

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

**ESTUDO DE TRAFEGABILIDADE EM ÁREA URBANA PARA  
A RODOVIA BR-040**

**MAURÍCIO DE SOUZA SANTOS**  
**E**  
**YURI CARVALHO GOMES**

**ORIENTADOR: PAULO CESAR MARQUES DA SILVA**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM TRANSPORTES**

**BRASÍLIA / DF: JULHO / 2015**

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

**ESTUDO DE TRAFEGABILIDADE EM ÁREA URBANA PARA  
A RODOVIA BR-040**

**MAURÍCIO DE SOUZA SANTOS  
E  
YURI CARVALHO GOMES**

**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:**

---

**PAULO CESAR MARQUES DA SILVA, PhD (UnB/FT/ENC)  
(ORIENTADOR)**

---

**MICHELLE ANDRADE, DSc (UnB/FT/ENC)  
(EXAMINADORA INTERNA)**

---

**JOSÉ MATSUO SHIMOISHI, DSc (UnB/FT/ENC)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 7 de julho de 2015.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, MAURÍCIO DE SOUZA; GOMES, YURI CARVALHO.  
**Estudo de trafegabilidade em área urbana para a rodovia BR-040** [Distrito Federal] 2015.

xiii, 84 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2015).  
Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Transportes	2. Rodovias Brasileiras
3. Segurança	4. Estudo de tráfego
I. ENC/FT/UnB	

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, M.S.; GOMES, Y.C. (2015). **Estudo de trafegabilidade em área urbana para a rodovia BR - 040**. Monografia de Projeto Final, Publicação, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 84 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: **Maurício de Souza Santos e Yuri Carvalho Gomes**

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: **Estudo de trafegabilidade em área urbana para a rodovia BR-040**.

GRAU / ANO: Bacharelado em Engenharia Civil / 2015

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.

---

Maurício de Souza Santos  
CCSW Qd. 04 Lt. 03 Apto 412  
70680-450 - Brasília/DF – Brasil

---

Yuri Carvalho Gomes  
SQN 205 BL. C Apto 103  
70843-030 - Brasília/DF – Brasil

## AGRADECIMENTOS

Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido, mas aquele que vai acompanhado, com certeza vai mais longe. Clarice Lispector pode ser citada com louvor neste tenro momento. O que seria da jornada na vida sem aqueles que estão ao nosso lado. Nossos sinceros agradecimentos aos familiares, aos professores, amigos e companheiros na caminhada do conhecimento. Mais uma etapa que finda e que está marcada eternamente em nossa história. Com certeza não foi uma caminhada fácil, mas ainda assim a conquista é muito mais gratificante.

Essa vitória não seria possível sem nossos professores. Mestres na arte de ensinar e ainda mais na da paciência. Atividade nobre que nos permitiu chegar até aqui e que de alguma forma nos trouxe algo a mais para compartilhar com o mundo. Na verdade eles nos abrem as portas, mas o dever de passar por ela é apenas nosso. Mais uma vez nossa gratidão é pequena quanto à base firme construída por eles.

Agradecemos também e não em menor proporção à nossas famílias que ao nos mostrar que o mundo não nos deve nada, também nos empurrou em direção a responsabilidade que temos de torná-lo um lugar melhor. Que nossa profissão permita contribuir com a sociedade em que vivemos e também com aqueles que sempre estiveram nos apoiando. Sendo a base, ou a fundação sólida que nos deu forças para cumprir mais uma fase.

A Deus, inteligência suprema e causa primária de todas as coisas e por fim a todas as experiências vividas e memórias que nos proporcionaram durante esses anos e a todos os envolvidos direta ou indiretamente. Seria injusto citar nomes, pois tantos os que são essenciais que uma falha na memória seria imperdoável. Em especial a nosso orientador pela disposição e confiança.

## RESUMO

A Rodovia BR-040, de grande importância nacional, liga diretamente o Distrito Federal e mais três Estados da Federação. O presente trabalho apresenta, a partir da bibliografia pesquisada e fundamentos científicos, métodos e conceitos que serão utilizados no estudo de trafegabilidade e segurança aplicado à rodovia. Com operação recentemente concessionada, a rodovia passa por uma nova fase de gestão, onde investimentos e intervenções são necessários. Estas mudanças têm como objetivo melhorar aspectos de trafegabilidade, segurança, condições de pavimento, quantidade de pistas entre outras. A revisão da literatura científica aqui apresentada permite fornecer meios para cumprir estas melhorias. Outro ponto abordado pela monografia é a formatação de um plano de trabalho lógico, com o intuito de direcionar tal pesquisa de análise em tráfego e aspectos de segurança referente a esta rodovia. Prosseguindo a proposta, um estudo de caso mais completo referente ao trecho inicial da rodovia é apresentado, mais precisamente na região de Santa Maria / DF onde diversos problemas de tráfego são encontrados. O intuito deste estudo específico é promover uma análise mais fundamentada do trecho com a pesquisa de campo e sugestão de uma solução aplicável para melhorias. O estudo deste conflito urbano gerou uma proposta de intervenção que foi fundamentada em termos lógicos e de acordo com o plano de trabalho seguido. Os tópicos mais relevantes em estudo de tráfego e segurança serão aplicados de maneira sistemática e direta visando a melhoria das condições para os usuários, tanto pedestres como condutores. A área urbana, local com grande quantidade de acidentes, gera interesse e provê informações valiosas a pesquisa. A análise da Rodovia BR-040 é motivo de interesse por apresentar a oportunidade de que o estudo aqui descrito seja concretizado ou pelo menos sirva como fonte para aprofundamentos. Além disso, a expansão dos estudos e o uso de recursos tecnológicos também são apresentados para que a gestão e governança da rodovia sejam aprimoradas.

## **RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA**

The BR-040 highway, of high national importance, directly links the Distrito Federal and other three Brazilian states. This work presents, from the bibliography researched and scientific fundamentals, methods and concepts that will be used in trafficability and safety study applied to the highway. Recently operated under concession, the highway passes through a new phase of management, where investments and interventions are needed. These changes are intended to improve trafficability aspects, safety, pavement conditions, number of tracks and others. The review of the scientific literature presented here allows ways to fulfill these improvements. Another issue addressed by the monograph is the formatting of a logical work plan in order to direct such research analysis on traffic and safety aspects related to this highway. Continuing, the proposal of a more complete case study of the initial stretch of the highway is displayed, more precisely in the region of Santa Maria / DF where several traffic problems are found. The purpose of this particular study is to promote a more founded analysis of the stretch with field research and suggest of a solution applicable for improvement. The study of this urban conflict generated a proposal for intervention that was grounded in logical terms and in accordance with the work plan followed. The most relevant topics in traffic and safety study will be applied in a systematically and direct way with a view to improving conditions for users, both pedestrians as drivers. The urban area, a place with lots of accidents, generates interest and also provide valuable information to the research. Finally the analysis of the BR-040 is a matter of interest because it has the opportunity of the study here described to be realized or at least serve as a source for insights. Besides, the expansion of studies and use of technological resources are also presented for the improvement of management and governance of the highway.

# SUMÁRIO

1-	INTRODUÇÃO .....	1
1.1.	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	2
1.2.	CARACTERIZAÇÃO DA RODOVIA.....	3
2-	PLANO DE TRABALHO .....	6
2.1.	OBJETIVOS .....	6
2.1.1.	GERAIS .....	6
2.1.2.	ESPECÍFICOS .....	6
2.2.	METODOLOGIA DO PROJETO.....	6
2.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	7
2.4.	PROPOSTA DO ESTUDO DE CASO .....	8
3-	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1.	LITERATURA RELEVANTE.....	11
3.2.	LINHAS DE ANÁLISE .....	11
3.2.1.	TRAFEGABILIDADE.....	11
a)	CAPACIDADE.....	13
b)	FLUXO DE TRÁFEGO .....	14
c)	VELOCIDADE.....	15
3.2.2.	SEGURANÇA .....	17
a)	RISCOS DE ACIDENTES .....	20
b)	RELAÇÃO ENTRE USUÁRIOS.....	23
c)	INTERVENÇÕES NA RODOVIA .....	25
3.3.	PRESSUPOSTO ADOTADO .....	28
4-	ESTUDO DE CASO – ACESSO SANTA MARIA .....	30
4.1.	LOCALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA .....	33
4.2.	POSSÍVEL INTERVENÇÃO .....	35
4.3.	METODOLOGIA DE ANÁLISE .....	36
4.4.	RESULTADOS .....	47
5-	EXPANSÃO DAS SOLUÇÕES .....	49
5.1.	DEFINIÇÃO DAS LOCALIDADES SIMILARES.....	49
5.2.	RECURSOS TECNOLÓGICOS .....	51
6-	CONCLUSÃO .....	52
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
	ANEXOS.....	56
	A1. PROPOSTA PARA O APLICATIVO VIA-040.....	57
	A2. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA NA RAMPA 1 .....	63

A3. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA NA RAMPA 2.....	64
A4. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA NA RAMPA 3.....	65
A5. RELATÓRIO DO HCS PARA 75% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 25% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 1.....	66
A6. RELATÓRIO DO HCS PARA 75% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 25% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 2.....	67
A7. RELATÓRIO DO HCS PARA 75% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 25% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 3.....	68
A8. RELATÓRIO DO HCS PARA 75% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 25% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (2 FAIXAS NA FREEWAY) .....	69
A9. RELATÓRIO DO HCS PARA 75% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 25% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (3 FAIXAS NA FREEWAY) .....	70
A10. RELATÓRIO DO HCS PARA 50% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 50% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 1.....	71
A11. RELATÓRIO DO HCS PARA 50% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 50% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 2.....	72
A12. RELATÓRIO DO HCS PARA 50% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 50% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 3.....	73
A13. RELATÓRIO DO HCS PARA 50% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 50% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (2 FAIXAS NA FREEWAY) .....	74
A14. RELATÓRIO DO HCS PARA 50% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 50% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (3 FAIXAS NA FREEWAY) .....	75
A15. RELATÓRIO DO HCS PARA 25% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 75% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 1.....	76
A16. RELATÓRIO DO HCS PARA 25% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 75% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 2.....	77
A17. RELATÓRIO DO HCS PARA 25% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 75% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 3.....	78
A18. RELATÓRIO DO HCS PARA 25% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 75% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (2 FAIXAS NA FREEWAY) .....	79
A19. RELATÓRIO DO HCS PARA 25% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 75% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (3 FAIXAS NA FREEWAY) .....	80
A20. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 1 .....	81
A21. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 2 .....	82

A22. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 3	83
A23. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (2 FAIXAS NA FREEWAY)	84
A24. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (3 FAIXAS NA FREEWAY)	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Relação bibliográfica para trafegabilidade.....	12
Tabela 3.2 – Relação bibliográfica para segurança.....	19
Tabela 4.1– Subtrechos do sistema rodoviário.....	31
Tabela 4.2 – Contagem volumétrica da rotatória com passagem elevada livre .....	38
Tabela 4.3 – Contagem volumétrica desenvolvida em campo.....	39
Tabela 4.4 – Volumes de UCP/h definidas para as simulações .....	41
Tabela 4.5 – Capacidade aproximada de rampas de acesso .....	43
Tabela 4.6 – Valores do nível de serviço em rampas convergentes ou divergentes .....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Mapa regional da região administrativa de Santa Maria .....	9
Figura 3.1: Modelos bidirecionais da relação fluxo-velocidade (FFS=110 km/h). Fonte: BESSA JUNIOR (2009).....	15
Figura 3.2: Evolução da relação fluxo-velocidade em autoestradas ao longo das edições do HCM. Fonte: ANDRADE (2012) .....	16
Figura 3.3: Taxa de envolvimento em acidentes para desvios da velocidade média. Fonte: BASSO (2008) .....	17
Figura 3.4 – Fluxograma de atividades, AMIN (2012).....	22
Figura 4.1 – Rotatória de acesso a Santa Maria, com passagem direta elevada .....	34
Figura 4.2- Croqui da distribuição dos pontos levantados na interseção .....	38
Figura 4.3 – Nova distribuição volumétrica do ponto 41 .....	40
Figura 4.4 – Distribuição dos pontos de análise das simulações .....	42

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Intervenções e eficácia da ação .....	20
Quadro 4.1 – Detalhamento do sistema rodoviário.....	30
Quadro 4.2 – Levantamento volumétrico sentido Valparaíso - Plano Piloto.....	36
Quadro 4.3 – Dados utilizados e resultados do nível de serviço na simulação do HCS .....	46

## **SIGLAS E ABREVIACÕES**

**AASHTO** – American Association of State Highway and Transportation Officials

**ANTT** – Agência Nacional de Transportes Terrestres

**APP** – Aplicativo para smartphones e tablets

**ASV** - Auditoria de Segurança Viária

**CAPES** – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

**CEFTRU** – Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes

**CCO** – Centro de Controle Operacional

**CTB** – Código de Trânsito Brasileiro

**DER** – Departamento de Estradas de Rodagem

**DNER** – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

**DNIT** – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

**DPRF** – Departamento de Polícia Rodoviária Federal

**EPL** – Empresa de Planejamento e Logística

**HCM** – Highway Capacity Manual

**ITE** – Institute of Transportation Engineers

**PER** – Programa de Exploração Rodoviária

**PNV** – Plano Nacional de Viação

# 1- INTRODUÇÃO

Considerando que o desenvolvimento rodoviário do Brasil é, graças à grandiosidade do território nacional, uma tarefa árdua que desafia gerações de profissionais, a continuidade deste trabalho, ou melhor, deste serviço à sociedade é de fundamental relevância para o sistema viário interno do país.

A infraestrutura rodoviária pública experimentou notável evolução impulsionada pela instalação da indústria automobilística durante o fim da década de 1950. Entretanto tal evolução não acompanhou o passar do tempo e alguns planos setoriais de transportes, assim como o Sistema Nacional de Viação, constituído pelo conjunto de sistemas nacionais rodoviário, ferroviário, portuário, hidroviário e aeroviário, não correspondem à atual necessidade ou estão aquém da expectativa em suprir tal demanda. (LEE, 2013)

O enfoque dado será à rodovia BR-040, especificamente no estudo de caso do acesso a Santa Maria – DF, região urbana logo no início da rodovia e que envolve diretamente a população das cidades de Brasília, Santa Maria e Valparaíso. Recentemente foi concedida no trecho de Brasília – DF a Juiz de Fora – MG, mas que compreende ainda a extensão até a cidade do Rio de Janeiro – RJ onde recebe o nome de Rodovia Presidente Juscelino Kubitschek até Petrópolis sendo de lá até o Rio de Janeiro nomeada como Rodovia Washington Luís.

A BR-040 é a principal conexão rodoviária entre o Distrito Federal e mais três Estados da Federação, sendo eles Goiás, Minas Gerais e Rio de Janeiro, além de ser uma das vias mais importantes nacionalmente. Esta ligação desenvolve importantes atividades para a região além de facilitar o escoamento de cargas e pessoas.

De acordo com a sua orientação geográfica é classificada como uma rodovia radial, cujo traçado parte da capital federal ligando-a a outras capitais de grande relevância. Sabendo destas características, percebeu-se a oportunidade de analisar uma rodovia que passa por uma fase de transição e consolidação de uma etapa diferenciada em termos de gestão, no caso o controle por uma concessionária para administração e gestão de seus recursos e infraestrutura. Desta forma o estudo acadêmico de tal rodovia é vantajoso pelo fato da proximidade, além de

ser interessante por poder servir como referência para a gestão da concessionária durante o período subsequente.

Em observância ao papel integrador da rodovia e ao fato de ter sido concedida para melhoria de sua gestão, qualidade estrutural e monitoramento, a rodovia BR-040 mostrou-se um tema atual e atrativo, em que a expectativa da melhoria futura em sua operação, conservação e implantação de melhorias são os requisitos básicos exigidos pela sociedade no que diz respeito a transporte.

Este trabalho de análise teve como fundamento a revisão bibliográfica realizada, além dos procedimentos e adequações utilizados para o estudo de caso da Rodovia BR-040 relativo a Santa Maria/DF.

O intuito é de reunir elementos base para a construção de uma análise sólida e realística sobre tal rodovia, em trafegabilidade e aspectos de segurança, fundamentados em estudos científicos, além da aplicação de conceitos que regem com abrangência e propriedade tal tópico em transportes.

A partir desta fundamentação teórica, é apresentada no estudo de caso uma proposta onde estes critérios foram ponderados e que servem de norte para a escolha da solução adequada ao perímetro urbano de Santa Maria. Tal proposta de estudo teve como objetivo solucionar os problemas de tráfego na região e ainda contempla uma intervenção física no traçado para facilitar a saída no trajeto Santa Maria à Brasília.

Esta solução foi baseada no estudo de trafegabilidade que envolveu a utilização de software, análises de parâmetros de tráfego além de características da região. O desenvolvimento desta proposta surgiu da necessidade em resolver este problema que dificulta a saída dos moradores, gera longos engarrafamentos, atrasos de viagem e até acidentes causando transtornos aos usuários da rodovia.

## **1.1.DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

Haja vista a importância da BR-040 não apenas por sua localização geográfica como pela sua relação econômica nas áreas urbanas, é verificado que os pontos críticos de uma análise otimizada para tráfego está confrontada com duas linhas distintas de abordagens. Estas vertentes devem ser balanceadas e equilibradas, de tal forma que seja atingida uma qualidade

de fluxo adequada para o escoamento de cargas e pessoas e que ao mesmo tempo seja segura para as populações locais e para os usuários da rodovia.

Uma situação frequente em regiões próximas a rodovias é a relação intensa com a ocorrência de incidentes e diminuição da fluidez de tráfego. Esta relação se deve ao conflito de interesse dos grupos de usuários de passagem e o usuário local, sendo que um grupo visa o deslocamento direto para o seu destino final, enquanto o outro tem o interesse de fazer travessias para diferentes regiões da cidade, seja na condição de pedestre ou condutor (AMIN, 2012).

Associada ao estudo de aspectos de segurança, está a caracterização de uma análise mais ampla no que diz respeito a temas relacionados com a trafegabilidade, como nível de serviço, capacidade de fluxo, pontos críticos e a influência que o usuário exerce nesta interação também é objeto de ênfase nas pesquisas.

Desta forma o estudo aqui presente foca na relação do perímetro urbano na região de Santa Maria / DF com a interferência que causa no tráfego da BR-040. O problema da saída da população tanto de Valparaíso como de Santa Maria afetam os deslocamentos deste grupo de usuários locais provocando diariamente redução no fluxo de tráfego, congestionamentos além de diminuição no nível de serviço.

Nesta problemática fica claro que estes aspectos estão interligados e que o desafio é propor uma solução equilibrada pensando nos acessos dos usuários locais, porém mantendo a qualidade de viagem para os de passagem.

## **1.2. CARACTERIZAÇÃO DA RODOVIA**

A Rodovia BR-040 faz parte de um grande sistema rodoviário que contempla os Estados de Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro e o Distrito Federal além de passar por diversas cidades de expressivo cunho nacional em seu trajeto.

Possui extensão superior a mil quilômetros, e faz ligação entre capitais brasileiras. Formada por diferentes trechos concessionados, a partir de Brasília o primeiro é administrado pela concessionária Via-040, que se inicia no entroncamento com a BR-251/DF-001, no km 0,0 do Plano Nacional de Viação (PNV) 2006 até o início do trecho concedido e administrado pela CONCER, no município de Juiz de Fora – MG, no km 771,1 do PNV 2006.

O primeiro trecho possui 936,8 km de extensão sendo parte em pista simples e parte em pista dupla. Já o segundo tem extensão de aproximadamente 180 km, partindo de Juiz de Fora até o Rio de Janeiro-RJ, terminando no acesso à Avenida Brasil.

O sistema rodoviário componente é formado pelos elementos da faixa de domínio além de acessos e alças, edificações e terrenos, pistas centrais, laterais, marginais ou locais ligadas diretamente ou por dispositivos de interconexão com a rodovia, acostamentos, obras de arte especiais entre outros.

O estudo de caso desta monografia é relativo ao acesso de Santa Maria/DF, próximo ao começo da BR-040. Local em que se apresenta um conflito urbano principalmente no movimento de saída da população em direção ao Distrito Federal, esta interferência é ainda agravada com o somatório do tráfego proveniente de Valparaíso também em direção ao DF. Este local será mais bem detalhado nos próximos tópicos do trabalho e está sob responsabilidade da Via-040.

Além dos estados já mencionados a Rodovia BR-040 interliga diversas e relevantes cidades brasileiras, não somente por sua influência, mas pela sua capacidade produtiva e de auxílio ao desenvolvimento nacional.

As rodovias são entes que interligam localidades tanto para o escoamento de pessoas e cargas e no caso desta breve caracterização vale ressaltar algumas cidades e municípios por onde a rodovia passa, são eles: Brasília, Santa Maria, Valparaíso, Luziânia, Paracatu, João Pinheiro, Três Marias, Sete Lagoas, Belo Horizonte, Nova Lima, Carandaí, Barbacena, Santos Dumont e Juiz de Fora todas no trecho de concessão da Via-040 e ainda contam com as cidades do trajeto até o Rio de Janeiro como Petrópolis, Duque de Caxias e a própria capital.

Durante o trajeto é possível observar vários tipos de culturas, agropecuária além de algumas indústrias como a automobilística, metalúrgica, de produção mineral, cimento entre outras e também pelo fato que a escoação de diversos produtos passa por esta rodovia em razão da conexão com os portos no estado do Rio de Janeiro ou na conexão para outras regiões do Brasil.

Devido ao advento da concessão, diversas obras de infraestrutura, tanto para manutenção, recuperação, ampliação e conservação da rodovia estão sendo aplicadas. Com o intuito de melhorar a qualidade do serviço prestado e tornar a rodovia um local mais seguro para os

usuários. Desta forma os investimentos na rodovia ainda em fase relativamente inicial indicam que um novo processo de gestão para melhoria dos serviços também será trabalhado e com isto trará ainda mais benefícios e desenvolvimento para as regiões lindeiras.

Etapas de obras para duplicação do pavimento, correção em sinalização, elementos de segurança, manutenção do nível de serviço, correção de traçado, além de prestação de serviços de auxílio aos condutores elevam o padrão da Rodovia e permitem uma nova fase na situação da BR-040.

Com isto, além do foco de estudo para resolução do problema de tráfego em Santa Maria, fica como outro produto desta monografia a proposta de utilização dos recursos tecnológicos e metodologia de pesquisa para outras travessias urbanas da rodovia e que será descrita nos capítulos seguintes.

## **2- PLANO DE TRABALHO**

### **2.1.OBJETIVOS**

#### **2.1.1. GERAIS**

Realizar uma análise dos principais tópicos que influenciam o desempenho da BR-040, principalmente em relação aos acessos de travessias urbanas, apontando questões de trafegabilidade e segurança.

Elaborar uma proposta visando a melhoria dos níveis de serviço de um determinado estudo de caso, de tal forma que esta fosse fundamentada em conhecimento técnico e científico levando-se em conta os aspectos de trafegabilidade.

#### **2.1.2. ESPECÍFICOS**

- a) Utilizar os conceitos técnicos e científicos para a análise da situação atual de travessias urbanas na rodovia BR-040
- b) A partir do entendimento dos problemas específicos, definir uma solução apropriada ao caso referente à região de Santa Maria – DF
- c) Com a definição do estudo para a travessia urbana, elaborar a proposta base de solução com a descrição da metodologia empregada e possíveis intervenções.
- d) Propor continuação de pesquisas similares e implementação destas em outras localidades.

### **2.2.METODOLOGIA DO PROJETO**

Para a realização deste projeto foi definida uma estrutura de abordagem simples e clara buscando completar em cada etapa um objetivo até que ao término de todas estas seja construída uma solução adequada do ponto vista da trafegabilidade sem deixar de lado os aspectos de segurança em travessias urbanas.

A primeira etapa deste trabalho foi fazer um levantamento bibliográfico, apresentando tópicos relativos aos temas abordados neste estudo, a fim de corroborar as decisões tomadas e servir como base para as simulações da solução proposta.

A segunda etapa compreendeu o estudo e desenvolvimento de uma solução para o trecho escolhido de análise, buscando apresentar mais detalhadamente com levantamentos

volumétricos, obra de arte desenvolvida, simulações, pesquisa em campo e questionamentos da população a respeito da situação existente.

A terceira foi a expansão dos estudos da etapa anterior para outros trechos presentes na rodovia, buscando identificar localidades com particularidades similares ao analisado e verificar a possibilidade destas implementações.

Na quarta etapa, buscou-se uma integração dos recursos tecnológicos ao longo de toda a rodovia, para a modernização da BR-040 com o uso de sistemas de monitoramento e possível implementação de um aplicativo para *smartphones* e *tablets* que facilite a comunicação e troca de informações entre os usuários e o gestor da Rodovia.

### **2.3. ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho tem como objeto a análise de trafegabilidade com o estudo de caso em travessias urbanas para a Rodovia BR-040. Para melhor apresentação e discussão do tema foi convencionada a estrutura que contempla um total de 6 (seis) capítulos, incluindo ainda as referências bibliográficas adotadas e anexos.

O primeiro capítulo tem como função introduzir a ideia inicial, onde é feita a apresentação da obra com a discussão da temática a ser trabalhada. A relevância do assunto assim como as ideias gerais são pontos abordados. O enfoque da pesquisa e uma breve definição da problemática geral também servem como estímulo ao fundamento do trabalho.

Outro aspecto descrito é sobre a fase de gestão e concessão ainda recente da Rodovia, além de definir a necessidade de uma revisão bibliográfica e do plano de trabalho a serem apresentados. Uma simples caracterização da rodovia fecha o capítulo com a situação atual e formas de estudo a serem apresentadas.

Do segundo capítulo consta o Plano de Trabalho do projeto, etapa que delimita os objetivos da pesquisa, sendo divididos em gerais e específicos com superficial descrição assim como os pontos a serem obtidos através da mesma. Tanto em termos de uma situação ideal para a rodovia como para um detalhamento de intervenções pontuais para a travessia urbana escolhida.

Continuando o capítulo, a metodologia do projeto é descrita assim como a presente estrutura do trabalho que tem por objetivo apresentar a monografia em linhas gerais. Segue

desta forma com a argumentação do estudo de caso que revela fatores como a necessidade do estudo em Santa Maria, como o caso surgiu para análise além de possíveis benefícios através da solução proposta.

Por fim o capítulo dois apresenta uma visão geral dos desenvolvimentos tecnológicos que podem ser aplicados à rodovia a partir dos recursos disponíveis no mercado e a ideia inicial da proposta para a melhoria de gestão da Via-040.

Ao englobar a revisão bibliográfica, o terceiro capítulo é dividido na descrição das literaturas relevantes e linhas de pesquisa selecionadas, sendo estas divididas nos grandes tópicos do tema de trabalho. Esse capítulo descreve um pouco das fontes bibliográficas consultadas e como elas se enquadram na presente pesquisa. Fechando o capítulo um pressuposto foi definido de acordo com a linha admitida para a monografia

O quarto capítulo descreve em linhas gerais o Estudo de Caso propriamente dito, com a definição explícita do local geográfico assim como aspectos e parâmetros mais relevantes para o trabalho. Apontando características básicas, alguns pontos críticos da rodovia e proposta de pesquisa de campo, ou melhor, como seria a implementação e fundamentação desse estudo voltado para o trecho previamente definido para a Rodovia BR-040. São descritos ainda os processos utilizados na metodologia de análise e os resultados obtidos.

Prosseguindo a estrutura do trabalho, no quinto capítulo são apresentadas as possibilidades de expansão das soluções com as definições e sugestões de complemento para a pesquisa. São citados os parâmetros de expansão que podem ser adotados além da possível proposta com o uso de recursos tecnológicos agregando a solução do estudo em Santa Maria.

Desta forma completando a estrutura do trabalho, no capítulo seis é possível encontrar as conclusões com as deduções lógicas fundamentadas tanto na pesquisa bibliográfica, estudo de caso e expansão como no ideal a ser alcançado com o trabalho, claro que com uma visão realista das possibilidades. Assim também uma breve análise e discussão dos resultados obtidos. Por fim os anexos fecham a monografia e estão listados no sumário.

## **2.4.PROPOSTA DO ESTUDO DE CASO**

O estudo do caso referente à travessia urbana de Santa Maria surgiu por solicitação da Administração Regional para a Universidade de Brasília. Como a elaboração de estudos

relativos a essa rodovia já havia sido iniciada, os esforços foram então redirecionados para buscar soluções para tal intervenção.

A partir de reuniões realizadas para a busca e coleta de dados sobre a situação atual, um *briefing* sobre o problema e entendimento do caso era necessário para alinhar a pesquisa à real necessidade da população. O conhecimento objetivo da situação vivida por técnicos da Administração facilitaria a etapa de estudos e análise para propor algo que pudesse melhorar o conflito no acesso a BR-040.

A proposta era buscar uma intervenção de forma a minimizar o problema na saída da cidade em direção a Brasília, principalmente no começo da manhã quando o alto fluxo de carros causa diversos transtornos aos moradores de Santa Maria e adjacentes. Esta busca levou em consideração a distribuição da cidade e o acesso à rodovia como visto na Figura 2.1.



Figura 2.1 – Mapa regional da região administrativa de Santa Maria

Este congestionamento é ainda agravado com a inclusão dos veículos que saem de Valparaíso e que também precisam utilizar a BR-040 como forma de ligação para Brasília. O problema é diário e gera muito desconforto, longos períodos de viagem além de proporcionar um péssimo nível de serviço para a rodovia neste trecho, que tem sua capacidade muito abaixo do que é solicitado no período.

O problema já ocorre há certo tempo sem solução e ainda é agravado com o crescimento da população nos arredores. Além da expansão contínua da cidade, a criação de novos condomínios e moradias são fatores que refletem em um impacto sobre o sistema de tráfego da região.

Desta forma o estudo buscou uma solução fundamentada em parâmetros técnicos de trafegabilidade para melhorar o fluxo de veículos na região, reduzir o tempo de viagem e melhorar o nível de serviço.

## **3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. LITERATURA RELEVANTE**

A análise de rodovias é um tema muito amplo que incorpora uma vasta malha de assuntos e com diversas particularidades. Tendo o conhecimento desta característica buscou-se, nesta revisão bibliográfica, abordar de forma direta os tópicos característicos desta pesquisa. Com o intuito de não perder o foco e incorporar de forma adequada a análise para a BR-040, foram definidas duas linhas de análise, sendo elas:

- Trafegabilidade, onde é feita a análise e caracterização do tráfego, apontando pontos como capacidade, nível de serviço, influência da velocidade, fluxo de tráfego e caracterização da demanda.
- Segurança, onde a influência de regiões lindeiras é analisada, assim como as relações da qualidade da via, riscos de acidentes e relações entre os usuários.

Para encontrar literaturas relevantes sobre tais assuntos optou-se pela utilização da plataforma de pesquisa acadêmica fornecida pela CAPES, o portal [periodicos.capes.gov.br](http://periodicos.capes.gov.br). Nesta plataforma foram pesquisadas palavras chaves relacionadas ao assunto abordado, como: segurança rodoviária; acidentes; rodovias; pontos críticos; fluxo-velocidade; capacidade; volume e outros.

Estas referências são apresentadas nos tópicos seguintes.

### **3.2. LINHAS DE ANÁLISE**

#### **3.2.1. TRAFEGABILIDADE**

Uma das principais linhas analisadas em estudos rodoviários e relativos a transportes diz respeito à caracterização do tráfego e as suas diferentes distribuições ao longo dos mais diversos trechos. Estes estudos são muito válidos para o caso da malha rodoviária brasileira, que é extensa e é caracterizada por uma grande variabilidade em toda a sua extensão.

Dada a condição viária brasileira, e tendo conhecimento de ferramentas de análise de tráfego internacionais, como o HCM, órgãos nacionais de regulação viária e agências recomendam adaptações destas ferramentas para a realidade encontrada no país (ANDRADE, 2012). Algumas dessas adaptações foram verificadas no presente documento a fim de criar

uma análise mais real sobre a rodovia estudada e incorporar estudos já realizados nesta área em uma via de grande importância social e econômica para o país.

Pensando numa caracterização ampla e buscando uma análise mais expressiva para o caso em questão, buscou-se incorporar aos estudos deste trabalho teses, manuais e artigos que apontassem características de rodovias nacionais, visando apresentar temas referentes a níveis de serviço, relação fluxo-velocidade, capacidade e qualidade de viagem.

Caracterizada a linha de pesquisa sobre este tema optou-se por referências direcionadas a rodovias nacionais e abordagens distintas, de tal forma que esta literatura contemplasse o maior número de características encontradas na BR-040. Este estudo de referências relativo à trafegabilidade pode ser verificado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Relação bibliográfica para trafegabilidade

<b>Item</b>	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Descrição</b>
1	Capacidade e relação fluxo-velocidade em autoestradas e rodovias de pista dupla paulistas	Gustavo Riente de Andrade	Adaptação do HCM para as características das rodovias de pista dupla paulistas
2	Caracterização do fluxo de tráfego de rodovias de pista simples do estado de São Paulo	José Elievam Bessa Júnior	Adaptações do HCM para rodovias de pista simples e análise quantitativa
3	Estudo da velocidade operacional dos veículos em trechos de rodovias rurais de pista simples	Andréia Barbosa Gonçalves	Análise de velocidades instituídas nas rodovias, a fim de definir velocidades operacionais adequadas
4	Análise de capacidade e nível de serviço de rodovias de pista simples	Sergio Henrique Demarchi	Características de cálculos para variáveis relativas a nível de serviço em um rodovia de pista simples
5	Estabelecimento de limites de velocidade em rodovias do Rio Grande do Sul	João Arthur Basso	Análise de métodos para definição de velocidades adequadas

## **a) CAPACIDADE**

A capacidade de tráfego é uma variável que expressa o maior fluxo de veículos que passam por uma determinada seção da via que pode ser atingida repetidamente em condições prevalentes, sem considerar influência de ações operacionais após o trecho analisado (ANDRADE, 2012).

Porém, mesmo tendo em mente este conceito, é necessário fazer observações no que diz respeito à aplicabilidade da correspondente ferramenta de análise, pois não é possível afirmar que um valor máximo visualizado no campo não possa ser superado, e por se tratar de uma análise em condições instáveis (familiaridade, composição do fluxo e outros). Ainda assim, esta análise é importante para caracterizar uma rodovia e definir trechos em que sejam interessantes intervenções para a melhoria da rodovia.

Neste trabalho, assim como em outros estudos desde 1950, o estudo de capacidade está diretamente ligado ao nível de serviço da rodovia, desta forma a bibliografia usada para este tópico buscou incorporar teses sobre rodovias concessionadas e públicas com diferentes infraestruturas, variando desde rodovias de alta velocidade e com uma qualidade de pavimentação adequada até rodovias de pista simples com problemas de conformidade geográfica e estrutural.

Sabendo desta ampla variedade de características, uma base do estudo foi a descrita por Andrade em sua dissertação de mestrado, em que apresenta alternativas para uma modelagem do HCM para pistas duplas em rodovias de São Paulo, informando condições de calibração (incorporando efeitos de veículos pesados, curva fluxo-velocidade e outros), tipos de análise geográfica do trecho e limitações do método.

Além desta análise em pista dupla também foram verificados artigos relacionados a condições para pista simples, que apresentam características distintas e devem ser abordados de uma forma atenciosa uma vez que na BR-040 existem diversos trechos em tais condições.

No caso da pista simples o HCM estima valores em torno de 1700 cp/h para cada sentido de tráfego, podendo chegar a 3200 cp/h em segmentos genéricos em ambos sentidos. (DEMARCHI). Porém, estes valores podem variar para os casos das rodovias brasileiras, dependendo da distribuição de fluxo e curva fluxo-velocidade, como apresentado nos estudos feitos por BESSA JÚNIOR (2009) em sua dissertação de mestrado.

Complementando os estudos bibliográficos, este trabalho também visa analisar os dados reais desta rodovia para isto é importante ressaltar a colaboração de órgão nacionais que têm acesso a pesquisas deste porte, como a EPL, o DER e o DPRF.

## **b) FLUXO DE TRÁFEGO**

O fluxo de tráfego é uma importante variável na definição do nível de serviço de uma rodovia, uma vez que este parâmetro faz parte da definição da classe da rodovia quanto ao nível de serviço.

Porém, esta variável é constantemente vinculada à velocidade como é apresentado nos trabalhos de BESSA JÚNIOR (2009) e ANDRADE (2012), para definir parâmetros de simulação e caracterizar situações.

O trabalho de dissertação de mestrado de Bessa Júnior é utilizado no estudo do presente projeto para identificar as formas de calibração das simulações que podem ser realizadas no estudo de caso, além de verificar exemplos de levantamentos de dados para uma rodovia.

A partir dos estudos de BESSA JÚNIOR (2009) para rodovias de pista simples constatou-se que o modelo mais adequado para análise no estudo de caso para a BR-040 pode ser o côncavo (nos trechos de pista simples), pois os parâmetros utilizados na dissertação feita por Bessa apresentam características similares às apresentadas em trechos da rodovia analisada neste projeto. Este método segue a seguinte relação:

$$ATS = FFS + b \cdot \sqrt{q} \quad (3.1)$$

Onde:

$ATS$  = velocidade média de viagem (km/h)

$FFS$  = velocidade de fluxo livre (km/h)

$b$  = parâmetro obtido por regressão

$q$  = fluxo de tráfego bidirecional (cp/h)

Uma comparação dos resultados apresentados por este autor pode ser verificada na Figura 3.1, onde o método côncavo se adapta muito melhor em relação ao linear.

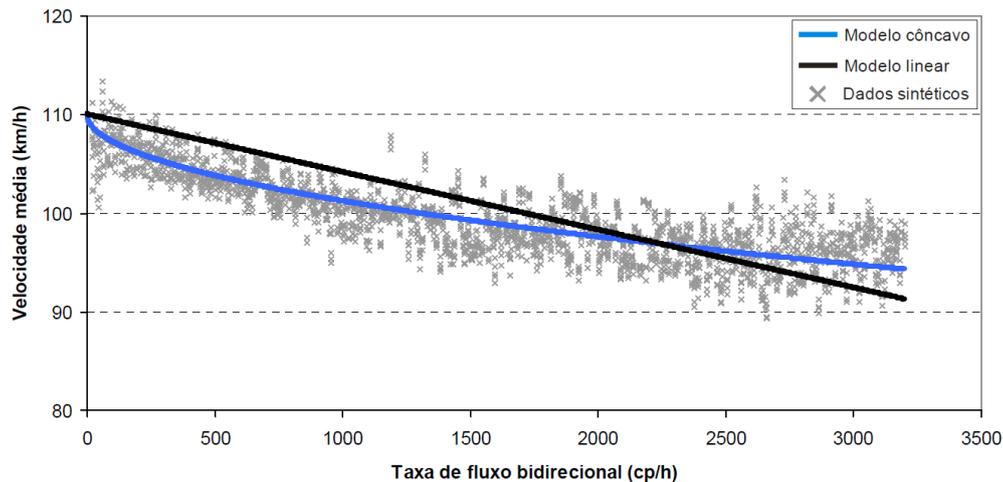


Figura 3.1: Modelos bidirecionais da relação fluxo-velocidade (FFS=110 km/h). Fonte: BESSA JÚNIOR (2009)

Além do estudo de BESSA JÚNIOR (2009) também foi analisada a dissertação de ANDRADE (2012) no que diz respeito à caracterização de um modelo para pista dupla. Esta análise será bastante útil para os trechos do estudo de caso que apresentem esta configuração, verificando onde a modelagem poderia ser empregada e teria uma melhor adaptação aos resultados esperados.

### c) VELOCIDADE

A velocidade é um dos parâmetros mais perceptíveis dentro de uma estrutura viária para o usuário, porém o que não é de conhecimento deste é que existem diversas abordagens para a implementação das velocidades aplicadas em rodovias, além de haver várias classificações para este termo.

Esta variável pode ser qualificada segundo alguns termos citados por diversos autores, sendo que um dos mais importantes para a parte de engenharia é a questão da velocidade de projeto, que é definida como a máxima velocidade, razoavelmente uniforme, que pode ser adotada por um grupo de condutores operando seus veículos, em áreas não urbanas (FITZPATRICK, 2003). Além desta qualificação, que seria principalmente usada na elaboração de projetos também é importante destacar a velocidade média (soma de todos os dados de velocidade dividida pelo tamanho da amostra); velocidade operacional (velocidade máxima segura na qual um veículo pode operar em uma dada via sob boas condições de tráfego e ambientais); velocidade limite (velocidade máxima permitida na via); velocidade de advertência (velocidade segura para determinadas condições pontuais da rodovia, como curvas horizontais) (BASSO, 2008). As nomenclaturas esclarecidas por BASSO (2008) são

importantes serem separadas, pois existem diferentes aplicabilidades para cada uma na análise dentro da elaboração do projeto.

Tendo conhecimento destas classificações e sabendo da importância desta variável dentro de uma rodovia deste porte, optou-se pela utilização de referências que visassem uma análise direcionada à caracterização do comportamento do tráfego a partir da velocidade ao longo da rodovia, ou seja, caracterizando a variação nas mais diversas estruturas (pista simples ou dupla, pública ou concessionada etc).

Uma das características marcantes da BR-040 são os longos trechos em pista simples que são presentes na região entre Goiás e Minas Gerais, e uma das formas de análise para a questão da velocidade foi verificada na dissertação de mestrado de GONÇALVES (2011), onde são apontados os métodos para identificação da velocidade operacional, a forma de coleta de dados e a abordagem para o tratamento destes dados. Esta referência pode ser interessante para este estudo uma vez que, definida a velocidade operacional em determinado trecho, podem ser propostas alterações a fim de criar uma adaptação adequada ao fluxo de tráfego e também a circulação dos veículos circulantes.

Outra análise que é importante ser destacada, que foi objeto de investigação em referências bibliográficas é a relação fluxo-velocidade, que também está diretamente relacionada com o tópico 3.2.1.a. Esta relação influencia na capacidade da rodovia, e para compreendê-la é importante saber a relação da velocidade na determinação do fluxo. Na dissertação de mestrado de ANDRADE (2012) são exemplificadas situações de pista dupla em que essa relação existe e como é abordada pelos diferentes parâmetros de estudos do HCM, como apresentado na Figura 3.2.

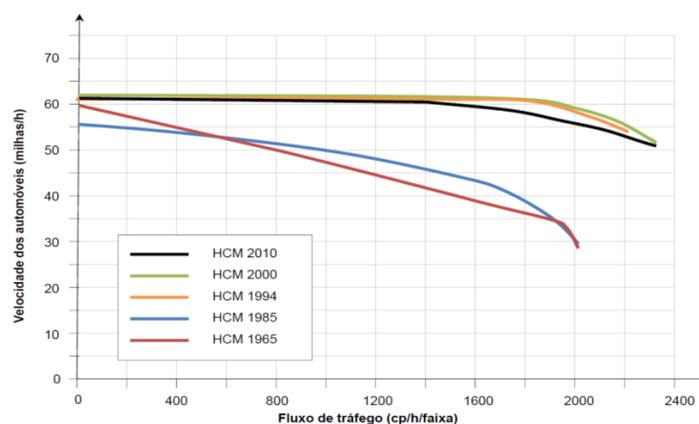


Figura 3.2: Evolução da relação fluxo-velocidade em autoestradas ao longo das edições do HCM. Fonte: ANDRADE (2012)

Outra análise que foi levada em conta neste estudo foi a definição dos limites de velocidade propostos na dissertação de mestrado do BASSO (2008), que apresenta diferentes métodos de definição de limites de velocidade, tais como o ITE, VLIMITS, USLIMITS2, método Tsu e o método do CEFTRU. Estes comparativos são úteis para verificar limites de velocidade no estudo de caso planejado para este projeto, visando utilizar o método que melhor encaixar no trecho analisado.

Estas definições de velocidades também servirão de base para a análise de segurança, impondo uma relação destas com o número de acidentes, como apresentado na Figura 3.3, esta relação de velocidade e acidentes é apresentada por BASSO (2008).

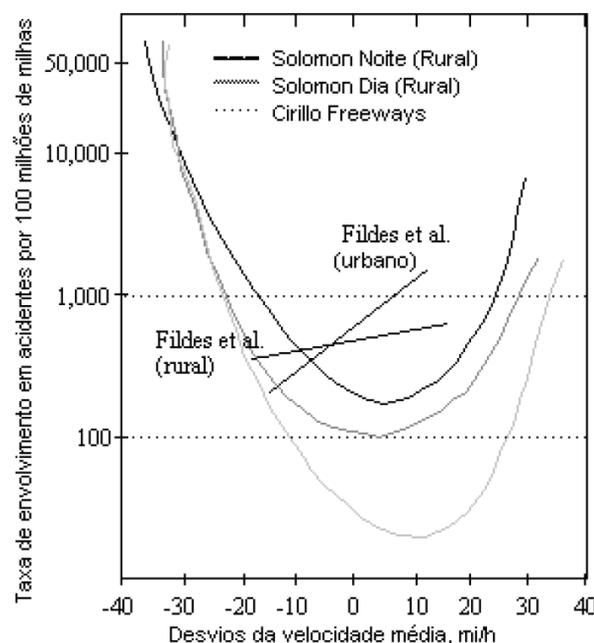


Figura 3.3: Taxa de envolvimento em acidentes para desvios da velocidade média. Fonte: BASSO (2008)

### 3.2.2. SEGURANÇA

A análise de segurança em rodovias está agregada a diversos fatores, desde os estudos para o projeto geométrico, análise de campo, trechos por onde a rodovia passa além de condições do pavimento, relevo geográfico, sinalização e muitos outros.

O fator humano também é extremamente relevante em segurança de rodovias, o conhecimento do trecho trafegado, cuidados com a revisão e adequabilidade do veículo, modo de condução para passageiros e cargas assim como o cumprimento de regras para guiar um veículo em rodovias são aspectos que podem mitigar acidentes e salvar vidas.

Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, elaborado em 1999 pelo DNER, os critérios adotados anteriormente, assim como algumas recomendações da Associação Rodoviária Americana, AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) quanto a aspectos de projeto e segurança, precisavam ser complementados e adaptados à realidade brasileira assim como tópicos de Melhorias Operacionais de Rodovias. É observada também a preocupação do Manual com fatores ambientais, sociais e de segurança cada vez mais requisitados tendo em vista do crescente desempenho dos veículos e aumento do uso rodoviário (RIBEIRO, 2012).

Desde aspectos físicos como barreiras, defensas, pista de acostamento, canteiro central, curvas entre outros componentes da plataforma da rodovia é possível entender que estes elementos estão integrados e fazem parte da segurança rodoviária. A partir da Classificação Técnica da Rodovia utilizada para fins de balizamento do projeto geométrico, algumas configurações e dimensões são determinadas. Essa classificação é feita segundo os critérios do DNER com base no volume de tráfego e relevo da região.

Desta forma a classe de projeto é definida para uma rodovia, que passa então a ter uma velocidade diretriz. Por definição é a maior velocidade com que um trecho da rodovia pode ser percorrido com segurança. Esta velocidade passa a condicionar direta ou indiretamente alguns limites para as características técnicas (LEE, 2013).

O que fica claro com a explanação anterior é que desde a sua concepção a segurança que a rodovia proporciona ao usuário não depende de um fator único, mas da integração destes fatores em termos de geometria, pavimento, sinalização além do fator humano. A condução imprópria pode e é o grande causador de acidentes e perdas de vidas em rodovias brasileiras.

Para o estudo aqui presente a atenção é voltada em especial para a segurança na Rodovia BR-040. A interceptação da Rodovia por várias cidades e também os pontos de relação entre seus usuários na condição de pedestres, passageiros, condutores e no transporte de cargas fazem parte da revisão bibliográfica apresentada a seguir.

De forma a organizar esta etapa do projeto, são apresentadas na Tabela 3.2 as referências bibliográficas que foram consideradas adequadas ao presente tema de estudo. Em seguida a análise e fundamentação dos textos escolhidos são descritas. O que permite uma visão clara e objetiva adquirida com a leitura.

Tabela 3.2 – Relação bibliográfica para segurança

<b>Item</b>	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Descrição</b>
1	Proposição de uma lista de verificação para revisão de segurança viária de rodovias	Andrea Reinheimer Schopf	Propõe uma lista de verificação em método para auditoria de segurança viária
2	Segurança rodoviária	Adriano Murgel Branco	Manual de Segurança Rodoviária elaborado a pedido da Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias
3	Avaliação econômica dos riscos de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras	Marcelo Teixeira da Silveira	Fundamentação econômica de acidentes de trânsito e valoração da vida
4	Eficácia da restrição de velocidade e outras ações na prevenção de acidentes em travessias urbanas de rodovias	Jorge Carlos Amin	Estudos de ações envolvendo acidentes em travessias urbanas de rodovias além da restrição da velocidade
5	Método de análise de projetos	Andrea Laurindvicius Ribeiro	Estudo de projeto viários com finalidade de incremento da segurança de pedestres e ciclistas no âmbito rodoviário.
6	Contribuição à análise de especificações de componentes de rodovias e melhoria da qualidade de viagens	Flávio Renato de Góes Padula	Especificação de componentes de rodovias para melhoria da qualidade de viagens e estudo de aplicabilidade
7	Contrato de Concessão da Rodovia BR-040	ANTT	Estabelece parâmetros e definições do período de concessão da rodovia
8	Programa de exploração rodoviária – PER	ANTT	Anexo II do contrato de concessão que determina as ações, medidas e parâmetros a serem adotados para o trecho concessionado.

## a) RISCOS DE ACIDENTES

Observando o termo segurança, é fácil fazer a conexão com os riscos de acidentes. Na verdade a existência de riscos é justamente o oposto da segurança, ou a falta dela. Os riscos são encontrados em locais propensos a ocorrência de acidentes. Em qualquer ponto da rodovia que possua um potencial a acidentes maior que o esperado ou desejado para aquele trecho é possível encontrar aspectos de segurança deficientes.

A eficácia da restrição de velocidade assim como a apresentação de outras ações na prevenção de acidentes em especial com relação a travessias urbanas é fator de estudo para a análise de segurança da Rodovia BR-040. Tal tema está presente na dissertação de mestrado com autoria de AMIN (2012).

Diversas ações podem ser empregadas para a redução do número e da gravidade de acidentes e neste aspecto as travessias urbanas constituem um local crítico. A grande quantidade de cidades que são cortadas pela BR 040 potencializa a sua existência.

As metodologias utilizadas para a eficácia da redução de velocidade podem ser aplicadas na análise de segurança para a rodovia. Bastante simples, o método antes e depois consiste na avaliação das ações antes e após sua aplicação e o método do grupo de comparação baseia-se na análise comparativa de vários trechos.

As sete ações de engenharia que foram analisadas para a prevenção de acidentes, permitem verificar a eficácia das mesmas e que pelo estudo feito podem representar possíveis soluções para a Rodovia BR 040. São elas:

Quadro 3.1 – Intervenções e eficácia da ação

Item	Ações de Engenharia	Eficácia da ação	Efeito da ação
1	Redução de Velocidade em conjunto com outras medidas	27%	redução de acidentes
2	Implantação de defesa de New Jersey elevada	19%	aumento de acidentes
3	Implantação de dispositivo em desnível	27%	redução de acidentes
4	Cruzamento de pedestres em nível em área demarcada	35%	redução de acidentes

<b>Item</b>	<b>Ações de Engenharia</b>	<b>Eficácia da ação</b>	<b>Efeito da ação</b>
5	Implantação de passarela	40%	redução de acidentes
6	Implantação de ciclovia	30%	redução de acidentes
7	Passagem superior e tela para impedir a passagem de pedestres em nível	32%	redução de acidentes

Fonte: AMIN, (2012)

Dentre as ações aplicadas no estudo, apenas uma resultou em um aumento do índice de acidentes. No caso, com a implantação de defesa de New Jersey houve uma elevação dos índices, uma possível justificativa seja a travessia irregular dos pedestres pulando a defesa, porém esta análise deve ser verificada com mais profundidade, não sendo esclarecida a justificativa deste aumento pelo autor. As outras forneceram valores de eficácia expressivos em termos de redução, sendo consideradas com uma boa aplicabilidade e eficácia.

Entretanto, na análise da segurança e efeito das ações, não se pode dizer que a redução dos acidentes é devida apenas ao tratamento aplicado, outros fatores também incorrem nessa problemática e a alternativa escolhida para desenvolver essa questão é o estudo com grupos de comparação. Ponto este que tem relação com o estudo do trecho apresentado no capítulo 4.

Outro aspecto da problemática de segurança rodoviária é que nos segmentos que atravessam áreas urbanas existe um conflito de interesses entre dois tipos de usuários. Um que circula em alta velocidade, no chamado tráfego de passagem e o outro que utiliza a rodovia em menor velocidade, apenas para chegar a outro ponto da cidade mais rapidamente, denominado de tráfego local.

Tal conflito existe na BR-040 e com isto o fluxo fica prejudicado e, como agravante situacional, as grandes quantidades de veículos e pessoas que circulam pelo local tornam os segmentos de travessias urbanas um local ainda mais propensos a vários tipos de conflitos, como será analisado para obtenção de soluções (AMIN, 2012).

A metodologia de gerenciamento de riscos também é um fator abordado. O conceito aplicado à engenharia de tráfego é composto por ações a serem desenvolvidas. Levando-se em consideração fatores relevantes da rodovia como projeto, execução de obras, operação, manutenção e outras. Esta metodologia permite uma análise situacional com a identificação dos principais riscos além de propor ações para o gerenciamento.

O fluxo de atividades do gerenciamento de riscos pode ser implementado no estudo de segurança da rodovia BR-040. Tendo em vista o levantamento e análise de dados, a identificação dos riscos é feita para então definir um plano de gerenciamento. Este fluxo é apresentado na Figura 3.4.

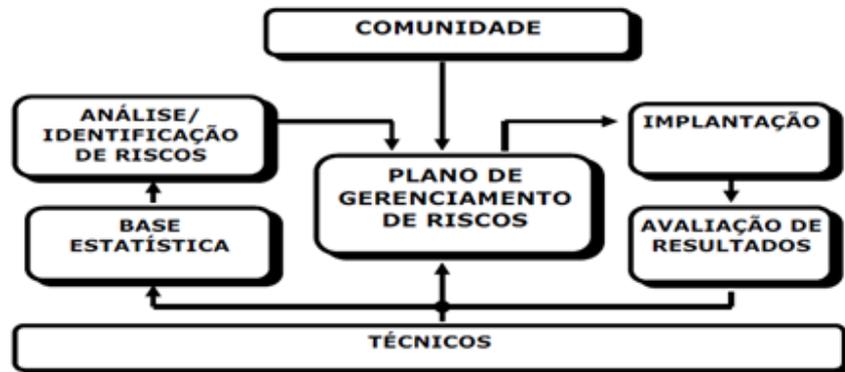


Figura 3.4 – Fluxograma de atividades, AMIN (2012)

Para entender como solucionar essa questão da segurança é preciso saber como os acidentes acontecem e com o que estão relacionados. O que os estudos informam é que mais de 90% dos acidentes apresentaram “fator humano” ou falhas no comportamento de um ou mais usuários. Dados da Polícia Rodoviária Federal relativos a acidentes são também discutidos para gerar uma análise mais aprofundada para a BR-040 (AMIN, 2012).

A partir da metodologia da dissertação, alguns dos indicadores e parâmetros utilizados para medir a eficácia das soluções podem ser interessantes ao estudo da BR 040. São eles:

- Índices de Acidentes:

$$I_a = \frac{N_{acid}^{\circ} \cdot 10^6}{E(km) \cdot VDM \cdot N_{dias\ periodo}^{\circ}} \quad (3.2)$$

*periodo = mensal e anual*

- Índice de Severidade:

$$I_s = \frac{\left( \frac{N_{acid.S}^{\circ}}{Vit\ x} + N_{acid.Fer}^{\circ} \cdot x^5 + N_{acid.mort}^{\circ} \cdot x^{13} \right) \cdot 10^6}{E(km) \cdot VDM \cdot N_{dias\ periodo}^{\circ}} \quad (3.3)$$

*periodo = mensal e anual*

O índice de severidade pondera os tipos de acidentes conforme sua gravidade o que permite avaliar a eficiência das ações conforme obtenção de menores índices após aplicá-las.

- Índices de Mortos:

$$I_m = \frac{N_{mort}^o \cdot 10^6}{E(km) \cdot VDM \cdot N_{dias}^o \cdot periodo} \quad (3.4)$$

*periodo = mensal e anual*

Desta forma o último indicador é o que possui maior impacto social e repercussão, fato esse que o eleva a meta em programas de redução de acidentes. Além disso, ele permite no caso da BR 040 a avaliação se os acidentes causam mais mortes do que danos materiais, sendo este um aspecto relevante no estudo da segurança. Outros indicadores também são contemplados, mas não serão objeto de discussão por agora.

Para concluir, a surpresa encontrada é que os métodos como passarelas, intervenções com novos dispositivos e investimentos na rodovia apesar de serem mais caros apresentaram valores similares na redução de acidentes e conseqüentemente melhoria na segurança às medidas de menor custo como cruzamento de pedestres em nível, sinalização ostensiva entre outros.

Até mesmo a implantação de ciclovias restringindo a circulação de pedestres gerou bons resultados. Este assunto será mais bem explanado na relação entre usuários da rodovia e na revisão de outros fundamentos a seguir.

## **b) RELAÇÃO ENTRE USUÁRIOS**

O estudo dessa relação tem como objetivos apresentar os usuários e envolvidos e como eles interagem com a rodovia. Em pesquisas de trabalhos científicos na prevenção de acidentes os componentes listados a seguir caracterizam este contexto (SILVEIRA, 2009):

- Pessoas envolvidas – pedestres, condutores, ciclistas, funcionários. Podendo ser relativos à concessionária, serviços de segurança, de saúde entre outros.
- Veículos envolvidos – de passeio, de cargas, para transporte público.
- Via e o ambiente – bens e propriedades públicas e privadas, além da própria rodovia e seus equipamentos complementares, condições climáticas, de iluminação e tudo o que compõe o ambiente.
- Aparato institucional e aspectos socioambientais – legislação, fiscalização, gestão da circulação e conceitos não escritos de bem comum.

Segundo SILVEIRA (2009), as pessoas são os principais agentes atuantes e consequentemente exercem grande influência no trânsito, de tal forma que uma atuação educativa e preventiva trabalhada nesta parcela do tráfego pode causar a redução de acidentes e consequente melhoria da segurança. Essa definição de pessoa engloba aspectos como condições socioeconômicas, idade, sexo, nível de escolaridade, profissão entre outras.

O conhecimento dos usuários, tipos de cargas transportadas e como eles utilizam a rodovia trazem informações significantes para que medidas de segurança possam ser tomadas. Um fator atrelado a isso na manutenção e garantia da segurança é a da Educação no Trânsito.

A defesa de investimentos de ordem pública na conscientização e melhoria da educação no trânsito como fator de acréscimo a segurança é uma abordagem que se aplica a BR-040, e que Silveira defende em sua tese. A responsabilidade de criação de políticas eficientes para evitar riscos é tida como uma das formas externas a intervenção e que gera na relação dos usuários um efeito bastante positivo além da majoração do valor da vida no uso da rodovia.

Outra relação importante citada por SILVEIRA (2009) é do transporte com o aspecto econômico na sociedade. A forma como os recursos financeiros são utilizados difere em cada país. Alguns incentivam o uso de campanhas e medidas de conscientização. Outros preferem o investimento ostensivo na infraestrutura, ou em uma fiscalização rigorosa. Para o caso da BR-040 a gestão aliada a investimentos confere um mix interessante a nova realidade da rodovia.

Como parte desta gestão, a relação com os usuários é bastante agregadora. Atualmente com a concessão da rodovia, pesquisas de público e sugestões são fatores que integram o estudo aqui presente no intuito de gerar novas soluções para segurança.

Um aspecto complementar é a percepção da importância de pedestres e ciclistas com relação a normas de segurança. Diversos dimensionamentos, dispositivos e serviços voltados à segurança dessas pessoas são estabelecidos. Além disso, em vários manuais a relação entre eles no seu papel dentro da Rodovia determina alguns parâmetros de projetos. Esta análise sugere intervenções voltadas a este tipo de usuários para a BR-040 (RIBEIRO, 2012).

Em sequência, a lista de verificação para segurança viária proposta por SCHOPF (2006) é um método mais adequado aos parâmetros brasileiros e se enquadra nos termos de Auditoria de Segurança Viária. Desta forma a lista de verificação possui como objetivo identificar as

deficiências de segurança de uma rodovia em operação. Fato este que facilita a análise na BR-040.

No estudo de elaboração da lista, um fator interessante a ser citado é que diversos tipos de profissionais trabalham e desenvolvem técnicas ou estão envolvidos com este modal de transportes. Esta verificação de segurança permitiu atender a vários tipos de profissionais, o que mostra a grande aplicabilidade da lista tanto para pessoas com grandes conhecimentos técnicos como para aqueles com pouca experiência. Este ponto torna a lista uma proposta bastante adaptável à realidade da BR-040 (SCHOPF, 2006).

Para finalizar a revisão bibliográfica deste tópico, o Contrato de Concessão da Rodovia BR-040 também é citado por estabelecer a relação entre a União representada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT e a empresa privada do outro lado na qualidade de Concessionária. Esta relação, além dos termos e parâmetros é fundamental para entendimento da gestão da rodovia nos anos seguintes.

Na atribuição à iniciativa privada a exploração rodoviária da BR-040 são apresentadas as formas para fiscalização pela ANTT visando normas de segurança e melhoria para a rodovia. Um tópico do contrato estabelece diretamente essa fiscalização e segurança no trânsito assim como também pode nortear o estudo aqui presente.

A preocupação com a segurança é tanta, que diversos seguros são necessários tanto ao cumprimento das obrigações como para garantir as intervenções na rodovia. No anexo 2 – Programa de Exploração da Rodovia (PER) onde são estabelecidas algumas frentes de trabalho consideram-se também elementos de proteção e segurança.

O PER será fundamental na análise de segurança e trafegabilidade do estudo da BR-040, pois apresenta em linhas gerais os pontos de intervenções assim como formas para realizar a recuperação e manutenção. Na leitura seguinte é possível entender melhor esses parâmetros.

### **c) INTERVENÇÕES NA RODOVIA**

Com a avaliação econômica dos riscos de acidentes, presente na dissertação de mestrado de SILVEIRA (2009) é possível entender a importância de investimentos na construção de pontos de apoio em rodovias como: Postos policiais, de abastecimento, com serviços de saúde, entre outros. Alguns destes já existem na BR-040, mas outros ainda estão em construção.

Assim como a intervenção direta na rodovia em termos de infraestrutura, a conservação e manutenção são aspectos relevantes para a diminuição de riscos e melhoria da segurança. Pontos como condição do pavimento e sinalização são variáveis que elevam a segurança e não são tão onerosos quando feitos com uma gestão eficiente e no período certo. (SILVEIRA, 2009).

O benefício dos investimentos tem valor econômico significativo para a sociedade, rodovias mais seguras possuem menores índices de acidentes, cargas são transportadas com maior eficiência e rapidez, menos vidas são desperdiçadas e muitos outros fatores. Esta responsabilidade agora se aplica à concessionária da BR-040.

O estudo abordado para melhoria de segurança de pedestres e ciclistas parte da análise do projeto. A revisão feita por RIBEIRO (2012), dos dispositivos de segurança na literatura nacional e internacional assim como os parâmetros de aplicação e projeto integram o quadro de possíveis soluções para a BR-040.

Alguns dos dispositivos citados para segurança de pedestres e ciclistas neste âmbito são: (RIBEIRO, 2012)

- Acostamentos – Devem ser projetados e implantados a fim de garantir a segurança e acessibilidade dos pedestres assim como possibilitar rotas acessíveis a qualquer usuário.
- Canteiros e ilhas divisórias – Dispositivo que proporciona refúgio para os pedestres, que passam a realizar a travessia em etapas, prestando atenção a um fluxo por vez.
- Sinalização e dispositivos de apoio as travessias de pedestres – Medidas que podem ser implementadas com o apoio de autoridades de trânsito, entre elas: Redutores de velocidade, limites de velocidades mais baixos, vibradores ou sonorizadores, sinais e placas, iluminação eficientes, lombadas eletrônicas, radares, assim como a combinação dessas medidas em geral
- Tranquilização de tráfego – Fator este que consiste em apaziguar o tráfego, acalmá-lo, diminuir a agitação e o ruído que ele produz. Em outras palavras reduzir o volume e sua velocidade até torná-lo compatível com as demais funções da via.

- Calçadas – Quando possível de serem implementadas em certos trechos da rodovia. Em especial áreas de conflitos urbanos
- Ciclovias e ciclofaixas – Parte da pista de rolamento destinada a circulação exclusiva de ciclos de acordo com o CTB ( Brasil, 1997). Podem ainda ser de uso compartilhado e evitam a travessia de pedestres por trechos da plataforma da rodovia.
- Passarelas – Segundo CTB (Brasil, 1997), obra de arte destinada a transposição de vias, em desnível aéreo, e ao uso de pedestres. Caso tenha rampas pode servir a ciclistas também.
- Passagem inferior ou subterrânea – Mesmo caso anterior mas em desnível subterrâneo para a transposição de vias.

Um fator que esses dispositivos demonstra é que a segurança não apenas depende da infraestrutura, mas do uso correto e apropriado. Às vezes pela distância de uma passarela, pedestres insistem em utilizar a via diretamente para fazer essas travessias, caso este que ocorre com frequência na BR-040.

Para uma via já em operação a Auditoria de Segurança Viária (ASV) revisa exaustivamente um trecho da rodovia. E será uma parte do trabalho descrito no capítulo 4. O passo a passo da ASV, adaptado da obra de Austroads (1994) pode também ser aplicado no trabalho de campo (SCHOPF, 2006).

Outro fator é que alguns dos grupos da lista de verificação se encaixam no estudo aqui descrito, como os de: Tópicos gerais, alinhamento e seção transversal; faixas auxiliares; interseções; sinalização e iluminação; pavimentos; perigos nas laterais das vias; usuários da via; pontes e viadutos. Estes grupos, ao serem analisados permitem gerar um relatório da verificação que qualifica a análise da BR-040 em termos de segurança (SCHOPF, 2006).

Na especificação dos componentes rodoviários, a melhoria da qualidade de viagem e também o fator intrínseco da segurança podem ser alcançados com técnicas de fiscalização e adequação dos dispositivos da rodovia. Esta adequação aplicada à realidade da BR-040 pode provocar intervenções mais efetivas.

Para a rodovia em operação, mesmo sem conhecimento técnico, as informações e opiniões dos condutores e passageiros que a utilizam podem ser interpretadas de forma a

melhorar essas intervenções. Este aspecto incentiva a realização de pesquisa com os usuários para gerar uma integração dos parâmetros técnicos e funcionais da BR-040 (PADULA, 2002).

Dentre as características de componentes rodoviários para a qualidade de viagens, alguns são citados a seguir e permitem a melhoria da segurança (PADULA, 2002):

- Distribuição de irregularidades longitudinais na superfície de pavimento aceitável;
- Limpeza e estética adequada;
- Sinalização horizontal e vertical adequada;
- Geometria da via que contribua para o conforto e segurança;
- Equipamentos para drenar que impeçam o acúmulo de água e proteja os equipamentos da via contra erosões ;
- Capacidade adequada para suporte de cargas pelo pavimento;
- Proteção adequada para evitar deslizamentos e interrupções;

Partindo então para a análise do Programa de Exploração da Rodovia (PER – anexo 2 do Contrato de Concessão). As intervenções que não podem deixar de ser citadas também em termos de melhoria da segurança são listadas nas frentes de trabalho do documento. Dentre os quatro grupos de frentes, as que melhor se enquadram nos termos de segurança são as de recuperação e manutenção assim como a de ampliação da capacidade e nível de serviço.

Desta forma, os parâmetros descritos no PER relativos ao desempenho e aos critérios técnicos servirão de auxílio e ponto de partida para a presente pesquisa.

### **3.3. PRESSUPOSTO ADOTADO**

Como citado anteriormente, a capacidade é o maior fluxo de veículos em uma seção (ANDRADE,2012) e pensando nesta questão este trabalho buscou abordar pontos de saída de centros urbanos para o acesso a rodovias, identificando características e possíveis alterações que seriam úteis tanto na questão de tráfego quanto de segurança.

Uma forma de analisar seria identificar os acessos, definir a capacidade e comparar com o fluxo de forma a caracterizar o nível de serviço. Esta análise ainda levaria em conta a estrutura da interseção quanto ao risco de acidentes e a segregação dos diferentes usuários da rodovia.

Outro fator de verificação é relação entre os usuários locais e os de passagem na rodovia. A separação deste tráfego principalmente em regiões urbanas e o conflito de interesses são pontos relevantes para pesquisa. Neste caso, aspectos como velocidade, distância percorrida e fluxo são vistos de forma diferenciada para cada tipo de usuários.

Pensando nestas questões e aplicando no estudo de caso, este trabalho busca melhorar as condições de acesso a uma rodovia. Esta melhoria foi baseada no pressuposto de que a dissipação do fluxo de uma cidade seja mais viável do que a concentração em um único acesso para a rodovia.

O pressuposto leva em conta o conceito de capacidade, pois ao considerar que o limite de fluxo da interseção seja ultrapassado, a intervenção pontual poderia ser inviável economicamente e não necessariamente resolveria o gargalo. Assim a distribuição diminuiria o fluxo no ponto analisado (evitando a intervenção na interseção existente) e a dissipação poderia ocorrer com maior facilidade ao longo da rodovia do que na interseção propriamente dita.

Além da questão de trafegabilidade, também foram levadas em conta as condições de segurança, onde a dissipação do fluxo e discriminação dos usuários poderiam diminuir os acidentes, pois como é dito em AMIN (2012), a grande quantidade de veículos e pessoas que circulam em um local tornam o segmento mais propenso a acidentes, desta forma a distribuição poderia ser uma boa solução.

Em outras palavras, o acesso à rodovia dentro de perímetros urbanos gera intenso fluxo de tráfego, principalmente no caso de estudo, em que há uma grande demanda pendular atendida pela rodovia. A distribuição deste fluxo tem interesse em dissipar ou pelo desconcentrar esta quantidade de veículos para que a capacidade neste trecho da rodovia esteja adequada. Este fator leva em consideração que usuários locais utilizando diariamente a rodovia entram em conflito com os de passagem além dos que estão em outras localidades e precisam passar por este acesso. Por esta lógica é possível realizar a distribuição em outro acesso que esteja mais bem posicionado.

E para complementar esta hipótese também é apresentada a importância da tecnologia na resolução dos problemas, buscando educar e informar os usuários, questão esta de grande importância para amenização de acidentes (SILVEIRA,2009), além de gerenciar a distribuição dos fluxos para otimizar a capacidade dos acessos.

## 4- ESTUDO DE CASO – ACESSO SANTA MARIA

Ao longo da BR-040 são apresentados diversos pontos de conflito entre diferentes usuários e pontos de retenção que incomodam tanto quem usa a rodovia para locomoção em trechos curtos quanto para longas viagens. Estes diversos trechos são tópicos bastante interessantes para realização de estudos pontuais visando o aprimoramento do tráfego e garantia de segurança para os usuários.

Porém a realização de análises de diferentes pontos para um único relatório pode ser inviável, pois o nível de detalhamento seria baixo e a superficialidade nas análises não contribuiria tanto para a verificação da hipótese anteriormente citada e para a obtenção de resultados efetivos. Desta forma, optou-se por uma única análise onde a solução possa ser expressa e incorporada na realidade, caso as partes (concessionária e órgãos responsáveis) tenham interesse na implantação da análise descrita.

Baseando-se na metodologia de projeto apresentada neste trabalho, o estudo de caso a ser descrito deve possuir questões que são diretamente ligadas com os estudos previamente realizados. O objetivo é que a análise deste trecho possa contribuir como método de pesquisa para outros pontos desta rodovia que tenham condições similares.

Para a inicialização do processo de pesquisa na rodovia BR-040, foi delimitado o trecho representado na Quadro 4.1, trecho este em concessão, com proximidade as localidades dos pesquisadores e que apresentam várias características marcantes visualizadas em toda BR.

Quadro 4.1 – Detalhamento do sistema rodoviário

Código PNV <sup>(1)</sup>	Local de início e fim	Início	Fim	S. F.
040BDF0010	ENTR BR-050(A)/251/DF-001/003 (BRASILIA) - P/ SANTA MARIA	000,0	002,2	DUP
040BDF0012	P/ SANTA MARIA - ENTR VICINAL - 371	002,2	005,0	DUP
040BDF0015	ENTR VICINAL – 371 - ENTR DF-495	005,0	005,6	DUP
040BDF0017	ENTR DF-495 - ENTR DF-290	005,6	008,2	DUP
040BDF0020	ENTR DF-290 - ENTR BR-050(B) (DIV DF/GO)	008,2	008,4	DUP
040BGO0030	ENTR BR-050(A) (DIV DF/GO) - ENTR GO-010 (P/ LUZIÂNIA)	000,0	024,1	DUP
040BGO0050	ENTR GO-010 (P/ LUZIÂNIA) - ENTR BR-050(B)/354/457/GO-309 (CRISTALINA)	024,1	095,7	PAV
040BGO0070	ENTR BR-050(B)/354/457/GO-309 (CRISTALINA) - DIV GO/MG	095,7	157,3	PAV

Fonte: PER

Em que:

- S.F – Superfície Federal;

- DUP – Rodovia pavimentada, duplicada;
- PAV – Rodovia pavimentada, pista simples.

Tabela 4.1– Subtrechos do sistema rodoviário

Subtrecho	km inicial	km final	Extensão	De	Para	Pista	km
1a	0,0	8,4	8,4	Brasília	Divisa DF/GO	Dupla	032,5
1b	0,0	24,1	24,1	Divisa DF/GO	Luziânia		
2	24,1	95,7	71,6	Luziânia	Cristalina	Simples	557,2
3a	95,7	157,3	61,6	Cristalina	Divisa GO/MG		
3b	0,0	40,0	40,0	Divisa GO/MG	Paracatu		

Fonte: PER

Feito o levantamento de possíveis regiões de estudo, a administração de Santa Maria entrou em contato com a nossa equipe e expressou o incômodo com a saída desta região administrativa para o centro do Plano Piloto pela rodovia BR-040. Informando a dificuldade de mobilidade no acesso, com retenções prolongadas e alto índice de acidentes na intervenção existente no local.

Apontado este possível trecho específico iniciou-se um comparativo crítico do ponto requerido com a linha de análise proposta nesta dissertação, verificando o conflito de áreas urbanas com o entorno da rodovia, a distribuição do fluxo veicular na região proposta e o impacto que este estudo poderia ter para a sociedade.

No caso da interferência de áreas urbanas, o trecho apresenta uma relação intrínseca da rodovia com o bairro existente, onde é visível a relação pedestre x condutor, pois há uma circulação alta de ônibus e seus passageiros no local. Outras questões que influenciam neste tópico são os retornos, passarelas, a alta demanda de carros e outros pontos relevantes.

Além da questão urbana, este ponto apresenta variações do tipo de via, com estrangulamentos, conflitos pontuais e proximidades de áreas urbanas e outras características. A escolha do trecho também levou em conta a proximidade e facilidade de ida ao campo dos pesquisadores.

Tendo identificados estes parâmetros mais amplos, ainda foram verificadas questões como:

- Situação atual: já existe uma obra de infraestrutura situada no ponto requerido, porém, quando esta obra foi proposta, as demandas eram distintas e na atual condição esta solução não é a mais adequada para os horários de pico. Desta forma é possível analisar propostas de intervenções para melhorias.
- Aspectos estruturais: as obras implementadas não apresentam problemas visíveis e estão em condições de uso, tanto no acesso principal quanto no entorno.
- Condições de tráfego e fluxo: nos horários de pico há uma grande retenção do tráfego, sendo o período da manhã o mais crítico devido à soma da demanda vinda de Valparaíso com o da de Santa Maria.
- Condições de pavimento: De maneira geral as condições estão boas na rodovia, porém são recorrentes problemas nas vias internas do bairro, principalmente nas imediações do acesso à saída principal da cidade no sentido do Plano Piloto.
- Estudos de traçado: a obra vigente tem alguns pontos cegos que propiciam a ocorrência de acidentes, além de conflitos diretos e indiretos.
- Condições de retornos: a rotatória, com uma passagem direta elevada, é o acesso regularizado mais próximo da saída, tendo um outro retorno, a mais de 1,5 km da saída, tendo-se que ir em direção a Valparaíso para então contornar e pegar o sentido plano piloto.
- Fluxo de pedestres: os fluxos mais aparentes estão distribuídos na estação do BRT e em uma parada de ônibus, localizada a jusante da rotatória, causando uma retenção devido ao acúmulo de ônibus na parada que tem uma faixa de acomodação de aproximadamente 25 metros.
- Sinalização e iluminação: sinalização aparentemente satisfatória, porém há a danificação de tachões (conhecidos como “tartarugas”) e precária iluminação do lado externo da rotatória.
- Aspectos de segurança da rodovia: de forma ampla o ponto analisado não apresenta histórico grande de roubo de cargas, acidentes grandes e mortes.

- Estudo de acidentes: ocorrem incidentes em sua maioria leves no ponto de ligação à rodovia, porém na rotatória há pontos cegos que podem causar acidentes graves dependendo da intensidade do impacto entre os veículos.
- Reflexo do perímetro urbano na rodovia: o principal impacto é o incremento da demanda solicitada na rodovia.
- Relação dos usuários: grande conflito entre veículos de carga e de passeio, devido ao posto de fiscalização localizado nas proximidades da interseção; conflito com as demandas dos bairros próximos; interação entre ônibus e outros automóveis.
- Caracterização da fiscalização: existência de um posto de fiscalização de cargas, destinados às carretas, já a fiscalização de trânsito é restrita a policiais /oficiais que passam ao longo do dia.

Após o levantamento da problemática considerou-se que o estudo deste caso seria de sumo interesse para este projeto e principalmente para as comunidades envolvidas neste local. Desta forma buscou-se analisar o acesso de acordo com os parâmetros técnicos e com os dados obtidos por diferentes meios, para obtenção de resultados e aprimoramento da saída.

#### **4.1. LOCALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA**

Definido o ponto de interesse iniciou-se o levantamento dos dados relativos à saída de Santa Maria, fazendo o reconhecimento da localização espacial da interseção, levantamento de campo e uma análise mais ampla da área de influência para identificar possíveis soluções.

O primeiro procedimento é a identificação da interseção já existente, localizada nas coordenadas 16°00'10"S e 47°59'5"O. A identificação aérea mostrada na Figura 4.1 facilita na visualização do problema e auxilia na escolha das propostas de intervenção. Ainda com relação a esta identificação global foi feito um croqui esquematizado em que auxiliará nas análises de tráfego para a região.

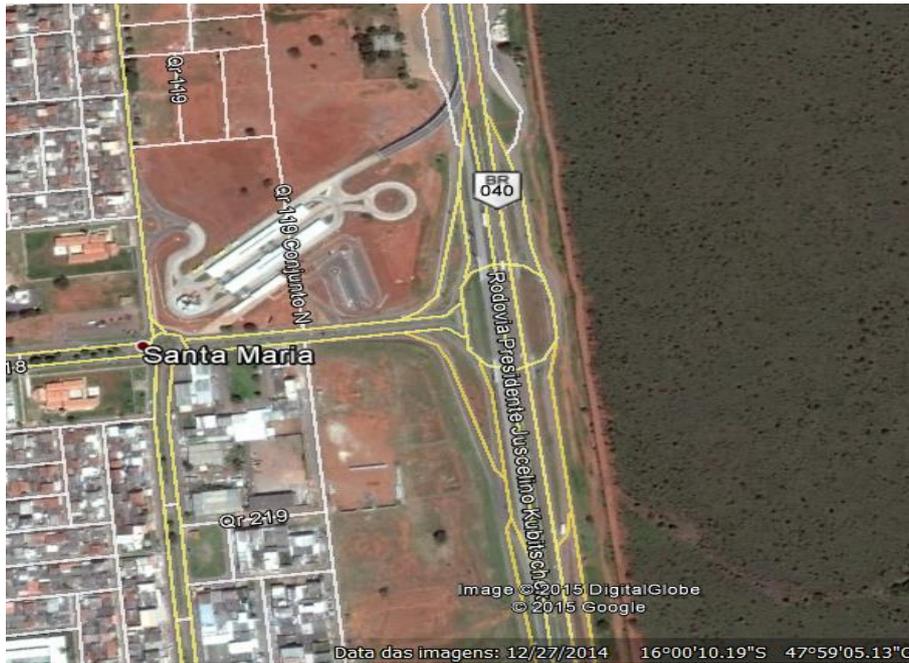


Figura 4.1 – Rotatória de acesso a Santa Maria, com passagem direta elevada

Identificado o posicionamento global, foram realizadas visitas em campo para visualizar o comportamento do fluxo veicular ao longo do dia, e facilitar a interpretação dos dados levantados. Além da análise crítica dos dados esta visita em campo serviu para delimitar as condições gerais da interseção, como já citadas anteriormente (aspectos estruturais, condições de pavimento, relação dos usuários e outros).

Após as análises espaciais e as verificações locais, concluiu-se que nos horários de pico, principalmente no horário da manhã (entre 6:45h às 8:45h), esta interseção não tem capacidade de atender toda a demanda que a solicita, porém nos demais períodos ao longo do dia os resultados foram satisfatórios e permitem um fluxo corrente.

Além da problemática quanto à trafegabilidade da interseção, também foram identificados problemas de segurança quanto ao traçado desta rotatória, onde os pontos de acesso a este elemento apresentam pontos cegos resultando que, caso não sejam obedecidas as regras de prioridade, a probabilidade de acidentes é alta.

Por fim, outra questão analisada que pode influenciar tanto na trafegabilidade quanto na segurança desta interseção é o desvio de caminhões que ocorre na faixa mais externa da rotatória, desvio este que tem o intuito de direcionar estes veículos para o posto de fiscalização da secretaria de fazenda do Distrito Federal. Este ponto foi citado, pois a circulação de veículos pesados tende a diminuir a capacidade da via e, neste caso em

particular, diversos veículos de passeio utilizam, de forma irregular, o desvio para avançarem o fluxo lento.

## **4.2.POSSÍVEL INTERVENÇÃO**

Analisada a situação atual, foram pensadas possíveis soluções para melhorar o fluxo de carros nesta saída, buscando encontrar uma intervenção economicamente viável e que trouxesse soluções para o caso analisado.

Pensando na economia e no impacto que uma obra de grande porte poderia causar para a região optou-se por não fazer modificações no acesso já existente em Santa Maria, porém uma medida simples que poderia causar como consequência uma melhoria do tráfego seria a segregação de uma faixa exclusiva para o acesso dos caminhões ao posto de fiscalização. Desta forma carretas e caminhões de grande porte não interfeririam na rotatória e por outro lado os carros de passeio não invadiriam a faixa exclusiva para caminhões.

Esta segregação já havia sido adotada na rotatória com a utilização de tachões, porém com o passar do tempo, a circulação de caminhões de grande porte e ações externas, estes sinalizadores foram sendo danificados e conseqüentemente esta faixa ficou desprotegida do acesso de carros de passeio. Verificando esta situação a solução proposta seria a criação de uma faixa exclusiva para os caminhões que irão ter acesso ao posto de fiscalização. Esta faixa ligaria diretamente uma saída da BR-040 sentido Plano Piloto ao posto de fiscalização, não tendo acesso à rotatória. Esta faixa externa seria protegida por meio-fio e teria placas informativas sobre seu uso.

Porém somente esta medida não seria suficiente para modificar o nível de serviço desta interseção. Assim a linha de análise seguiu o pressuposto apresentado, segundo o qual a distribuição da demanda por outro acesso seria testada. Neste caso a distribuição seria realizada na pista AC-118 (via interna de Santa Maria), que ligaria por meio de um viaduto de acesso a BR-040 somente no sentido Plano Piloto. Este acesso à rodovia ocorreria 1,5 km a jusante da saída existente.

Além do viaduto, no ponto de conexão até o cruzamento da BR-040 com a DF-251, numa extensão de aproximadamente 1,5 km, seria realizada a ampliação da pista com a construção de uma terceira faixa de rolamento, para distribuir estas demandas e fornecer uma distância para a acomodação do fluxo.

Por fim, ainda seria implementada a utilização de recursos tecnológicos para gerenciar os acessos, controlando de forma otimizada as saídas e definindo os fluxos de forma a permitir a melhor utilização da capacidade das interseções utilizadas.

### 4.3.METODOLOGIA DE ANÁLISE

Para a realização desta análise, dados volumétricos da região foram pesquisados, levando em conta o fluxo veicular vindo de Valparaíso e a demanda presente no acesso já existente. Além de apresentar a contagem volumétrica, os levantamentos pesquisados deveriam apresentar uma separação dos tipos de veículos presentes, definindo as classes de veículos como leves e pesados para que fossem feitas as devidas ponderações no momento das simulações.

Após pesquisas e solicitações a diferentes órgãos e instituições foram obtidas duas diferentes fontes de dados para as contagens volumétricas, de tal forma que uma complementava os dados da outra.

Os primeiros dados obtidos foram disponibilizados pelo DNIT, que encaminhou a contagem volumétrica de equipamentos de fiscalização eletrônica de velocidade localizados nas proximidades da interseção. Esta contagem apresentava a demanda vinda de Valparaíso em direção ao Plano Piloto e também o fluxo inverso. Porém a demanda saindo do centro de Brasília não foi analisada nas simulações presentes aqui, pois, neste acesso em particular, não há problemas para este fluxo.

Por se tratar de um levantamento automatizado, onde a veracidade já havia sido corroborada pelo próprio Departamento, não foi necessário fazer a contraprova destes dados, tendo assim a contagem volumétrica ao longo do dia na BR-040, no trecho de acesso a Santa Maria, no sentido Valparaíso – Plano na Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Levantamento volumétrico sentido Valparaíso - Plano Piloto

<b>Período</b>	<b>Classe 1 e 2 (considerar leves)</b>	<b>Classe 3 e 4 (considerar Pesados)</b>	<b>UVP</b>
05:00-05:59	1545	25	1570
06:00-06:59	501	32	533
07:00-07:59	812	27	839
08:00-08:59	1377	14	1391
09:00-09:59	1390	17	1407
10:00-10:59	1117	14	1131

<b>Período</b>	<b>Classe 1 e 2 (considerar leves)</b>	<b>Classe 3 e 4 (considerar Pesados)</b>	<b>UVP</b>
11:00-11:59	1040	12	1052
12:00-12:59	1151	14	1165
13:00-13:59	1172	15	1187
14:00-14:59	1036	24	1060
15:00-15:59	929	32	961
16:00-16:59	1010	28	1038
17:00-17:59	1161	18	1179
18:00-18:59	1253	17	1270
19:00-19:59	748	13	761
20:00-20:59	538	12	550
21:00-21:59	473	9	482
22:00-22:59	438	6	444
23:00-23:59	225	6	231
00:00-00:59	99	2	101
01:00-01:59	51	3	54
02:00-02:59	36	2	38
03:00-03:59	57	6	63
04:00-04:59	289	14	303

FONTE: DNIT

Os demais dados obtidos foram disponibilizados pela concessionária responsável pela rodovia, que forneceu um relatório de impacto sobre sistema de tráfego de um empreendimento próximo à interseção existente, Total Ville. Neste relatório foram feitas contagens volumétricas em diferentes pontos da rotatória, como representado na Figura 4.2, sendo apresentados os volumes de tráfego para os três horários de pico durante o dia (manhã – 6:45 as 9:15h; tarde – 11:45 as 14:15h; noite – 16:45 as 19:15h).

Analisando os dados do relatório, foram utilizados, para a realização das simulações, somente os dados do período mais crítico (manhã). Esta escolha foi embasada no fato de se tratar de valores que exigem mais da capacidade da interseção, onde os piores níveis de serviço seriam apresentados, e conseqüentemente expressaria a situação mais problemática da interseção.

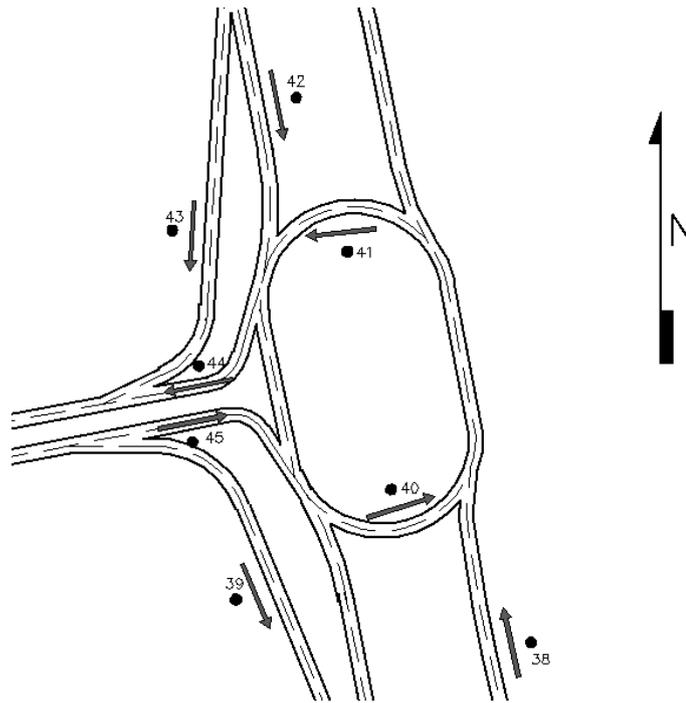


Figura 4.2- Croqui da distribuição dos pontos levantados na interseção

Os dados obtidos desta pesquisa estão apresentados na Tabela 4.2, onde são expressos os volumes obtidos em cada ponto, com a descrição do tipo de veículo, e seus respectivos horários. Porém, mesmo considerando a pesquisa verídica, foi feita uma corroboração dos dados a partir de um levantamento feito em campo, para comparar com os valores e completar os dados restantes.

Tabela 4.2 – Contagem volumétrica da rotatória com passagem elevada livre

Ponto	Tipo	06:45	07:00	07:15	07:30	07:45	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00
		07:00	07:15	07:30	07:45	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15
39	Auto	3	8	10	12	9	30	18	6	22	28
	Ônibus	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	Caminhão	0	0	2	0	0	2	0	0	4	4
	Van	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0
	<b>UVP</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>33,5</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>26</b>	<b>32</b>
42	Auto										
	Ônibus										
	Caminhão										
	Van										
	<b>UVP</b>										
43	Auto	24	22	43	38	53	50	40	41	41	42
	Ônibus	3	0	9	0	3	0	3	6	6	15
	Caminhão	12	2	2	6	4	12	2	10	4	10
	Van	0	3	3	0	0	3	1,5	0	1,5	0
	<b>UVP</b>	<b>39</b>	<b>27</b>	<b>57</b>	<b>44</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>46,5</b>	<b>57</b>	<b>52,5</b>	<b>67</b>
44	Auto	6	8	9	11	10	12	12	9	22	11

Ponto	Tipo	06:45	07:00	07:15	07:30	07:45	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00
		07:00	07:15	07:30	07:45	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15
	Ônibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Caminhão	0	0	2	4	2	4	0	0	2	0
	Van	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>UVP</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>11</b>
<b>45</b>	Auto	48	43	45	52	117	151	116	47	142	138
	Ônibus	51	39	30	18	9	12	12	30	27	36
	Caminhão	0	4	2	4	8	2	8	0	10	6
	Van	1,5	0	0	0	1,5	3	3	0	3	0
	<b>UVP</b>	<b>100,5</b>	<b>86</b>	<b>77</b>	<b>74</b>	<b>135,5</b>	<b>168</b>	<b>139</b>	<b>77</b>	<b>182</b>	<b>180</b>
<b>38</b>	Auto	193	208	251	250	222	167	44	39	37	54
	Ônibus	69	54	30	54	54	42	3	3	3	12
	Caminhão	16	14	18	2	4	8	8	12	34	24
	Van	3	1,5	0	1,5	4,5	1,5	0	0	0	0
	<b>UVP</b>	<b>281</b>	<b>277,5</b>	<b>299</b>	<b>307,5</b>	<b>284,5</b>	<b>218,5</b>	<b>55</b>	<b>54</b>	<b>74</b>	<b>90</b>
<b>40</b>	Auto	287	295	180	215	218	235	160	203	184	146
	Ônibus	153	105	99	54	30	42	42	57	30	36
	Caminhão	2	0	8	4	12	6	18	16	20	8
	Van	3	0	1,5	1,5	1,5	4,5	1,5	1,5	1,5	0
	<b>UVP</b>	<b>445</b>	<b>400</b>	<b>288,5</b>	<b>274,5</b>	<b>261,5</b>	<b>287,5</b>	<b>221,5</b>	<b>277,5</b>	<b>235,5</b>	<b>190</b>
<b>41</b>	Auto	2	5	10	23	25	16	31	35	33	30
	Ônibus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Caminhão	0	0	4	0	2	6	2	0	2	0
	Van	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>UVP</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>33</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>30</b>

FONTE: FARE ARQUITETURA E URBANISMO

Para atualizar estes dados o levantamento em campo foi realizado em uma terça-feira (dia típico) seguindo os horários do levantamento apresentado anteriormente. Porém, devido à falta de pessoal e com o intuito de cobrir todo o horário os levantamentos tiveram duração de 5 minutos em cada ponto, sendo realizadas duas medições por ponto. Desta forma obtiveram-se os valores de acordo com a Tabela 4.3 e a partir destes dados iniciaram-se análises para obter um valor adequado de UCP/h em cada ponto a fim de realizar as simulações no HCS.

Tabela 4.3 – Contagem volumétrica desenvolvida em campo

Ponto	Horário	Auto	Ônibus	Caminhão	Van
<b>38</b>	7:07 - 7:12	68	7	5	
	7:51 - 7:56	35	2		
<b>39</b>	6:35 - 6:40	1			
	7:26 - 7:31				
<b>40</b>	7:07 - 7:12	70	11		1
	7:51 - 7:56	22	1		

Ponto	Horário	Auto	Ônibus	Caminhão	Van
41	7:20 - 7:25	6	1	1	
	7:40 - 7:45	5	2		
42	6:45 - 6:50	32	3		
	7:33 - 7:38	16	3		
43	6:35 - 6:41	28		1	
	7:20 - 7:25	27	1	2	
44	6:45 - 6:50	1	1		
	7:26 - 7:31	8	2		
45	6:55 - 7:00	64		1	1
	7:33 - 7:38	15	2		

Após o levantamento, o primeiro procedimento foi a adequação destes dados para um intervalo equivalente ao apresentado no relatório, desta forma, os valores obtidos foram multiplicados por três e a comparação foi feita nos intervalos que os dados de 5 minutos se enquadravam na pesquisa da FARE (empresa responsável pelo relatório de impacto do empreendimento Total Ville). Esta comparação verificou a diferença destes valores e o percentual em relação ao original foi definido. Assim, tendo dois dados de percentual, foi possível fazer uma regressão linear, baseada no coeficiente mais consistente (Auto), que indicava o acréscimo ou decréscimo do volume para cada ponto e tipo de veículo analisado.

Para o ponto 42, local onde não foram apresentados resultados no relatório da FARE, utilizaram-se os dados obtidos da contagem realizada em campo e multiplicou este valor por três. Já nos demais casos, a nova curva volumétrica ao longo do dia foi obtida a partir da proporção linear com relação a tomada de valores de automóveis, onde foi feita a suposição que se os valores desta proporção acrescida ao valor original for superior ao do relatório da FARE, este valor seria atualizado, caso contrário permaneceria o valor antigo.

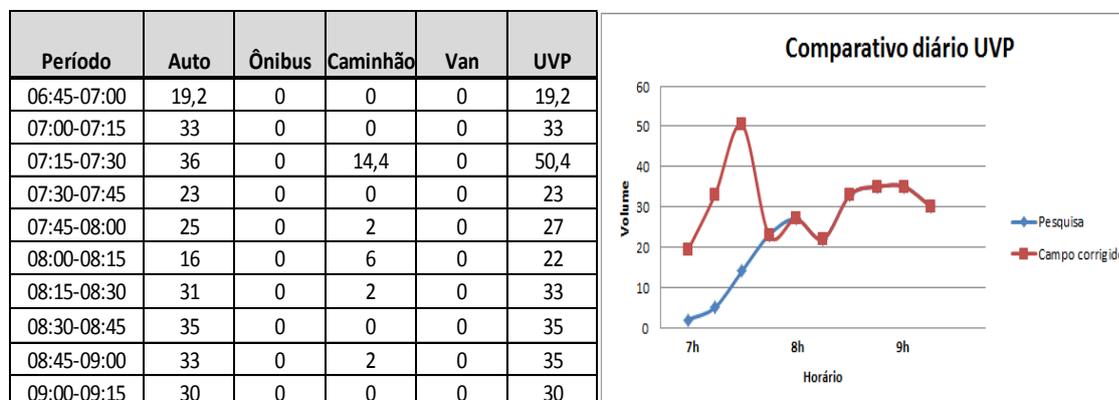


Figura 4.3 – Nova distribuição volumétrica do ponto 41

Definida a nova distribuição volumétrica para cada ponto, o último procedimento de tratamento de dados desta pesquisa foi a definição das unidades de carro de passeio por hora (UCP/h), obtida a partir das combinações de quatro intervalos consecutivos de 15 minutos até definir o intervalo de uma hora com a maior demanda apresentada. Desta forma, obtiveram-se os valores apresentados na Tabela 4.4 que são relativos aos volumes de carros no período de uma hora para cada ponto.

Tabela 4.4 – Volumes de UCP/h definidas para as simulações

<b>Ponto</b>	<b>Período</b>	<b>UCP/h</b>
<b>38</b>	Manhã	1207
	Tarde	512,1
<b>39</b>	Manhã	86,5
	Tarde	210,9
<b>40</b>	Manhã	1408
	Tarde	738,1
<b>41</b>	Manhã	133,4
	Tarde	607,6
<b>42</b>	Manhã	620
	Tarde	108
<b>43</b>	Manhã	352,2
	Tarde	552,1
<b>44</b>	Manhã	452,3
	Tarde	1039
<b>45</b>	Manhã	924,1
	Tarde	545
<b>46<sup>1</sup></b>	Manhã	1570
	Tarde	1270

Com a distribuição estabelecida, iniciaram as simulações no HCS, em que foram feitas as seguintes considerações:

- Desvio dos caminhões que iam para o posto de fiscalização por uma via de acesso externa à rotatória
- Distribuições percentuais na rotatória e no viaduto de acesso, de acordo com a simulação, aplicadas diretamente na contagem volumétrica.
- Quatro rampas, três convergentes e uma divergente, relativas a cada ponto de conflito na rotatória e no acesso à rodovia como na Figura 4.4.
- Simulações realizadas pontualmente, não levando em conta a influência de pontos precedentes.

<sup>1</sup> Ponto acrescentado relativo ao volume circulante na BR 040 sentido Plano Piloto

- Geometria correspondente à existente no local.
- Na rotatória a definição da Freeway levou em conta o maior fluxo e o sentido mais relevante, já na Rampa 4 (Viaduto – BR 040) a freeway foi a própria rodovia.

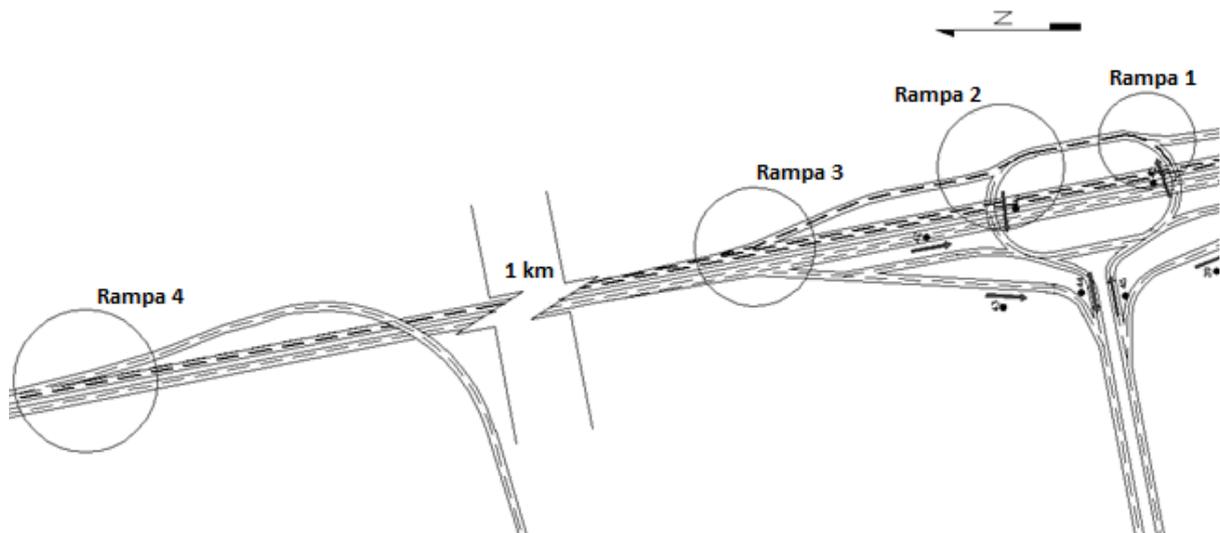


Figura 4.4 – Distribuição dos pontos de análise das simulações

Nas simulações dos pontos escolhidos, optou-se pela utilização do módulo Ramp do HCS-3, pois estes trechos apresentam características que se enquadram na metodologia analisada com esta ferramenta. Uma das limitações deste método é a não inclusão de sinalizações nos pontos conflitantes, criando assim uma diferenciação com a realidade. Porém, pelo fato desta metodologia de análise considerar questões como aproximações de faixa dupla, formação de congestionamento nas rampas, fluxo entrante nas pistas imediatamente após o ponto de análise, determinação da capacidade levando em conta fluxo total, a densidade de fluxo dentro da zona de influência (analisar os conflitos internos das junções) e principalmente as considerações da “freeway”, ela se sobrepôs à análise de rotatórias simples. Desta forma, esta metodologia foi a mais adaptável para o estudo do que as demais formulações.

Para compreender a simulação, o primeiro passo é interpretar a fundamentação matemática em que este método é baseado, identificando as principais variáveis e as restrições de uso. No caso da metodologia de acesso de rampas os principais fatores que interferem no resultado do nível de serviço são os números de faixas da via principal, número de faixas do acesso, volume de tráfego das duas vias, comprimento atuante para a manobra, lado do acesso (convergindo à principal ou divergindo), velocidades e geografia local.

Para a determinação da taxa de fluxo para um determinado movimento, outra variável que tem grande influência no resultado é o fator pico horário, valor correspondente à razão entre o volume horário total e a taxa de fluxo máxima dentro da hora de pico. Nas simulações este valor foi definido de acordo com o volume máximo encontrado no período de 15 minutos.

Segundo a metodologia deste módulo, a análise do nível operacional é feita com a comparação da taxa de fluxo com a capacidade que a interseção suporta. Assim, identificando a taxa que é dada pela Equação 4.1 é feita uma comparação com a capacidade da via na área de interação, levando em conta o número de faixas e a velocidade de acesso.

$$v_i = \frac{V_i}{PHF \cdot f_{HV} \cdot f_p} \quad (4.1)$$

Onde:

$v_i$  = taxa de fluxo em 15 min

$V_i$  = volume horário

PHF = fator pico horário

$f_{HV}$  = fator de ajuste do peso dos veículos

$f_p$  = fator de ajuste da população de motoristas

Para os dois métodos de rampa (convergente e divergente) a definição das taxas de fluxo sofreriam ponderações se os números de faixas fossem superior a quatro. Porém, como em todos os acessos o valor máximo de faixas será 3, logo a relação entre as taxas não sofrerá variações ( $v_{12} = v_f$ ).

Desta forma a determinação da capacidade seria dada pela taxa de fluxo corrigida da via principal ( $v_{12}$ ) somada com a taxa de fluxo da rampa ( $v_R$ ). Tendo assim a capacidade da interseção convergente sendo  $v_{R12} = v_{12} + v_R$  e divergente sendo  $v_{12} = v_R + (v_F - v_R) \cdot PFD$ . Valores aproximados podem ser verificados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Capacidade aproximada de rampas de acesso

Velocidade da rampa em fluxo livre (mi/h)	Capacidade	
	Rampa com faixa simples	Rampa com faixa dupla
>50	2200	4400
>40-50	2100	4100
>30-40	2000	3800
≥20-30	1900	3500
<20	1800	3200

Na determinação do nível de serviço é levada em conta a densidade de carros distribuídos na área de influência, ou seja, a área de atuação tem influência na determinação do nível de serviço. Desta forma, analisando a situação existente em Santa Maria, é possível supor que haja problemas na rotatória uma vez que a área de distribuição dos fluxos é baixa em relação à demanda existente, porém é necessário verificar esta suposição com uma análise numérica, para corroborar a hipótese e testar a solução apresentada.

A densidade para os dois casos é dada pelas equações:

Convergente:

$$D_R = 5,475 + 0,00734 \cdot v_R + 0,0078 \cdot v_{12} - 0,00627 \cdot L_A \quad (4.2)$$

Divergente:

$$D_R = 4,252 + 0,0086 \cdot v_{12} - 0,009 \cdot L_D \quad (4.3)$$

Tabela 4.6 – Valores do nível de serviço em rampas convergentes ou divergentes

Nível de serviço	Densidade
A	≤10
B	>10-20
C	>20-28
D	>28-35
E	>35
F	Demanda excede a capacidade

Feitas as considerações sobre o método utilizado, as simulações foram embasadas nas características de cada ponto, onde a definição da via principal levou em conta o fluxo predominante no período crítico. Já o fator de veículos pesados foi baseado nas demandas volumétricas (retirando os caminhões direcionados para o posto de fiscalização) e as velocidades adotadas foram as mínimas disponíveis no simulador (88 km/h na freeway e 55km/h na rampa). Assim, cada rampa teve as seguintes características:

- Rampa 1 (convergente): O volume do ponto 40 (saindo de Santa Maria) foi considerado referente à freeway (via principal), com percentual de carros pesados de 25%, faixas de aceleração de 0 e 3 metros e volume de acesso da rampa relativo ao ponto 38.

- Rampa 2 (divergente): Os volumes do ponto 40 somado com o do ponto 38 foram considerados como a demanda da freeway, com percentual de carros pesados de 25% na freeway, interseções no mesmo nível e volume de acesso da rampa relativo ao ponto 41 (demanda que entra em Santa Maria).
- Rampa 3 (convergente): O volume do ponto 46 (BR 040) foi considerado como relativo à freeway, com percentual de carros pesados de 2% na freeway e 25% na rampa, grade de 2% na rampa, faixas de aceleração de 100 e 200 metros e a demanda de acesso da rampa é a contribuição do ponto 40, com o ponto 38, subtraído do volume de 41 ( $V(40)+V(38)-V(41)$ ).
- Rampa 4 (convergente): O volume do ponto 46 acrescido da demanda que sai da rotatória no sentido Plano Piloto foi considerado como a demanda da freeway, com percentual de carros pesados de 25%, interseção em nível, faixas de aceleração de 500 e 250 metros e volume de acesso da rampa relativo ao complementar vindo do ponto 40.

Delimitadas as variáveis de cada análise foram feitas simulações com diferentes volumes de tráfego, considerando o primeiro caso a não existência do viaduto de acesso, ou seja, situação atual. Já nas demais simulações consideraram-se as demandas que saem de Santa Maria divididas nos dois acessos (rotatória e viaduto), fazendo análises com uma razão de 25%. Os resultados destas simulações são apresentados no Quadro 4.3, também sendo possível analisar com mais detalhes estes resultados nos relatórios do HCS que seguem em anexo.

Quadro 4.3 – Dados utilizados e resultados do nível de serviço na simulação do HCS

Distribuição		Dados																Simulação				
Rotatória	Viaduto	Ponto 38		ponto 40		ponto 41		ponto 38+40		ponto 38+40-41		ponto 46		rodovia pós balão		nova interseção		Rampa 1 converge	Rampa 2 diverge	Rampa 3 converge	Rampa 4 converge	
		Vol.	UVP	Vol.	UVP	Vol.	UVP	Vol.	UVP	Vol.	UVP	Vol.	PHF	Vol.	PHF	Vol.	UVP				2 faixas	3 faixas
100%	0%	1207	323	1408	445	134	50	2615	768	2490	749	1570	0,9	4060	0,85	0	0	D	D	F	-	-
75%	25%	1169	306	1056	334	134	50	2225	638	2099	619	1570	0,9	3669	0,85	352	42	D	C	F	F	B
50%	50%	1169	306	528	167	134	50	1873	527	1747	508	1570	0,9	3317	0,85	704	167	C	C	D	F	B
25%	75%	1169	306	132	42	134	50	1521	416	1395	397	1570	0,9	2965	0,85	1056	334	B	B	C	F	C
0%	100%	1169	306	0	0	134	50	1169	305	1043	285	1570	0,9	2613	0,85	1408	445	B	B	C	F	C

#### **4.4.RESULTADOS**

Verificados os resultados das simulações e analisando as distribuições sugeridas, é possível perceber uma melhoria nos níveis de serviços da rotatória de acordo com que seu volume é distribuído. Porém, o acúmulo das concentrações contribuintes do balão, acrescidas com a demanda já presente na rodovia geram um aumento do fluxo na BR-040, que se aproxima da capacidade da via, de tal forma que quando há o acréscimo da demanda vinda do viaduto esta situação permanece crítica, sendo necessária a implementação de uma faixa de acomodação para esta demanda na rodovia.

Desta forma, é possível estabelecer uma relação entre a distribuição do volume e a área de dissipação do fluxo entrante na rodovia, onde uma área maior (inclusão de uma terceira faixa) causa grande influência no resultado final do nível de serviço.

Considerando esta análise, juntamente com o pressuposto levantado no início dos estudos é possível perceber que a distribuição das demandas melhora a qualidade de tráfego local, porém impacta quando analisada em pontos mais adiantes do trecho tratado, sendo necessária uma ampliação da via, aumento da capacidade, para que ao menos tenha uma distribuição da demanda no fluxo da freeway.

Tendo estas observações explícitas, é possível perceber que a melhor distribuição para este acesso é na situação com a demanda no viaduto equivalente a 75% e na rotatória com aproximadamente 25%. Diante desta conclusão é possível criar parâmetros de gestão que otimizem a distribuição destas demandas de tal forma que sejam feitas de acordo com os valores ótimos obtidos nesta simulação.

Uma ferramenta identificada que contribui neste gerenciamento é a utilização de recursos tecnológicos como os descritos no capítulo 5 desta monografia, cuja utilização tem como intuito favorecer e orientar a opção do usuário na distribuição dos fluxos propostos.

Uma forma aplicável é a utilização do aplicativo Via-040 pelo usuário, em especial no caso de Santa Maria, onde a visualização em tempo real do fluxo na rodovia permite a identificação das condições de tráfego nos acessos, velocidades praticadas e casos de acidentes nos arredores, que permitam evitar o aumento do congestionamento com a redistribuição da demanda.

O objetivo de integrar o uso dos recursos tecnológicos com a distribuição dos fluxos permite que o controle do acesso seja ainda mais efetivo. Desta forma as interferências serão menores, assim como a influência dos usuários locais com relação aos que estão apenas de passagem pela rodovia, gerando então velocidades regulares, controle do fluxo nos perímetros urbanos e um bom nível de serviço mesmo nestes trechos com alta densidade de tráfego.

## **5- EXPANSÃO DAS SOLUÇÕES**

Ao longo do trajeto rodoviário diversas cidades estão localizadas próximas à BR-040. Para a expansão da solução abordada, a análise dos perímetros urbanos com acessos diretos ou pelo menos situados a pouca distância, complementa a pesquisa do estudo de caso.

Diversos parâmetros podem ser observados ao longo das regiões urbanas em rodovias. Desta forma, buscou-se encontrar outros trechos ao longo da BR-040 que apresentassem baixo nível de serviço, capacidade de tráfego aquém do necessário assim como conflitos urbanos e problemas na relação pedestre x condutor, fatores estes relacionados com o estudo de trafegabilidade em Santa Maria/DF.

A partir da identificação destes pontos é necessário verificar ainda a viabilidade de aplicação da solução proposta nesta monografia. Para os trechos levantados pensando em condições estruturais, sociais e econômicas assim como importância da localidade e sua relação com a rodovia.

O intuito deste capítulo é apresentar a relação entre os perímetros urbanos e rodovias, como localidades onde seja possível aplicar a metodologia proposta no estudo de caso. Além disso, as suas semelhanças com interferências, controle de acessos, condições do fluxo na entrada e também fatores como migração pendular ou conflitos entre usuários de passagem e locais.

Estas análises são apresentadas nos próximos tópicos e visam a ampliação e conformação de um estudo preliminar para casos aproximados, porém tendo em mente a necessidade de uma análise individual para comprovar a semelhança e definir se realmente esta associação é válida.

### **5.1.DEFINIÇÃO DAS LOCALIDADES SIMILARES**

Conforme a solução proposta aborda, na definição da localidade em áreas urbanas os seguintes parâmetros são necessários para a sua aplicabilidade. São eles: Verificar a situação atual, aspectos estruturais, condições de tráfego e fluxo, condições de pavimento, estudo de traçado, condições de retornos, fluxo de pedestres, sinalização e iluminação, reflexo do perímetro urbano na rodovia assim como os outros citados no capítulo 4.

A partir desta análise e verificado problemas, defeitos ou condições semelhantes às encontradas na região de Santa Maria, é possível fundamentar a necessidade de um levantamento de campo para comprovação de tais informações.

Regiões urbanas de acesso à rodovia principalmente na utilização em movimentos pendulares são de interesse para aplicação na continuidade dos estudos aqui presentes. Esta relação de uso da rodovia potencializa o encontro de problemas ou situações parecidas com as vivenciadas em Santa Maria.

Além disso, outros fatores que podem influenciar a questão da trafegabilidade em rodovias em áreas urbanas são os conflitos de veículos com caminhões, acesso único da cidade para a rodovia, postos de fiscalização próximos, horários de pico, condições de retornos e sinalização.

Abordados estes aspectos, a análise destas áreas urbanas com a rodovia permite a aplicação de parte das soluções aqui propostas. Tendo em vista que cada caso é único e particular, a possibilidade de intervenção aqui definida precisa ser adaptada para a região. Com o pressuposto adotado da distribuição do fluxo, outras opções podem surgir para a solução de cada localidade.

A pesquisa dos parâmetros volumétricos compreende parte importante neste estudo de expansão, a partir dela a solução para cada área urbana pode ser mais bem definida no estudo do caso de referência. Desta forma as simulações aqui feitas também devem ser adaptadas para que retornem uma solução esperada ou de interesse ao problema.

A expansão das soluções aqui descrita não tem como interesse citar expressamente regiões de estudo na rodovia BR-040, porém é possível perceber que em regiões metropolitanas estas características apontadas são mais presentes e assim como em cidades de médio porte. Desta forma, a aplicação da proposição apresentada neste estudo pode ser feita para solucionar outros problemas em localidades como estas citadas.

Partindo da premissa deste capítulo além das sugestões para continuidade da pesquisa, uma proposta de utilização de recursos tecnológicos será descrita no tópico seguinte como forma de complementar a solução abordada.

## 5.2.RECURSOS TECNOLÓGICOS

Como integração da solução desenvolvida para o caso da região urbana de Santa Maria/DF, surgiu a ideia de propor um aplicativo para smartphones, tablets ou gadgets com a plataforma Android, iOS e Windows Phone. A partir da utilização de dados de tráfego, fluxo e monitoramento seria possível ajudar os usuários na tomada de decisão para o acesso a rodovia.

A partir das simulações de trafegabilidade, o uso do aplicativo serviria para orientar os usuários em áreas urbanas de forma a atender adequadamente a distribuição proposta. Este tipo de controle manteria o nível de serviço assim como as condições de tráfego ideais para que a solução tivesse ainda mais efeito.

Além disso, o app seria um meio mais ágil e eficiente de conectar a gestão da rodovia com os usuários e propagar estas informações. A partir dos estudos da solução, com o desenvolvimento de um recurso deste tipo, o controle de acesso e monitoramento de tráfego complementar a proposta para rodovias em áreas urbanas.

Com a utilização dos dados de tráfego, distribuição proposta para os horários determinados e monitoramento do fluxo, a Via-040, gestora da rodovia pode enviar alertas, indicar os melhores trechos e orientar os usuários no acesso, saída e durante o trajeto pela Br-040. Não apenas na região de Santa Maria, mas também em outros perímetros e localidades.

Ainda associado ao intuito de expansão das soluções, não somente na orientação em áreas urbanas para os acessos, condições de fluxo e trafegabilidade, o app pode integrar os outros serviços prestados pela Via-040.

Um fato importante a ser citado é a existência de um CCO – Centro de Controle Operacional da Via-040 gestora da rodovia. Este Centro está localizado em Nova Lima, MG, responsável por monitorar e controlar 24h por dia as atividades das equipes da Via 040.

Tendo em mente esta solução tecnológica de gestão, pensou-se em uma proposta para esta ferramenta que está apresentada no anexo A1, onde são descritas as principais funcionalidades e tópicos que contribuiriam para o gerenciamento de localidades similares à estudada e a forma que seria feito este controle.

## 6- CONCLUSÃO

Este trabalho tinha como intuito inicial caracterizar os principais fatores que influenciam no desempenho da BR-040, a fim de obter as ferramentas necessárias para identificar problemas de travessias urbanas e propor soluções para casos similares. Para atingir tal objetivo foram feitas pesquisas bibliográficas relacionadas a questões de trafegabilidade e de segurança, onde se encontraram conceitos, modelagens e metodologias que basearam a proposição apresentada neste relatório.

O levantamento das características da rodovia contribuiu para identificar as principais falhas neste sistema rodoviário, de tal forma que as regiões urbanas lindeiras à BR-040 são pontos característicos de retenção e acidentes, principalmente em regiões metropolitanas, como Brasília e Belo Horizonte. Identificado este comportamento, os estudos direcionam-se para os pontos de acesso de regiões urbanas com a rodovia, onde optou-se pela análise do acesso de Santa Maria / DF à BR-040.

Determinado o ponto de análise, e conhecidos os trabalhos relacionados à trafegabilidade, iniciou-se o estudo do ponto em questão, buscando identificar o motivo pelos baixos níveis de serviço, a característica do fluxo e possíveis alternativas para amenizar os problemas.

Após a verificação de alguns aspectos particulares desta interseção, observou-se que existe somente uma saída desta região para o centro econômico regional (Brasília) e que o outro acesso pela BR-040 é feito se distanciando cerca de 1,5 km da cidade para pegar o sentido desejado. Assim propõe-se que uma abordagem que poderia solucionar os problemas seria a distribuição dos fluxos em acessos distintos e este controle de demandas seria gerido por soluções tecnológicas, como uma central de controle e o uso de aplicativos.

Dada a proposição, a solução apresentada foi a criação de um acesso a jusante do já existente, utilizando um viaduto que liga a cidade de Santa Maria à rodovia no sentido centro. Os estudos iniciaram com o tratamento dos valores de volume, de tal modo que os dados fossem os mais consistentes possíveis, com o intuito de representar a realidade da interseção.

A solução proposta foi embasada em estudos dos quais se concluiu que a distribuição da demanda evitaria ultrapassar a capacidade em certas seções e que esta distribuição

contribuiria para a segurança, pois a diminuição do fluxo torna o local menos propenso a acidentes.

Nas simulações realizadas de acordo com o HCM, os pontos verificados foram tratados como acessos a uma rodovia (freeway), onde as considerações do fluxo, da geometria e das velocidades empregadas foram levadas em consideração. Nestas simulações foram feitos diferentes cenários de demanda, visando obter os melhores níveis de serviço para todos os pontos analisados.

Ao término das simulações os resultados obtidos tiveram melhorias nos níveis operacionais nos pontos da rotatória, porém no acesso criado, somente a distribuição da demanda não foi suficiente para apresentar uma solução desejada, sendo necessária a incorporação de mais uma faixa de rolamento na rodovia para distribuir o fluxo da cidade. Desta forma, concluiu-se que a atual situação da rodovia já caracteriza uma demanda próxima à capacidade desta via, onde a criação de somente uma solução pontual não necessariamente resolveria o problema.

Porém, mesmo analisando os resultados é possível admitir que a distribuição dos fluxos é uma boa alternativa, desde que controlada, pois o excesso desta metodologia (mais de dois acessos) não necessariamente seja uma boa solução. Adicionalmente a distribuição, outro fator que pode contribuir para a melhoria do nível de serviço é a utilização de recursos tecnológicos que auxiliam na distribuição do fluxo mais recomendado.

Tendo em vista que este projeto buscou analisar um trecho específico da BR-040, recomenda-se que sejam feitos estudos em outros pontos, a fim de corroborar a proposição nesta pesquisa e ainda expandir a caracterização ao longo da correspondente rodovia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amin, J.C. Eficácia da restrição de velocidade e outras ações na prevenção de acidentes em travessias urbanas de rodovias. 2012. 132 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo. São Carlos, 2012;
- Andrade, G. R. de. Capacidade e relação fluxo-velocidade em autoestradas e rodovias de pista dupla paulistas. 144 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012;
- ANTT. Contrato de concessão. Edital nº 006/2013 Parte VII. Rodovia Federal: BR-040: trecho Brasília - DF – Juiz de Fora – MG;
- ANTT. ANEXO 2. Programa de exploração da rodovia (PER). Br-4-/DF/GO/MG: Trecho Brasília/DF – Juiz de Fora/MG. Edital de concessão nº 006/2013;
- Basso, J.A., Estabelecimento de limites de velocidade em rodovias no Rio Grande do Sul. 2008. 167 p. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008;
- Bessa Júnior, J.E. Caracterização do fluxo de tráfego em rodovias de pista simples do estado de São Paulo. 2009. 134p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo. São Carlos, 2009;
- Branco, A.M., 1931 - Segurança rodoviária – São Paulo: Editora CL-A 1999;
- Demarchi, S.H., Análise de capacidade e nível de serviço de rodovias de pista simples. Universidade Estadual de Maringá;
- Departamento Nacional De Estradas De Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais - 1999. Rio de Janeiro, 1999. 195 p;
- FARE Arquitetura E Urbanismo. Relatório de impacto sobre o sistema de tráfego do empreendimento Total Ville - 2014. Brasília, 2014. 208 p;
- Fitzpatrick, K, Carlson,P., Brewer, M.A., Wooldridge,M.D., Miaou, S.P. (2003).Desing Speed, Operating Speed, and Posted Speed Practeces. NCHRP Report 504. Transportation Research Board, Washington, D.C;
- Gonçalves, A.B. Estudo da Velocidade Operacional dos Veículos em Trechos Viários de Rodovias de Pista Simples, Publicação T.DM-005ª/2011, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 118p;
- Lee, S. H.. Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias. 4ª Edição. Florianópolis. Editora da UFSC, 2013;

- Padula, F.R.G. Contribuição à análise de especificações de componentes de rodovias e melhoria de qualidade de viagens. São Carlos. 2012. 126 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo;
- Ribeiro, A.L. Método de análise de projetos viários para melhoria da segurança de pedestres e ciclistas em rodovias concessionárias paulistas. – ed.rev. – São Paulo 2012. 333 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes;
- Schopf, A.R., 2006. Proposição de uma lista de verificação para revisão de segurança viária de rodovias. 167 p. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006;
- Silveira, M.T. 2009. Avaliação econômica dos riscos de acidentes de trânsito em rodovias federais. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentos, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 138 p.

## **ANEXOS**

## **A1. PROPOSTA PARA O APLICATIVO VIA-040**

O aplicativo nomeado de Via-040 é um recurso tecnológico que possui diversas funcionalidades, todas intuitivas e de fácil utilização. Além da aplicabilidade citada para o controle e auxílio aos usuários outras funções aliadas aos serviços da rodovia estão presentes.

A definição das funções do aplicativo nasceu a partir da solução proposta e estudo dos serviços prestados pela concessionária juntamente com inovações tecnológicas disponíveis. Um sistema de GPS (Sistema de posicionamento global) deve ser integrado com o mapa do trajeto total e deve estar disponível 24h por dia.

O aplicativo divide-se em algumas telas onde ao clicar para entrar no app, o usuário tem acesso ao Menu de inicialização e mapa da rodovia BR-040. Com o Menu do sistema os usuários possuem acesso as diversas funções do app e informações diretas sobre a rodovia.

Na visualização direta do mapa da rodovia eles podem acessar apenas o trajeto e os alertas disponíveis pela Via-040, o que já se torna uma ferramenta para orientar ao acesso a BR-040 a partir da visualização do tráfego.

Então, com o recurso de geolocalização, a plataforma destaca a rodovia controlada, o que permite também consulta sobre tarifa de pedágio, atualizações de tráfego, localização dos postos de atendimento, além dos serviços oferecidos.

As informações são fornecidas pelo CCO que transmite os dados diretamente para a plataforma online. Além do mapa, o usuário terá acesso às câmeras instaladas no trajeto, permitindo o acompanhamento da fluidez do trecho monitorado. O objetivo é aumentar os canais de comunicação com os usuários para que eles possam planejar as viagens sem tantos imprevistos.

Este fator associa os usuários de movimentos pendulares e permite a escolha do melhor acesso, horário e verificação do tráfego da rodovia. De acordo com a distribuição de fluxo proposta ele possui meios de escolher e programar o deslocamento para atender suas necessidades. A seguir são descritas as suas funcionalidades e como elas se integram ao sistema.

- **Definição das funcionalidades e especificação**

Descrição do Menu:

O *Menu* do aplicativo é a porta de entrada ao sistema, ao clicar no ícone do app, os usuários tem acesso a tela do Menu onde é possível selecionar a função desejada. As funções são apresentadas em pequenos ícones, são eles:

- Cadastro
- Mapa da rodovia
- Alertas (Indicação de acesso, Obras, intervenções na rodovia, problemas...)

Uma observação importante, antes de realizar o cadastro apenas o três ícones anteriores estarão disponíveis na tela inicial do *app*. As outras funções aparecem no *Menu* após o cadastro, são elas :

- Tempo de viagem; (Cadastre sua rota)
- Pedágios (com o sistema Pague aqui);
- Tráfego;
- Clima;
- Dicas de viagem; (Informações de segurança, postos de gasolina, restaurantes, lanchonetes, hotéis...)
- Serviços: Ao clicar neste ícone o usuário entra em uma tela com as seguintes opções:
  - Postos de atendimento; (Postos de polícia e os da Via-040 para atendimento aos usuários)
  - SOS Mecânico;
  - SOS Médico;
  - Apreensão de animais;
  - Combate à Incêndio;
  - Câmeras; (Não disponível em movimento)
  - Ouvidoria; (Não disponível em movimento, apenas passageiro)
- Balança (Disponível apenas para caminhoneiros)
- Monitoramento (Disponível para cadastro especial)

#### Descrição das funcionalidades:

**Cadastro** – Com a opção cadastro, os usuários realizam o registro de dados básicos como número de telefone, e-mail, nome de login e senha pessoal. A partir deste é permitido o acesso a outras funcionalidades do *app*. Na opção do cadastro ainda é possível obter acesso a outros serviços especiais como, por exemplo, para o transporte de cargas é possível realizar um controle e monitoramento do veículo a partir do registro do mesmo com placa, identificação do condutor e veículo, trajeto percorrido e acompanhamento da viagem. Também é possível disponibilizar um seguro viagem e acesso privilegiado a serviços da

rodovia, pedágios, programação de viagem entre outros dependendo do tipo de cadastro efetuado.

**Mapa da rodovia** – A partir de recursos de geolocalização, com uso de sistema de posicionamento global (GPS) é disponibilizado o mapa completo da rodovia para consulta de informações e serviços. Com o uso das outras funcionalidades, o mapa é customizável para que mostre os itens de interesse conforme descritos no corpo do texto. Os alertas emitidos pela Via-040 estão disponíveis para todos os usuários do aplicativo e são também sinalizados a medida que o condutor se aproxime durante o trajeto da rodovia.

**Alertas** – A Via-040 emitirá alertas com informações importantes para os usuários como serviços de obras e intervenções no trajeto da rodovia, indicações de acesso na distribuição do fluxo, acidentes, trechos engarrafados, pista de rolamento com algum problema (derramamento de areia, sujeiras, combustível ou que possam interferir na velocidade diretriz da condução), queimadas, clima entre outros que sejam relevantes de forma a comunicar tais fatos em tempo real e melhorar o planejamento de viagem. Uma opção interessante é que os próprios condutores podem emitir os alertas para avisar, monitorar e enviar a localização exata como, por exemplo, de acidentes, situações de risco, problemas de sinalização, problemas no asfalto ou para promover socorro imediato, queimadas, avisar sobre animais na pista, problemas de tráfego entre outros. Ainda nesta interação o usuário pode encaminhar fotos diretamente para a Via-040 relacionadas a situação da rodovia e tipo do alerta. O alerta feito por determinado usuário só estará disponível para os outros após a avaliação da Via-040.

**Tempo de viagem** – Neste módulo os usuários tem a opção do Cadastre sua rota com a qual podem ao programar a viagem, registrar a data do percurso, obter informações sobre a distância a ser percorrida com a inclusão do trecho de início e fim além do tempo médio de viagem e informações sobre o clima previsto durante o trajeto. As informações de rota permitem ao *app* calcular a distância total a ser percorrida, previsão de chegada e avisar sobre velocidades limite na Rodovia.

**Pedágios** - Com o cadastro efetuado, o condutor pode selecionar a opção para demonstrar no mapa todos os pedágios de sua rota assim como ter conhecimento das tarifas praticadas. Com a opção selecionada, automaticamente os pedágios passam a fazer parte do mapa. Alertas de proximidade também são feitos pelo *app*. Existe ainda a opção para o pagamento prévio de todos os pedágios por via eletrônica com segurança no sistema Pague Aqui. Esta opção permite obtenção de descontos para condutores frequentes e uso do aplicativo, a plataforma online também estará disponível para o pagamento prévio. Com o uso de aplicativo ele recebe um código Qr Code no dispositivo seja *smartphone* ou *tablet* e pode passar com mais

agilidade pelo leitor em baía específica no terminal de pedágio. Em outra etapa pode ser possível implementar o uso de leitura dinâmica via câmeras, o que permitiria não parar nos pedágios ao utilizar uma faixa exclusiva para os condutores que já realizaram o pagamento. Já existe este tipo de tecnologia em operação em outras localidades, o que facilita o tráfego e diminui os pontos de retenção comuns nas passagens do pedágio. Prevendo situações como falta de bateria, perda do aparelho ou adversidades, os condutores que já tiverem efetuado o pagamento pelo sistema podem passar pelo pedágio normalmente apenas informando algum dado cadastral e a pessoa responsável na baía realiza a liberação do veículo no pedágio.

**Tráfego** – No módulo do tráfego o condutor pode consultar no mapa como está o tráfego atual, automaticamente ao trafegar na rodovia, o mapa começa a mostrar o tráfego de acordo com a legenda proposta, como por exemplo, linhas vermelhas para tráfego intenso, linhas verdes para tráfego normal, linhas amarelas para situações de atenção. O módulo também permite a visualização de velocidades para as situações de tráfego intenso ou com retenções similares ao aplicativo *Waze*®. Deixando claro que ao clicar no ícone o usuário tem acesso as informações da legenda e como funciona o módulo do tráfego. As atualizações no mapa são automáticas. Este módulo está integrado no mapa com a solução proposta. No caso da distribuição de acessos o *app* alerta os usuários qual o melhor para entrada na rodovia.

**Clima** – Módulo simples que permite a consulta de previsão climática no trajeto da rodovia, incidência de chuvas e informações relativas ao clima. O módulo informa também a temperatura atual.

**Dicas de viagem** – O módulo permite ao condutor ter acesso a informações sobre segurança e conforto na viagem, tanto para o veículo como para condução. Além de selecionar opções para consultar postos de gasolina, hotéis, restaurantes, lanchonetes, dicas de passeios turísticos nas cidades que a rodovia passa entre outras. Este módulo permite o cadastro dos comerciantes para realização de propagandas no *app* e no site da Via-040. Caso o usuário selecione um dos itens como postos de gasolina o mapa é atualizado com indicação de tal ponto e um alerta com sua proximidade.

**Serviços** - Ao clicar neste ícone o usuário entra em uma tela com as seguintes opções, em cada módulo são descritos os serviços referentes:

- Postos de atendimento: São apresentados os postos de atendimento da Via-040 e os serviços disponíveis em cada posto, além disso, os postos da PRF e ANTT também podem ser acessados. Existe a opção para mostrar no mapa.

- SOS Mecânico: Neste módulo é possível conhecer os serviços disponíveis de mecânico e solicitar a partir de geolocalização ou pelo telefone da concessionária diretamente.

- SOS Médico: Neste módulo é possível conhecer os serviços de atendimento médico disponível e solicitar a partir de geolocalização ou pelo telefone da concessionária diretamente.

- Apreensão de animais: Serviço disponível no qual a partir dos alertas das equipes de inspeção rodoviária e dos enviados pelos usuários é possível identificar a presença de animais na pista. Estão à disposição dos usuários 6 caminhões especialmente adaptados para o resgate de animais na pista, como equinos e bovinos.

- Combate à Incêndio: Os usuários tomam conhecimento do serviço no qual a BR-040 tem à disposição 6 caminhões-pipa, com capacidade de armazenar no mínimo 6 mil litros de água, para dar apoio às equipes do Corpo de Bombeiros acionadas para combater incêndios às margens da rodovia. Os equipamentos são essenciais para proporcionar mais segurança aos usuários, uma vez que a fumaça na pista é um fator de alto risco para o tráfego.

- Câmeras; (Não disponível em movimento): Os usuários tem a possibilidade acessar as câmeras da rodovia disponíveis pela Via-040, também pelo site da Concessionária de acordo com a viabilidade do serviço.

- Ouvidoria; (Não disponível em movimento, apenas passageiro): Serviço de contato com a Via-040 para informar sobre condução perigosa de outros veículos na rodovia, relatar reclamações entre outros casos, é o canal disponível com a Via-040.

**Balança** - Opção para os usuários para mostrar no mapa as balanças disponíveis, tipos de serviço e condições de uso assim como os critérios ao passar pela Balança. (Disponível apenas para caminhoneiros).

**Monitoramento** - Aplicável a caminhões ou outros veículos com cargas especiais, seja de grande valor ou peso. Monitoramento por GPS do veículo, trajeto e acompanhamento, de forma a gerar mais segurança no trecho adotado. Oferecimento de serviço de seguro-viagem além de assistência especializada. (Disponível para cadastro especial).

Para concluir, todas as funcionalidades e serviços descritos anteriormente somente terão efetividade se forem controlados por uma central da Via-040. Esta troca de informações precisa de recursos, local de trabalho disponível, equipe treinada e especializada além de investimentos em atualizações, controle e operação da rodovia.

Uma dificuldade que pode ser encontrada é no processo de troca de informações entre usuários e a Via-040, dependendo do local e conexão com internet, o que deixa espaço para outra aplicação, a disponibilidade de redes de acesso durante o trajeto (Já prevista no PER) ou pontos telefônicos para contato direto.

## A2. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA NA RAMPA 1

### MERGE ANALYSIS

Location: Santa Maria  
 Analysis: Distribuição 100% rotatória  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis	Merge		
Freeway Data:			
Number of Lanes in Freeway	2		
Free-Flow Speed on Freeway	55.0	mph	
Volume on Freeway	1408	vph	
On Ramp Data:			
Side of Freeway	Right		
Number of Lanes in Ramp	2		
Free-Flow Speed on Ramp	35.0	mph	
Volume on Ramp	1207	vph	
Length of First Accel/Decel Lane	0	ft	
Length of Second Accel/Decel Lane	9	ft	
Adjacent Ramp Data if one exists:			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on Adjacent Ramp		vph	
Position of Adjacent Ramp			
Type of Adjacent Ramp			
Distance to Adjacent Ramp		ft	

### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Grade	Level
Grade	%	-1.00 %	%
Length	mi	0.06 mi	mi
Volume, V (vph)	1408	1207	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.79	0.93	
Peak 15-min Volume, v15	446	324	v
Trucks and Buses	25	25	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0	2.0	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.800	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	2228	1622	pcph

### ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{12} = v_{12} \left( \frac{P}{F} \right) = 2228 \text{ pcph}$$

#### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	3850	4500	No
FO			
v	3850	4600	No
R12			

#### Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{12} - 0.00627 \frac{L}{A} = 35-$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence D  
 Speed in Ramp Influence Area, S = 48.5 mph

### A3. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA NA RAMPA 2

#### DIVERGE ANALYSIS

Location: S.M,, saída balão - acesso cid  
 Analysis: Distribuição 100% na rotatória  
 Analysis Time Period:  
 Date Performed: 20/05/2015

#### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis	Diverge	
Freeway Data:		
Number of Lanes in Freeway	2	
Free-Flow Speed on Freeway	55.0	mph
Volume on Freeway	2615	vph
Off Ramp Data:		
Side of Freeway	Left	
Number of Lanes in Ramp	2	
Free-Flow Speed on Ramp	35.0	mph
Volume on Ramp	133	vph
Length of First Accel/Decel Lane	150	ft
Length of Second Accel/Decel Lane	150	ft
Adjacent Ramp Data if one exists:		
Does adjacent ramp exist?	No	
Volume on Adjacent Ramp	0	vph
Position of Adjacent Ramp	Upstream	
Type of Adjacent Ramp	On	
Distance to Adjacent Ramp	1000	ft

#### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Length	0.00 mi	0.00 mi	0.00 mi
Volume, V (vph)	2615	133	0 vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.85	0.67	
Peak 15-min Volume, v15	769	50	v
Trucks and Buses	25	0	0 %
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	1.5	1.5
Recreational Vehicles	0	0	0 %
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	1.2
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	1.000	1.000
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	1.00
Service Flow Rate, vp	3845	200	pcph

#### ANALYSIS and RESULTS of DIVERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:

Proportion of Freeway Vehicles

in Lanes 1 and 2,  $P = 1.000$  Using Equation 6

Flow in Lanes 1 and 2,  $v_{12} = v_R + (v_F - v_R) P = 3845$  pcph

Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
$v_{12} = v_R$	3845	4500	No
$v_{12} = v_F$	3845	4400	No
$v_{12} = v_F - v_R$	3645	4500	No
$v_R$	200	3800	No

Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 4.252 + 0.0086 v_{12} - 0.009 L_D = +$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence  
 Speed in Ramp Influence Area,  $S_R = 49$  mph

## A4. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA NA RAMPA 3

### MERGE ANALYSIS

Location: Santa Maria  
 Analysis: Distribuição 100% rotatória  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis	Merge		
Freeway Data:			
Number of Lanes in Freeway	2		
Free-Flow Speed on Freeway	55.0	mph	
Volume on Freeway	1570	vph	
On Ramp Data:			
Side of Freeway	Right		
Number of Lanes in Ramp	2		
Free-Flow Speed on Ramp	35.0	mph	
Volume on Ramp	2490	vph	
Length of First Accel/Decel Lane	300	ft	
Length of Second Accel/Decel Lane	300	ft	
Adjacent Ramp Data if one exists:			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on Adjacent Ramp		vph	
Position of Adjacent Ramp			
Type of Adjacent Ramp			
Distance to Adjacent Ramp		ft	

### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
	Level	Level	Level
Terrain Type			
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	1570	2490	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.90	0.83	
Peak 15-min Volume, v15	436	750	v
Trucks and Buses	2	25	%
Trucks and Buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.990	0.889	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	1761	3376	pcph

### ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{12} = v_F \left( \frac{P}{FM} \right) = 1761 \text{ pcph}$$

#### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	5137	4500	Yes
FO			
v	5137	4600	Yes
R12			

#### Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 5.475 + 0.00734 v_R + 0.0078 v_{12} - 0.00627 L_A = 38+ \text{ pc/mi/ln}$

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence F  
 Speed in Ramp Influence Area, S = 43.0 mph

# A5. RELATÓRIO DO HCS PARA 75% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 25% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMP A 1

## MERGE ANALYSIS

Location: Santa Maria  
 Analysis: Distribuição 75% rotatória e 25% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

## FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 2  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 1056 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 1169 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 0 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 9 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

## VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Grade	Level
Grade	%	-1.00 %	%
Length	mi	0.06 mi	mi
Volume, V (vph)	1056	1169	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.79	0.96	
Peak 15-min Volume, v15	334	304	v
Trucks and Buses	25	25	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0	2.0	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.800	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	1671	1522	pcph

## ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{FM} = v_{12} (P) = 1671 \text{ pcph}$$

### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	3193	4500	No
FO			
v	3193	4600	No
R12			

Level of Service Operation (if not LOS F):  
 Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A} = 30-$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence D  
 Speed in Ramp Influence Area, S 49.6 mph

## A6. RELATÓRIO DO HCS PARA 75% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 25% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 2

### DIVERGE ANALYSIS

Location: S.M., saída balão - acesso cid  
 Analysis: Distribuição 75% na rotatória e 25% no viaduto  
 Analysis Time Period:  
 Date Performed: 20/05/2015

### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis: Diverge

Freeway Data:

Number of Lanes in Freeway	2	
Free-Flow Speed on Freeway	55.0	mph
Volume on Freeway	2225	vph

Off Ramp Data:

Side of Freeway	Left	
Number of Lanes in Ramp	2	
Free-Flow Speed on Ramp	35.0	mph
Volume on Ramp	133	vph
Length of First Accel/Decel Lane	150	ft
Length of Second Accel/Decel Lane	150	ft

Adjacent Ramp Data if one exists:

Does adjacent ramp exist?	No	
Volume on Adjacent Ramp	0	vph
Position of Adjacent Ramp	Upstream	
Type of Adjacent Ramp	On	
Distance to Adjacent Ramp	1000	ft

### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp	
Terrain Type	Level	Level	Level	
Grade	0.00 %	0.00 %	0.00 %	
Length	0.00 mi	0.00 mi	0.00 mi	
Volume, V (vph)	2225	133	0	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.87	0.67		
Peak 15-min Volume, v15	639	50		v
Trucks and Buses	25	0	0	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	1.5	1.5	
Recreational Vehicles	0	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	1.000	1.000	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	3197	200		pcph

### ANALYSIS and RESULTS of DIVERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:

Proportion of Freeway Vehicles

in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 6

FD

Flow in Lanes 1 and 2,  $v = v + (v - v) P = 3197$  pcph

12 R F R FD

Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
$v = v$	3197	4500	No
$F_i F$			
$v$	3197	4400	No
12			
$v = v - v$	2997	4500	No
$F_O F R$			
$v$	200	3800	No
R			

Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 4.252 + 0.0086 v - 0.009 L = -$  pc/mi/ln

R 12 D

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence C

Speed in Ramp Influence Area, S 49 mph

R

# A7. RELATÓRIO DO HCS PARA 75% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 25% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 3

## MERGE ANALYSIS

Location: Santa Maria  
 Analysis: Distribuição 75% rotatória e 25% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

## FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 2  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 1570 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 2099 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 300 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 300 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

## VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	1570	2099	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.90	0.85	
Peak 15-min Volume, v15	436	617	v
Trucks and Buses	2	25	%
Trucks and Buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.990	0.889	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	1761	2778	pcph

## ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{12} = v_{12} \left( \frac{P}{F} \right) = 1761 \text{ pcph}$$

### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	4539	4500	Yes
FO			
v	4539	4600	No
R12			

Level of Service Operation (if not LOS F):  
 Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A} = 34-$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence F  
 Speed in Ramp Influence Area, S = 46.9 mph

## A8. RELATÓRIO DO HCS PARA 75% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 25% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMP 4 (2 FAIXAS NA FREEWAY)

### MERGE ANALYSIS

Location: Interseção da alça  
 Analysis: Distribuição 75% rotatória e 25% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 2  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 3669 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 352 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 750 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 750 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	3669	352	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.85	1.00	
Peak 15-min Volume, v15	1079	88	v
Trucks and Buses	25	5	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	2.0*	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.952	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	5396	370	pcph

### ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{12} = v_{FM} (P) = 5396 \text{ pcph}$$

#### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	5766	4500	Yes
FO			
v	5766	4600	Yes
R12			

#### Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A} = 36+$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence F  
 Speed in Ramp Influence Area, S 36.7 mph

## A9. RELATÓRIO DO HCS PARA 75% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 25% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (3 FAIXAS NA FREEWAY)

### MERGE ANALYSIS

Location: Interseção da alça  
 Analysis: Distribuição 75% rotatória e 25% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 3  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 3669 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 352 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 750 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 750 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	3669	352	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.85	1.00	
Peak 15-min Volume, v15	1079	88	v
Trucks and Buses	25	5	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	2.0*	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.952	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	5396	370	pcph

### ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 0.555 Using Equation Spec  

$$F_M = v_{12} (P) = 2995 \text{ pcph}$$

#### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	5766	6750	No
FO			
v	3365	4600	No
R12			

#### Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A} = 17+$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence B  
 Speed in Ramp Influence Area, S 51.4 mph

# A10. RELATÓRIO DO HCS PARA 50% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 50% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 1

## MERGE ANALYSIS

Location: Santa Maria  
 Analysis: Distribuição 50% rotatória e 50% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

## FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 2  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 528 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 1169 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 0 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 9 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

## VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Grade	Level
Grade	%	-1.00 %	%
Length	mi	0.06 mi	mi
Volume, V (vph)	528	1169	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.79	0.96	
Peak 15-min Volume, v15	167	304	v
Trucks and Buses	25	25	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0	2.0	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.800	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	835	1522	pcph

## ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{FM} = v_{R12} (P) = 835 \text{ pcph}$$

### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	2357	4500	No
FO			
v	2357	4600	No
R12			

Level of Service Operation (if not LOS F):  
 Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A} = 23+$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence C  
 Speed in Ramp Influence Area, S 50.3 mph

# A11. RELATÓRIO DO HCS PARA 50% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 50% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 2

DIVERGE ANALYSIS

---

Location: S.M,, saída balão - acesso cid  
 Analysis: Distribuição 50% na rotatória e 50% no viaduto  
 Analysis Time Period:  
 Date Performed: 20/05/2015

FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS			
Type of Analysis	Diverge		
Freeway Data:			
Number of Lanes in Freeway	2		
Free-Flow Speed on Freeway	55.0	mph	
Volume on Freeway	1873	vph	
Off Ramp Data:			
Side of Freeway	Left		
Number of Lanes in Ramp	2		
Free-Flow Speed on Ramp	35.0	mph	
Volume on Ramp	133	vph	
Length of First Accel/Decel Lane	150	ft	
Length of Second Accel/Decel Lane	150	ft	
Adjacent Ramp Data if one exists:			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on Adjacent Ramp	0	vph	
Position of Adjacent Ramp	Upstream		
Type of Adjacent Ramp	On		
Distance to Adjacent Ramp	1000	ft	

Junction Components	VOLUME ADJUSTMENT		
	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Length	0.00 mi	0.00 mi	0.00 mi
Volume, V (vph)	1873	133	0 vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.89	0.67	
Peak 15-min Volume, v15	526	50	v
Trucks and Buses	25	0	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	1.5	1.5
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	1.2
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	1.000	1.000
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	1.00
Service Flow Rate, vp	2631	200	pcph

ANALYSIS and RESULTS of DIVERGE AREAS

---

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:

Proportion of Freeway Vehicles in Lanes 1 and 2,  $P = 1.000$  Using Equation 6

$$Flow\ in\ Lanes\ 1\ and\ 2,\ v_{12} = v_F + (v_R - v_F) P = 2631\ pcph$$

Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
$v_{12} = v_F$	2631	4500	No
$v_{12} = v_F - v_R$	2631	4400	No
$v_R = v_F - v_R$	2431	4500	No
$v_R$	200	3800	No

Level of Service Operation (if not LOS F):

$$Density,\ D = 4.252 + 0.0086 v_{12} - 0.009 L = -\ pc/mi/ln$$

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence C  
 Speed in Ramp Influence Area, S 49 mph

R

## A12. RELATÓRIO DO HCS PARA 50% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 50% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 3

### MERGE ANALYSIS

Location: Santa Maria  
 Analysis: Distribuição 50% rotatória e 50% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 2  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 1570 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 1747 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 300 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 300 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	1570	1747	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.90	0.86	
Peak 15-min Volume, v15	436	508	v
Trucks and Buses	2	25	%
Trucks and Buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.990	0.889	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	1761	2285	pcph

### ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{12} = v_{12} \left( \frac{P}{F} \right) = 1761 \text{ pcph}$$

#### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	4046	4500	No
FO			
v	4046	4600	No
R12			

Level of Service Operation (if not LOS F):  
 Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A} = 30+$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence D  
 Speed in Ramp Influence Area, S 48.7 mph

# A13. RELATÓRIO DO HCS PARA 50% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 50% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (2 FAIXAS NA FREEWAY)

## MERGE ANALYSIS

Location: Interseção da alça  
 Analysis: Distribuição 50% rotatória e 50% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis	Merge	
Freeway Data:		
Number of Lanes in Freeway	2	
Free-Flow Speed on Freeway	55.0	mph
Volume on Freeway	3317	vph
On Ramp Data:		
Side of Freeway	Right	
Number of Lanes in Ramp	2	
Free-Flow Speed on Ramp	35.0	mph
Volume on Ramp	704	vph
Length of First Accel/Decel Lane	750	ft
Length of Second Accel/Decel Lane	750	ft
Adjacent Ramp Data if one exists:		
Does adjacent ramp exist?	No	
Volume on Adjacent Ramp		vph
Position of Adjacent Ramp		
Type of Adjacent Ramp		
Distance to Adjacent Ramp		ft

### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	3317	704	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.85	1.00	
Peak 15-min Volume, v15	976	176	v
Trucks and Buses	25	5	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	2.0*	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.952	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	4878	739	pcph

### ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{12} = v_{12} \left( \frac{P}{F} \right) = 4878 \text{ pcph}$$

#### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	5617	4500	Yes
FO			
v	5617	4600	Yes
R12			

#### Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A} = 35-$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence F  
 Speed in Ramp Influence Area, S = 38.9 mph

# A14. RELATÓRIO DO HCS PARA 50% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 50% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (3 FAIXAS NA FREEWAY)

## MERGE ANALYSIS

Location: Interseção da alça  
 Analysis: Distribuição 50% rotatória e 50% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

## FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 3  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 3317 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 704 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 750 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 750 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

## VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	3317	704	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.85	1.00	
Peak 15-min Volume, v15	976	176	v
Trucks and Buses	25	5	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	2.0*	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.952	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	4878	739	pcph

## ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 0.555 Using Equation Spec  

$$v_{FM} = v_{12} (P) = 2707 \text{ pcph}$$

### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	5617	6750	No
FO			
v	3446	4600	No
R12			

Level of Service Operation (if not LOS F):  
 Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A} = 18-$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence B  
 Speed in Ramp Influence Area, S 51.3 mph

# A15. RELATÓRIO DO HCS PARA 25% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 75% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 1

## MERGE ANALYSIS

Location: Santa Maria  
 Analysis: Distribuição 25% rotatória e 75% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

## FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 2  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 132 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 1169 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 0 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 9 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

## VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Grade	Level
Grade	%	-1.00 %	%
Length	mi	0.06 mi	mi
Volume, V (vph)	132	1169	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.79	0.96	
Peak 15-min Volume, v15	42	304	v
Trucks and Buses	25	25	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0	2.0	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.800	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	209	1522	pcph

## ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{FM} = v_{12} (P) = 209 \text{ pcph}$$

### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	1731	4500	No
FO			
v	1731	4600	No
R12			

Level of Service Operation (if not LOS F):  
 Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A} = 18+$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence B  
 Speed in Ramp Influence Area, S 50.5 mph

## A16. RELATÓRIO DO HCS PARA 25% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 75% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 2

DIVERGE ANALYSIS

---

Location: S.M,, saída balão - acesso cid  
 Análisi: Distribuição 25% na rotatória e 75% no viaduto  
 Analysis Time Period:  
 Date Performed: 20/05/2015

FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS			
Type of Analysis	Diverge		
Freeway Data:			
Number of Lanes in Freeway	2		
Free-Flow Speed on Freeway	55.0	mph	
Volume on Freeway	1521	vph	
Off Ramp Data:			
Side of Freeway	Left		
Number of Lanes in Ramp	2		
Free-Flow Speed on Ramp	35.0	mph	
Volume on Ramp	133	vph	
Length of First Accel/Decel Lane	150	ft	
Length of Second Accel/Decel Lane	150	ft	
Adjacent Ramp Data if one exists:			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on Adjacent Ramp	0	vph	
Position of Adjacent Ramp	Upstream		
Type of Adjacent Ramp	On		
Distance to Adjacent Ramp	1000	ft	

Junction Components	VOLUME ADJUSTMENT		
	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Length	0.00 mi	0.00 mi	0.00 mi
Volume, V (vph)	1521	133	0 vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.91	0.67	
Peak 15-min Volume, v15	418	50	v
Trucks and Buses	25	0	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	1.5	1.5
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	1.2
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	1.000	1.000
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	1.00
Service Flow Rate, vp	2089	200	pcph

### ANALYSIS and RESULTS of DIVERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:

Proportion of Freeway Vehicles in Lanes 1 and 2,  $P = 1.000$  Using Equation 6

$$Flow\ in\ Lanes\ 1\ and\ 2,\ v = v_{12} + (v_F - v_R) P = 2089\ pcph$$

#### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
$v = v_{12}$	2089	4500	No
$v_{12}$	2089	4400	No
$v_{FO} = v_F - v_R$	1889	4500	No
$v_R$	200	3800	No

Level of Service Operation (if not LOS F):

$$Density,\ D = 4.252 + 0.0086 v_{12} - 0.009 \frac{L}{D} = +\ pc/mi/ln$$

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence B  
 Speed in Ramp Influence Area, S<sub>R</sub> 49 mph

# A17. RELATÓRIO DO HCS PARA 25% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 75% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 3

## MERGE ANALYSIS

Location: Santa Maria  
 Analysis: Distribuição 25% rotatória e 75% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

## FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 2  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 1570 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 1395 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 300 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 300 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

## VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	1570	1395	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.90	0.88	
Peak 15-min Volume, v15	436	396	v
Trucks and Buses	2	25	%
Trucks and Buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.990	0.889	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	1761	1783	pcph

## ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{FM} = v_{12} \left( \frac{P}{F} \right) = 1761 \text{ pcph}$$

### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	3544	4500	No
FO			
v	3544	4600	No
R12			

Level of Service Operation (if not LOS F):  
 Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A} = 27-$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence C  
 Speed in Ramp Influence Area, S 49.9 mph

# A18. RELATÓRIO DO HCS PARA 25% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 75% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (2 FAIXAS NA FREEWAY)

## MERGE ANALYSIS

Location: Interseção da alça  
 Analysis: Distribuição 25% rotatória e 75% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

## FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 2  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 2965 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 1056 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 750 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 750 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

## VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	2965	1056	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.85	0.79	
Peak 15-min Volume, v15	872	334	v
Trucks and Buses	25	5	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	2.0*	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.952	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	4360	1404	pcph

## ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{12} = v_{FM} (P) = 4360 \text{ pcph}$$

### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	5764	4500	Yes
FO			
v	5764	4600	Yes
R12			

### Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A}$  = 36- pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence F  
 Speed in Ramp Influence Area, S = 36.7 mph

# A19. RELATÓRIO DO HCS PARA 25% DO VOLUME PASSANDO PELA ROTATÓRIA E 75% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (3 FAIXAS NA FREEWAY)

## MERGE ANALYSIS

Location: Interseção da alça  
 Analysis: Distribuição 25% rotatória e 75% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

## FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 3  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 2965 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 1056 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 750 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 750 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

## VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	2965	1056	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.85	0.79	
Peak 15-min Volume, v15	872	334	v
Trucks and Buses	25	5	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	2.0*	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.952	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	4360	1404	pcph

## ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 0.555 Using Equation Spec  

$$F_{12} = v_{12} (P) = 2420 \text{ pcph}$$

### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	5764	6750	No
FO			
v	3824	4600	No
R12			

### Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{R} - 0.00627 \frac{L}{A} = 21-$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence C  
 Speed in Ramp Influence Area, S 50.6 mph

# A20. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 1

## MERGE ANALYSIS

Location: Santa Maria  
 Analysis: Distribuição 100% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

## FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 2  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 0 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 1169 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 0 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 9 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

## VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Grade	Level
Grade	%	-1.00 %	%
Length	mi	0.06 mi	mi
Volume, V (vph)	0	1169	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.79	0.96	
Peak 15-min Volume, v15	0	304	v
Trucks and Buses	25	25	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0	2.0	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.800	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	0	1522	pcph

## ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{12} = v_{12} \left( \frac{P}{FM} \right) = 0 \text{ pcph}$$

### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	1522	4500	No
FO			
v	1522	4600	No
R12			

### Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 5.475 + 0.00734 v_{12} + 0.0078 v_{12} - 0.00627 L_A = 17-$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence B  
 Speed in Ramp Influence Area, S 50.6 mph

## A21. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 2

### DIVERGE ANALYSIS

Location: S.M,, saída balão - acesso cid  
 Analyst: Distribuição 100% no viaduto  
 Analysis Time Period:  
 Date Performed: 20/05/2015

### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Diverge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 2  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 1169 vph  
 Off Ramp Data:  
 Side of Freeway Left  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 133 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 150 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 150 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp 0 vph  
 Position of Adjacent Ramp Upstream  
 Type of Adjacent Ramp On  
 Distance to Adjacent Ramp 1000 ft

### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Length	0.00 mi	0.00 mi	0.00 mi
Volume, V (vph)	1169	133	0 vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.96	0.67	
Peak 15-min Volume, v15	304	50	v
Trucks and Buses	25	0	0 %
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	1.5	1.5
Recreational Vehicles	0	0	0 %
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	1.2
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	1.000	1.000
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	1.00
Service Flow Rate, vp	1522	200	pcph

### ANALYSIS and RESULTS of DIVERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:

Proportion of Freeway Vehicles in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 6

Flow in Lanes 1 and 2,  $v = v_R + (v_F - v_R) P = 1522$  pcph

Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
$v = v$	1522	4500	No
$F_i F$			
$v$	1522	4400	No
12			
$v = v - v$	1322	4500	No
$F_O F R$			
$v$	200	3800	No
R			

Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 4.252 + 0.0086 v - 0.009 L = +$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence B  
 Speed in Ramp Influence Area, S 49 mph

## A22. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 3

### MERGE ANALYSIS

Location: Santa Maria  
 Analysis: Distribuição 100% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis Merge  
 Freeway Data:  
 Number of Lanes in Freeway 2  
 Free-Flow Speed on Freeway 55.0 mph  
 Volume on Freeway 1570 vph  
 On Ramp Data:  
 Side of Freeway Right  
 Number of Lanes in Ramp 2  
 Free-Flow Speed on Ramp 35.0 mph  
 Volume on Ramp 1043 vph  
 Length of First Accel/Decel Lane 300 ft  
 Length of Second Accel/Decel Lane 300 ft  
 Adjacent Ramp Data if one exists:  
 Does adjacent ramp exist? No  
 Volume on Adjacent Ramp vph  
 Position of Adjacent Ramp  
 Type of Adjacent Ramp  
 Distance to Adjacent Ramp ft

### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	1570	1043	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.90	0.92	
Peak 15-min Volume, v15	436	283	v
Trucks and Buses	2	25	%
Trucks and Buses PCE, ET	1.5	1.5	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.990	0.889	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	1761	1275	pcph

### ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2, P = 1.000 Using Equation 1  

$$v_{12} = v_{12} \left( \frac{P}{FM} \right) = 1761 \text{ pcph}$$

#### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	3036	4500	No
FO			
v	3036	4600	No
R12			

#### Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 5.475 + 0.00734 v_{12} + 0.0078 v_{12} - 0.00627 L_A = 23$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence C  
 Speed in Ramp Influence Area, S 50.6 mph

## A23. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (2 FAIXAS NA FREEWAY)

### MERGE ANALYSIS

Location: Interseção da alça  
 Analysis: Distribuição 100% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis	Merge	
Freeway Data:		
Number of Lanes in Freeway	2	
Free-Flow Speed on Freeway	55.0	mph
Volume on Freeway	2613	vph
On Ramp Data:		
Side of Freeway	Right	
Number of Lanes in Ramp	2	
Free-Flow Speed on Ramp	35.0	mph
Volume on Ramp	1408	vph
Length of First Accel/Decel Lane	750	ft
Length of Second Accel/Decel Lane	750	ft
Adjacent Ramp Data if one exists:		
Does adjacent ramp exist?	No	
Volume on Adjacent Ramp		vph
Position of Adjacent Ramp		
Type of Adjacent Ramp		
Distance to Adjacent Ramp		ft

### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Terrain Type	Level	Level	Level
Grade	%	%	%
Length	mi	mi	mi
Volume, V (vph)	2613	1408	vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.85	0.79	
Peak 15-min Volume, v15	769	446	v
Trucks and Buses	25	5	%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	2.0*	
Recreational Vehicles	0	0	%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.952	
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00	
Service Flow Rate, vp	3843	1871	pcph

### ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2,  $P = 1.000$  Using Equation 1  

$$v_{12} = v_{FM} (P) = 3843 \text{ pcph}$$

#### Capacity Checks:

	Actual	Maximum	LOS F?
v	5714	4500	Yes
FO			
v	5714	4600	Yes
R12			

#### Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 5.475 + 0.00734 \frac{v}{R} + 0.0078 \frac{v}{12} - 0.00627 \frac{L}{A} = 35+$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence  
 Speed in Ramp Influence Area,  $S = 37.5$  mph

## A24. RELATÓRIO DO HCS PARA 100% PASSANDO PELO VIADUTO NA RAMPA 4 (3 FAIXAS NA FREEWAY)

### MERGE ANALYSIS

Location: Interseção da alça  
 Analysis: Distribuição 100% no viaduto  
 Analysis Time Period: Março de 2015  
 Date Performed: 18/05/2015

### FREEWAY-RAMP COMPONENTS AND CHARACTERISTICS

Type of Analysis	Merge		
Freeway Data:			
Number of Lanes in Freeway	3		
Free-Flow Speed on Freeway	55.0	mph	
Volume on Freeway	2613	vph	
On Ramp Data:			
Side of Freeway	Right		
Number of Lanes in Ramp	2		
Free-Flow Speed on Ramp	35.0	mph	
Volume on Ramp	1408	vph	
Length of First Accel/Decel Lane	750	ft	
Length of Second Accel/Decel Lane	750	ft	
Adjacent Ramp Data if one exists:			
Does adjacent ramp exist?	No		
Volume on Adjacent Ramp		vph	
Position of Adjacent Ramp			
Type of Adjacent Ramp			
Distance to Adjacent Ramp		ft	

### VOLUME ADJUSTMENT

Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp	
	Level	Level	Level	
Grade	%	%	%	
Length	mi	mi	mi	
Volume, V (vph)	2613	1408		vph
Peak-Hour Factor, PHF	0.85	0.79		
Peak 15-min Volume, v15	769	446		v
Trucks and Buses	25	5		%
Trucks and Buses PCE, ET	2.0*	2.0*		
Recreational Vehicles	0	0		%
Recreational Vehicle PCE, ER	1.2	1.2		
Heavy Vehicle Adjustment, fHV	0.800	0.952		
Driver Population Adjustment, fP	1.00	1.00		
Service Flow Rate, vp	3843	1871		pcph

### ANALYSIS and RESULTS of MERGE AREAS

Estimation of Flow entering Lanes 1 and 2:  
 Proportion of Freeway Vehicles  
 in Lanes 1 and 2,  $P = 0.555$  Using Equation Spec  

$$v_{12} = v_{FM} (P) = 2133 \text{ pcph}$$

#### Capacity Checks:

v	Actual	Maximum	LOS F?
FO	5714	6750	No
v	4004	4600	No
R12			

#### Level of Service Operation (if not LOS F):

Density,  $D = 5.475 + 0.00734 v_R + 0.0078 v_{12} - 0.00627 L_A = 22-$  pc/mi/ln

Level of Service for Ramp-Freeway Junction Areas of Influence C  
 Speed in Ramp Influence Area, S = 50.1 mph