a 100 pedestres por hora, procedeu-se com os cálculos da capacidade básica ( $G_i$ ) pela expressão (2), a capacidade ( $C_i$ ) pela expressão (3), a capacidade residual pela expressão (4) e com isso a definição do tempo de espera e nível de serviço, tudo expresso pela Tabela 3.3.

**Tabela 3.3 – Capacidade e Nível de Serviço**

CAPACIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO						
Acesso ou Arco	Capacidade Básica $G_i$ (ucp/h)	Fator de Pedestre $f_i$	Capacidade $C_i$	Capacidade Residual $R_i$ (ucp/h)	Tempo Médio de Espera TMS (s)	Nível de Serviço
1	938,15	1	938,15	518,15	$\leq 10$	A
2	869,25	1	869,25	149,25	$\leq 30$	C
3	627,13	1	627,13	279,13	$\leq 20$	B
4	663,00	1	663,00	315,00	$\leq 20$	B

Fonte: o autor.

Estabelecido o nível de serviço para cada ramo, segue-se com a definição do tempo médio de espera da rótula (TMER).

$$TMER = \frac{\sum(Z_i \times TME_i)}{\sum(Z_i)}$$

O estudo utilizou abordagem conservadora considerando o teto dos tempos médios de espera para cada categoria de nível de serviço gerando com isso um tempo médio de espera da rótula de 21,63 segundos, o que a configuraria com o nível de serviço C, o que como citado configura que os motoristas da corrente secundária têm que estar atentos a um número expressivo de veículos da corrente principal, com tempos de espera sensíveis, começando a formar retenções de veículos, mas sem grande extensão e duração. No entanto, não é isto o observado, com o motivo trabalhado na seção seguinte que trata do impacto da ferrovia no arco (1) vermelho.

### 3.4 IMPACTO CAUSADO PELA FERROVIA CENTRO-ATLÂNTICA

Como já mencionado, o arco 1 em vermelho na Figura 3.1 é atravessado por uma ferrovia, fator que afeta o fluxo em todos os arcos conectados a rotatória devido a lentidão impressa nos veículos que a atravessam. A situação é agravada pelo avançado estado de degradação da passagem, aspecto que obriga condutores a reduzirem excessivamente a velocidade na passagem, exibido na Figura 3.7.



**Figura 3.7 - Estado de Degradação da Ferrovia**

O tipo de proteção adotado para a passagem pelo trilho de trem é outro elemento a impactar na retenção do tráfego na rótula. A ABNT NBR 7613 de 2020 traz as condições para a determinação do tipo de proteção para passagem em nível entre ferrovias e rodovias, se esta deverá ser passiva ou ativa.

A proteção passiva, como é a da travessia do arco 1, é aquela que evidencia a existência da travessia rodoferroviária, apresentando informações estáticas ao longo do tempo, independentemente do risco que o usuário enfrenta ao cruzar a passagem em nível. Para o DENATRAN (1987) a sinalização passiva deve ser composta por placas de advertência, sinais

de regulamentação, sinais de orientação (sinalização vertical) e marcações no pavimento (sinalização horizontal), chamando a atenção visual do usuário para a aproximação de uma passagem em nível, além de possuir condições de visibilidade e característica geométricas que permitem a implantação de um cruzamento.

A sinalização horizontal inexistente para a via que acessa a rótula, no entanto apresenta lombadas dos dois lados da travessia, medida que segundo o Manual de Sinalização Urbana da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) de 2019, do estado de São Paulo “deve ser implantada quando é necessário obrigar os condutores a se aproximarem em baixa velocidade do local de travessia”, desta forma sendo elemento que procura conferir segurança ao tráfego de veículos e locomotivas.

Como já foi tratado, segurança e capacidade são inversamente proporcionais, se aplicando também à travessia em nível, portanto, a adoção das lombadas afeta negativamente para o tráfego do ramo, tendo como consequência a retenção do fluxo na rótula, formando longas filas no arco 2 verde, na circulação da interseção e nos ramos 3 azul e 4 amarelo. Esta característica revela que a capacidade é afetada mesmo que os cálculos que levam em consideração o volume de tráfego revelem o contrário.

### **3.5 READEQUAÇÃO**

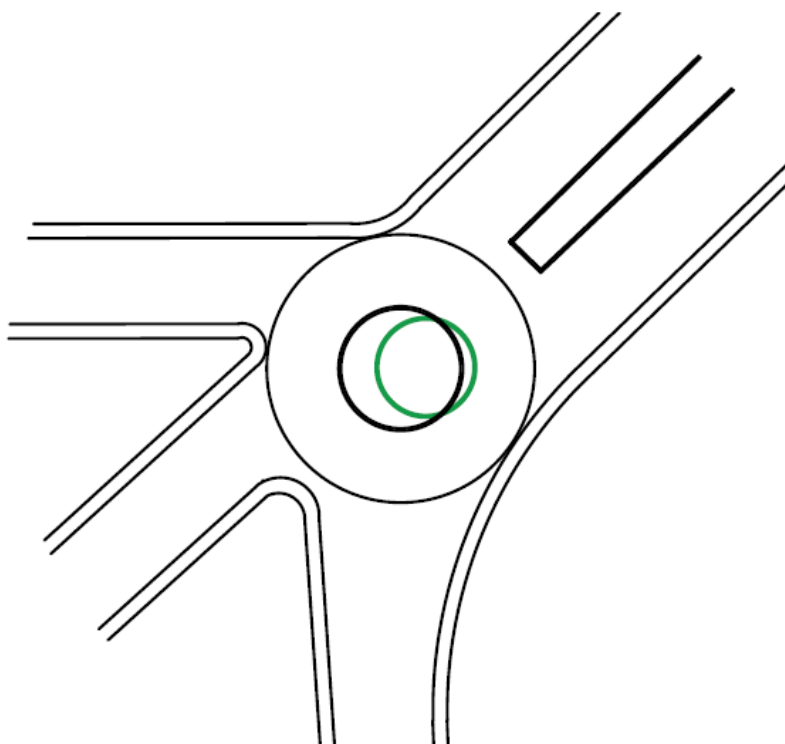
Tendo o estudo constatado que a rótula suporta o volume do horário de pico, procura-se seguir as orientações dos órgãos competentes para que se altere os arcos de acesso. A Instrução de Serviço Ferroviário – ISF 221: Projeto de Passagem em Nível trata que em trecho correspondente à superestrutura de cada via férrea, pode ser aplicado contratrilho, no entanto quando a passagem em nível for pavimentada em concreto asfáltico, o elemento é dispensado. É possível observar na Figura 3.6 a presença de contratrilhos presentes na passagem possivelmente anterior a pavimentação, aspecto que corrobora com a lentidão dos veículos que a transpõem, portanto sugere-se a retirada dos contratrilhos.

A recuperação do pavimento asfáltico é outra atividade que acarretará em significativa melhoria na velocidade que poderá ser desenvolvida pelos condutores, sem que esta afete negativamente a segurança, esta garantida pelas duas lombadas.

A construção de ilhas canalizadoras são sugeridas para os ramos 1 (vermelho) e 4 (amarelo) para impedir a imprudência de motoristas que hoje são capazes de ir do ramo 1 para

o 4 sem contornar a rótula. Estas ilhas podem ser adotadas como sinalização horizontal, faixas, e tachas como obstáculos. Para resolução de outro comportamento errado dos condutores seria a devida sinalização vertical e horizontal sinalizando para o funcionamento da interseção como uma rótula moderna, em que a preferência é do fluxo que circula a ilha central. Para a rótula, a instalação da sinalização vertical, placas alertando de quem é a preferência na movimentação, a demarcação das faixas e reconstituição dos limites da ilha central são também fundamentais.

Outra medida necessária para a completa adequação com o manual de interseções é a garantia da deflexão do fluxo, realizado pela ilha central, para isto, a ilha deveria ser deslocada e ter seu raio possivelmente alterado como pode ser observado na Figura 3.8 a seguir.



Fonte: o autor.

**Figura 3.8 - Readequação de ilha central**

#### 4 CONCLUSÃO

Ao final do estudo de todos os parâmetros utilizados para a definição do tipo de interseção a se adotar e depois disto, a definição das características geométricas necessárias para o atendimento de segurança e capacidade, é possível constatar toda a tecnologia envolvida e a importância de tais elementos. A responsabilidade do projetista em arbitrar diversas dessas variáveis deixa clara as consequências do trabalho deste profissional nas vias que tanto afetam o dia a dia.

Ao se tratar de interseções em vias locais, pode se acreditar que a suas inadequações incorram de menor impacto no fluxo geral, o que na verdade é falso, podendo ser observados volumes médios diários consideráveis nestes nós. Para a rótula aqui analisada, do bairro Chácaras Ipiranga, em Valparaíso de Goiás, além dos elevados tempos de espera, o fato de ser localizada próxima de boa parte das origens do tráfego pela manhã e próxima do destino no período noturno, tem forte efeito psicológico nos condutores, causando elevado estresse nos mesmos.

A rotatória que foi aqui objeto de estudo foi realizada como solução paliativa para o trânsito, visto que o desenvolvimento da cidade é posterior por exemplo ao traçado da ferrovia. Por este motivo também que hoje a região tem se adaptado ao longo dos anos, hora um arco, hora outro, enquanto a rotatória ainda não sofreu intervenção necessária para a devida adequação. Hoje há a favor da intervenção o fato de ainda existir espaço hábil na região para que haja uma expansão.

Sobre a interseção estudada faz-se necessária a listagem das hipóteses levantadas para a justificativa da pesquisa e as constatações sobre elas. A clara ausência de sinalizações verticais e horizontais eram sinais de inadequação e todas essas foram confirmadas pelos manuais, que preveem tais indicações. O posicionamento da ilha central mostrou-se inapropriado para a garantia da deflexão, além de causar o alargamento e encurtamento de faixa durante a circulação, com isso a dificuldade de se estabelecer a trajetória correta. Outra consequência disto é a não manutenção de largura de circulação compatível com a largura do maior acesso. Agora a principal hipótese de que a geometria não mais compreendia o volume do horário de pico se demonstrou errada, percebida através do método alemão de definição da capacidade, com isto foi constatado que o principal motivador da retenção do fluxo é na verdade a passagem em nível entre rodovia e ferrovia, sendo sugerida então a interferência em tal conjunto.

Ao fim do estudo é percebido que não só o nó em si, mas também a perfeita configuração de seus arcos influi no fluxo de tráfego. A partir desta constatação obtiveram-se os ajustes necessários que acarretarão em maior segurança ao mesmo tempo que garantirão maior fluidez do, podendo estimular no desenvolvimento comercial da região e o bem estar dos condutores.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials. **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. 5th Edition, Washington D.C., EUA, 2003. 896 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7613: Via férrea – Travessia rodoviária – Determinação do grau de importância e momento de circulação**. Rio de Janeiro, p. 20, 2020.

\_\_\_\_ **NBR 11542: Via Férrea – Travessia - Identificação**. 2ª ed. Rio de Janeiro, p. 4, 2010.

\_\_\_\_ **NBR 11542: Via Férrea – Travessia rodoviária – Requisitos de projeto para passagem em nível pública**. 2ª ed. Rio de Janeiro, p. 14, 2017.

CET – COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Manual de Sinalização Urbana Horizontal – Volume 5**. 3ª ed. São Paulo, 2019.

DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual de Cruzamentos Rodoferroviários**. 2ª Edição – Brasília: Denatran, 1987.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Instrução de Serviço Ferroviário – ISF-221: Projeto de Passagem em Nível**. Rio de Janeiro, 2015.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de projeto de interseções**. 2º ed. Rio de Janeiro, 2005. 528 p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de estudos de tráfego**. 1º ed. Rio de Janeiro, 2006. 384 p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. 2010. 390 p.

FHWA – Federal Highway Administration. **Roundabouts: An Informational Guide**, No. FHWA-RD-00-067, Virginia, EUA, 2000. 284 p.

PIMENTA, C. R. T.; OLIVEIRA, M. P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. 2ª ed. São Carlos, SP: Rima, 2004.

LEE, Shu Han. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias**. 4. Ed. Ampl. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 2017. 441 p.

CTB – Código de Trânsito Brasileiro. **Lei nº. 9.503**, de 23.09.97 (DOU 24.09.97 – Retif. DOU 25.09.97, Brasília, DF, Brasil, 1997.

SEGPLAN – Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. **Dinâmica Populacional de Goiás, Análise de Resultados do Censo Demográfico 2010 – IBGE**. Goiás, 2011. 28 p.

IMB – Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. **Relatório de Assessoramento Estratégico – Diagnóstico Econômico e Social de Goiás**. Goiás, 2019. 121 p.

CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Pesquisa Metropolitana por Amostra de Domicílios – PMAD – 2013, Valparaíso de Goiás**. Brasília, DF 2004. 92 p.