



**FAPAC - FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORT LTDA
ENGENHARIA CIVIL**

GIOVANA ALVES COSTA

**SOLUÇÕES VIÁRIAS EM INTERSEÇÕES – ESTUDO DE CASO EM UMA
INTERSEÇÃO NA CIDADE DE PORTO NACIONAL - TO**

**PORTO NACIONAL - TO
2019/1**

GIOVANA ALVES COSTA

**SOLUÇÕES VIÁRIAS EM INTERSEÇÕES – ESTUDO DE CASO EM UMA
INTERSEÇÃO NA CIDADE DE PORTO NACIONAL - TO**

Projeto de conclusão do curso de Engenharia Civil da FAPAC/ITPAC PORTO NACIONAL como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área: Transportes

Orientador: Flávio Vieira da Silva Júnior.

**PORTO NACIONAL - TO
2019/1**

GIOVANA ALVES COSTA

**SOLUÇÕES VIÁRIAS EM INTERSEÇÕES – ESTUDO DE CASO EM UMA
INTERSEÇÃO NA CIDADE DE PORTO NACIONAL - TO**

Projeto de pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Monografia apresentada e defendida em ____/____/____ pela Banca examinadora constituída pelos professores:

Professor: Me. Flávio Vieira da Silva Júnior (Orientador)

Professor: Me. José Djair Casado de Assis Júnior

Professor: Esp. Paulo Sérgio de Oliveira Jordão

**PORTO NACIONAL - TO
2019**

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a eficiência da interseção de nível localizada na TO - 050 na entrada do município de Porto Nacional – TO, o local escolhido apresenta pontos negativos em relação a segurança dos condutores, devido a ligação da via rápida com vias secundárias sem a adição das faixas auxiliares e sinalização deficiente, gerando cruzamentos e ultrapassagens perigosas, além da existência do pórtico de entrada do município na interseção que prejudica a visibilidade dos condutores. A região apresenta grande movimentação de veículos de carga e de passeio devido a produção agrícola e por se tratar do trecho de ligação da capital do estado do Tocantins (Palmas) com o município de Porto Nacional, consequentemente aumentando a probabilidade de acidentes no local. Portanto identifica-se, a necessidade de estudo da demanda de tráfego atual e futuro e a determinação dos pontos de conflitos e suas origens, garantindo eficiência no escoamento do tráfego e segurança aos condutores. Após identificação dos possíveis conflitos e problemas relacionados a interseção, será necessário a realização do projeto de adequação com soluções viáveis para as problemáticas encontradas.

Palavras chaves: Interseção; Segurança; Demanda de tráfego; Projeto de adequação.

ABSTRACT

The present work has the objective of analyzing the efficiency of the intersection of level located in the TO - 050 at the entrance of the municipality of Porto Nacional - TO, the chosen site presents negative points regarding the safety of the drivers, due to the connection of the fast track with secondary roads without the addition of auxiliary lanes and poor signaling, generating crossings and dangerous overtaking, besides the existence of the entrance portico of the municipality at the intersection that impairs the visibility of the drivers. The region presents a great movement of cargo and touring vehicles due to agricultural production and because it is the connecting portion of the capital of the state of Tocantins (Palmas) with the municipality of Porto Nacional, consequently increasing the probability of accidents at the place. Therefore, we identify the need to study current and future traffic demand and determine the points of conflicts and their origins, ensuring efficiency in the flow of traffic and safety to drivers. After identifying the possible conflicts and problems related to the intersection, it will be necessary to carry out the adequacy project with feasible solutions to the problems encountered.

Keywords: Intersection; Safety; Traffic demand; Suitability design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Triângulo de visibilidade para tráfego parado	13
Figura 2 - Interseções do tipo trevo vazado simples e trevo vazado com faixas de aceleração e desaceleração.....	14
Figura 3 – Rótula vazada	16
Figura 4 – Local em estudo	19
Figura 5 – Tipos de conflitos	22
Figura 6 – Condições mínimas para pistas de conversão à 90°.....	26
Figura 7 – Projeto mínimo para veículos do CO (conversão de 90°)	28
Figura 8 – Projeto de curvas de três centros para veículos do tipo SR.....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Intervalos de tempo aceitos para giros à esquerda	23
Quadro 2 – Distância de visibilidade em interseções	24
Quadro 3 - Condições mínimas de projeto para pista de conversão	25
Quadro 4 - Raios mínimos para bordos de pistas de conversão	27
Quadro 5 - Raios mínimos para curvas em interseções	29
Quadro 6 – Largura das pistas de conversão (m)	31
Quadro 7 – Comprimento das faixas de desaceleração	32
Quadro 8 – Comprimento das faixas de desaceleração	32
Quadro 9 – Cronograma da pesquisa	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1 SEGURANÇA EM AMBIENTE VIÁRIO	12
3.1.1 Faixa de Mudança de Velocidade	13
3.1.2 Sinalização das Rodovias em Interseções.....	14
3.1.3 Faixa de Domínio.....	15
3.2 INTERSEÇÃO EM NÍVEL	15
3.3 ESTUDO DE TRÁFEGO	16
3.3.1 Características do Tráfego	16
3.3.2 Volume Médio Diário	17
3.3.3 Variação dos Volume de Tráfego	17
3.3.4 Projeção do Tráfego.....	18
3.3.5 Contagem Volumétrica	18
4 METODOLOGIA	19
4.1 DETERMINAÇÃO DO TRÁFEGO ATUAL	19
4.2 DETERMINAÇÃO DA PROJEÇÃO DE TRÁFEGO.....	21
4.3 ANÁLISE DAS CAUSAS DE ACIDENTES.....	21
4.4 VISIBILIDADE	22
4.4.1 Triângulo de Visibilidade para o Tráfego Parado	22
4.4.2 Controle de Tráfego na Interseção	23
4.5 RAIOS MÍNIMO PARA CURVAS EM INTERSEÇÕES	24
4.6 LARGURA DOS RAMOS	29
4.7 DIMENSIONAMENTO DA FAIXA DE DESACELERAÇÃO E ACELERAÇÃO	32
4.8 ANÁLISE DA SINALIZAÇÃO E VELOCIDADES PERMITIDAS	32
4.9 PROJETO DE ADEQUAÇÃO UTILIZANDO O SOFTWARE CIVIL 3D	33
5 RESULTADOS ESPERADOS	34
6 CRONOGRAMA	35
REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

O modal rodoviário brasileiro é o principal meio para escoamento de produtos, segundo a Confederação Nacional de Transportes (CNT) no mês de fevereiro de 2019 a participação da rodovia no transporte de cargas foi de 61,1%, além do crescimento constante das frotas de veículo que entre janeiro de 2015 e janeiro de 2019 cresceu 14,8%. Consequentemente cria-se uma demanda que exige maiores investimentos em infraestrutura e fiscalização.

Segundos dados do Denatran (2019) Porto Nacional possui uma frota de 30230 veículos apresentando um crescimento de 4,7% em relação ao ano de 2018. Tal crescimento aumenta a busca por soluções com objetivo de assegurar às necessidades viárias de forma viável, econômica e segura.

Recomenda-se que os projetos de melhoria das vias sejam baseados na demanda futura da rodovia, tornando o investimento mais vantajoso pois possuem aspectos positivos a longo prazo, os dados reais obtidos representam a situação atual da via que assegura a análise da demanda futura.

As rodovias possuem pontos de encontros, que possibilitam o acesso a municípios ou às vias arteriais, é primordial que no projeto esses locais disponham de maior atenção, por conta dos possíveis cruzamentos, que são pontos de acumulação de acidentes e principais causadores do mau funcionamento das vias.

As interseções são consideradas zonas de potenciais conflitos, pois a mesma é solicitada por mais de um veículo simultaneamente que executam diferentes manobras, consequentemente são os pontos onde ocorrem o maior número de acidentes. A ausência de sinalização, os erros nas manobras feitas pelos condutores por conta do curto período de tempo para tomar decisões e falhas nas características geométricas agravam os possíveis conflitos.

A sinalização contribui de forma significativa para o bom funcionamento das vias e é o principal meio de comunicação da interseção com o condutor, ela auxilia na regularização do tráfego e orientação dos condutores, minimizando os acidentes.

O funcionamento das interseções influenciam significativamente no desempenho do sistema viário, interferindo na velocidade de operação, capacidade e segurança. Os congestionamentos e problemas de funcionalidade encontrados nas rodovias geralmente ocorrem por incapacidade de escoamento do tráfego nas interseções.

O dimensionamento geométrico das vias levando em consideração a demanda futura permiti melhor visibilidade, áreas condizentes para realização de manobras com tempo suficiente de reação do condutor e produtividade do escoamento do fluxo em horários de pico minimizando os congestionamentos.

Diante dessa situação, para um bom funcionamento da rede viária faz-se necessário os estudos para análise de solicitação da via, dimensionamento adequado das faixas, sinalização eficiente, o uso de faixas auxiliares, velocidade e visibilidade apropriada.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o retorno rodoviário da TO – 050 localizado na entrada do município de Porto Nacional onde se encontra o pórtico de entrada da cidade e elaborar propostas viáveis de soluções adequadas para as problemáticas encontradas.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Avaliar o tráfego do município atualmente e determinar as projeções de tráfego;
- Coletar dados e realizar o diagnóstico da situação atual do local em estudo;
- Análise de segurança do retorno rodoviário;
- Sugerir propostas viáveis para solucionar os aspectos negativos;
- Projeto de adequação através do software AutoCad Civil 3D.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SEGURANÇA EM AMBIENTE VIÁRIO

Segundo Leal (2014) é necessário conhecer os diferentes fatores que ocasionam os acidentes de trânsito e os riscos conexos a estes para analisar os problemas de segurança viária. É imprescindível que os usuários percebam e reajam de maneira rápida e segura as diferentes situações presentes no tráfego.

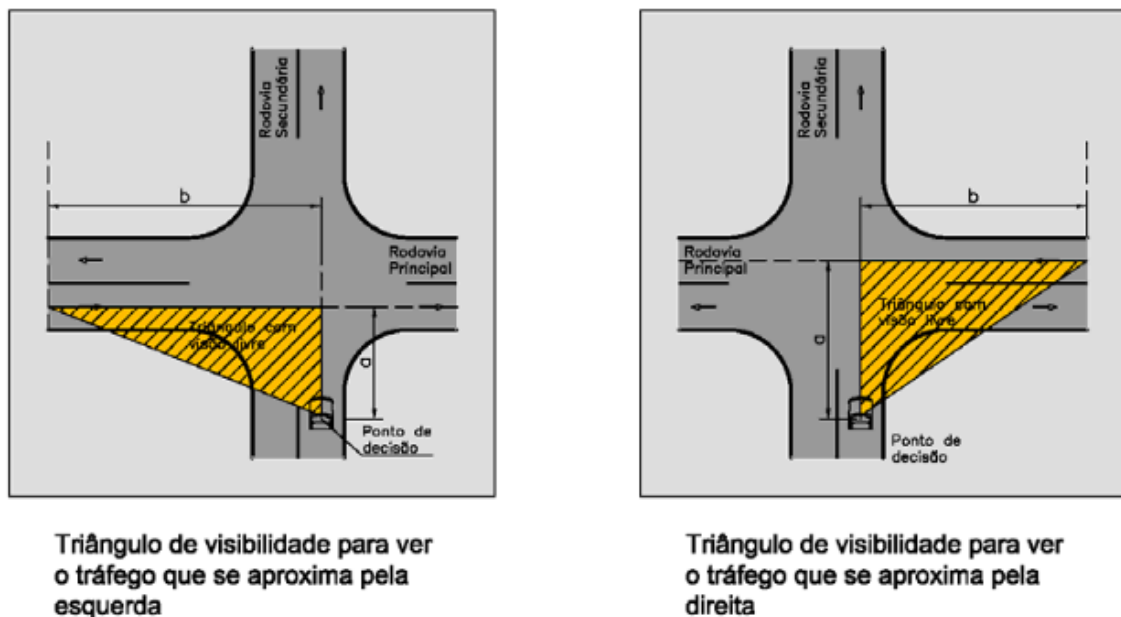
O fator humano nem sempre é único culpado da ocorrência de acidentes de trânsito, deve ser avaliada toda a infraestrutura da rodovia, e corrigir a mesma caso necessário.

Para Leal (2014) há uma intensa ligação entre segurança de tráfego e a infraestrutura viária. A velocidade e o volume de tráfego estabelecidas através do projeto são cruciais para o acontecimento e gravidade dos acidentes.

Conforme Leal (2014) as interseções são os locais da via que ocorrem o maior número de acidentes, tais como os atropelamentos e os abalroamentos transversais.

DNIT (2005) afirma que em cruzamentos de via os motoristas devem ter distância de visibilidade satisfatórios para evitar colisões. Os motoristas podem acelerar, diminuir a velocidade ou parar. A relação espaço, tempo e velocidade recomenda o triângulo de visibilidade (Figura 01) livre para cada caso. O ideal é que o triângulo de visibilidade esteja livre de obstáculos de altura, como: Árvores, moitas, veículos estacionados e taludes de cortes.

Figura 1 - Triângulo de visibilidade para tráfego parado



Fonte: DNIT (2005).

De acordo com o DNIT (2005) é necessário o registro e causa dos acidentes ocorridos na interseção. Deve-se avaliar os pontos críticos e as manobras feitas pelos motoristas para evitar colisões, desvio e frenagem brusca e se houve o desrespeito a sinalização. Os dados de acidentes nos locais podem ser informados pelas autoridades da região.

3.1.1 Faixa de Mudança de Velocidade

DNIT (2005) afirma que em vias de tráfego com volume e velocidade elevadas é importante a utilização de faixas de mudança de velocidade que são denominadas de faixas auxiliares, as mesmas tem a finalidade de proporcionar espaço adequado para que os motoristas possam realizar as manobras de aceleração e desaceleração com segurança, sem gerar nenhum conflito ou interferência no tráfego da via principal.

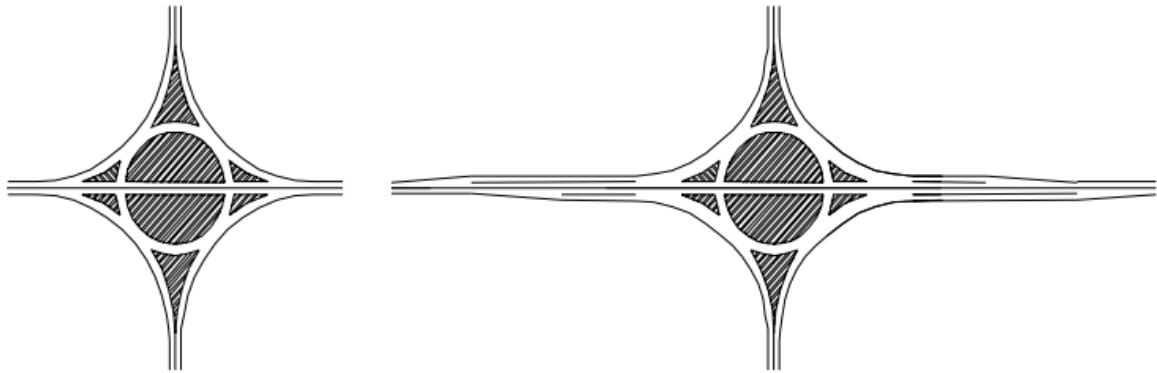
Para realizar a manobra de saída da pista rápida é necessário a redução da velocidade do veículo de forma segura, que entra em um espaço chamado de comprimento de desaceleração. Caso o veículo precise ficar parado para se inserir na corrente oposta o espaço da faixa de desaceleração deve ser majorado incluindo assim o comprimento de armazenamento (OLIVEIRA, 2009).

Segundo Pereira Neto e Widmer (2008) quando não existe a faixa de mudança de velocidade e os veículos trafegam pela mesma faixa com velocidades

diferentes, conseqüentemente ocorrem as ultrapassagens próximo as interseções, que ocasionam o aumento do risco de acidentes nesses locais.

A Figura 02 representa as interseções do tipo trevo vazado simples e com faixas de aceleração e desaceleração:

Figura 2 - Interseções do tipo trevo vazado simples e trevo vazado com faixas de aceleração e desaceleração



Fonte: Pereira Neto e Widmer (2008).

Pereira Neto e Widmer (2008) afirmam que a faixa de desaceleração permite que os veículos que sairão da pista principal habituem sua velocidade as condições do trecho que irão se inserir. No caso de veículos de carga em vias onde não existe o controle de velocidade de operação, trechos com raios pequenos em curvas para manobras de conversão podem provocar instabilidade lateral dos veículos que conseqüentemente levaria o mesmo ao tombamento ou escorregamento.

3.1.2 Sinalização das Rodovias em Interseções

De acordo com Guerreiro (2012) as sinalizações rodoviárias devem ser coerentes, lógicas, de fácil compreensão e prover indicações de forma simples e objetivas aos condutores. Os sinais devem se localizar em pontos que possibilite um tempo de reação do motorista.

Guerreiro (2012) observa que nas interseções de nível os sinais mais utilizados são os de código que é constituído por uma só placa e os sinais complementares, que são as balizas de posição, sistema informativo e baias direcionais.

Segundo o DNIT (2006) é necessário determinar o nível de obediência dos usuários da via em relação a sinalização e os pontos específicos que os motoristas não a obedecem, para estabelecer as correções e complementações necessárias.

3.1.3 Faixa de Domínio

As faixas de domínio são superfícies lindeiras às vias rurais, delimitadas por lei específica e sob responsabilidade do Órgão ou entidade de trânsito competente com circunscrição sobre a via (Lei nº. 9.503/97 - Código de Trânsito Brasileiro, de 23/09/1997, Anexo I).

Leal Júnior (2009) afirma que a faixa de domínio serve como uma área de segurança, em casos de perda de controle do veículo, possibilitando uma maior área de visibilidade da via para o condutor e espaço para manobras em casos de emergência.

Segundo Leal Junior (2009) existe a Permissão de Uso Especial para finalidades de interesse público e mobilidade do cidadão, não sendo prevista para habitação e comércio, mas a permissão não gera nenhum direito de posse, permitindo apenas o acesso dos moradores a imóveis lindeiros e serviços públicos, seguindo as restrições de segurança viária.

3.2 INTERSEÇÃO EM NÍVEL

De acordo com DNIT (2005) são analisados diversos critérios para identificar uma interseção, a mesma pode ter múltiplas características, principalmente quando o tráfego for complexo.

Para definir qual o tipo de interseção que deve ser utilizada, é necessário avaliar os principais fatores, são eles os VHP (Volumes Horários de Projeto), a Topografia da Região, a segurança e o tipo de veículo (DNIT, 2005).

Conforme DNIT (2005) a rótula vazada (Figura 03) é definida quando as correntes diretas da via principal atravessam uma ilha central, em torno da qual as demais correntes circulam no sentido anti-horário.

Figura 3 – Rótula vazada



Fonte: DNIT (2015).

De acordo com Guerreiro (2012) a rotula vazada em vias de certo movimento facilita a inversão de direção e facilita a saída a esquerda e viragem com maior segurança em comparação ao cruzamento normal, evitando o congestionamento da via principal.

No entanto, Valim e Alves (2016) afirmam que o cruzamento entre vias desse tipo de interseção gera inúmeros acidentes, por conta da negligência dos motoristas e do excesso de velocidade na via principal.

Valim e Alves (2016) ressaltam que esse tipo de rotula não é permitida em entroncamentos de rodovias e em trevo de entrada de cidades, sendo permitida apenas em acessos a propriedades.

3.3 ESTUDO DE TRÁFEGO

O estudo de tráfego permite determinar o destino, a origem do fluxo, a quantidade de veículos que utilizam a via em certo período, os locais com maior quantidade de acidentes e a capacidade da via, que é fundamental para elaborar o projeto de pavimentação, o planejamento viário, gerenciamento de tráfego e melhorias.

3.3.1 Características do Tráfego

De acordo com Farevo (2017) para determinar a capacidade da via é importante encontrar o volume de tráfego, que é obtido através da quantidade de veículos que passam em um ponto específico da via durante um determinado tempo, expresso em veículos por hora (vph).

Santos (2013) declara que o planejamento de implantação de uma rodovia requer a projeção de demanda que é o volume de tráfego esperado, que influenciará na proporção da infraestrutura da via.

Segundo Farevo (2017) é muito importante definir o período de coleta de dados devido as mudanças bruscas de movimentação em determinados dias e horários, podendo ser feitas diariamente.

3.3.2 Volume Médio Diário

O volume médio diário é a média do volume de veículos que trafegam em uma seção da via em um período de 24 horas. São de uso coerente os seguintes intervalos de tempo:

- Volume médio diário em um dia da semana (VMDd): Número Total de veículos que trafegam em um dia da semana. Sempre referir ao mês e o dia da semana que foi analisado;
- Volume médio diário semanal (VMDs): Total de veículos que trafegam em uma semana dividido por sete. Deve acompanhar o nome do mês a que se refere;
- Volume médio diário mensal (VMDm): Total de veículos trafegando em um determinado mês dividido pelo número de dias do mês. Aconselha-se referenciar o mês respectivo;
- Volume médio diário anual (VMDa): Número total de veículos que trafegam em um ano dividido por 365 dias.

3.3.3 Variação dos Volume de Tráfego

De acordo com Santos (2013) o volume de tráfego é diferente ao longo do dia, podendo existir horários do dia com maior solicitação, denominado de volume da hora de pico (Vhp).

DNIT (2006) afirma que os horários de pico concentram um maior volume de veículos na via em um certo dia da semana, podendo variar de local para local, mas se mantem estável em um mesmo lugar, ao contrário o seu volume varia durante a semana e ao longo do ano.

3.3.4 Projeção do Tráfego

Conforme Santos (2013) na fase de projeto é necessário a projeção do tráfego ao longa da vida útil da rodovia, após o início de operação da via é indispensável o acompanhamento do progresso da mesma. A contagem volumétrica identificará a necessidade de ampliação da capacidade da rodovia quando houver grandes alterações no tráfego.

Segundo o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2016), deve-se considerar os seguintes aspectos fundamentais na projeção de tráfego:

- Capacidade de produção e atração de viagens das diversas zonas de tráfego;
- Distribuição das viagens geradas entre as zonas;
- Variação da geração (produção e atração) e distribuição de viagens devido às mudanças econômicas, demográficas, dos meios de transportes da região etc.

3.3.5 Contagem Volumétrica

De acordo com DNIT (2006) as contagens volumétricas são feitas em dois locais específicos: nas interseções e nos trechos entre as interseções, essa análise estima o fluxo de veículos que trafegam em um ou diversos pontos por um determinado tempo. Nas interseções é feito o levantamento do fluxo dos ramos de ligação e das vias que se interceptam já na contagem feita entre as interseções analisa-se o fluxo da via.

4 METODOLOGIA

O estudo de tráfego e os projetos de interseções feitos no Brasil são baseados nos métodos indicados pelo Manual de Tráfego – DNIT (2006) e o Manual de Projeto de Interseções – DNIT (2005), sendo essas as literaturas utilizadas no presente trabalho.

O local em estudo (Figura 04) possui uma interseção do tipo rótula vazada com um pórtico no canteiro central e ligações da via principal com vias secundárias que funcionam como entrada e saída de um dos loteamentos da cidade, localizado na TO – 050 na entrada do município de Porto Nacional – TO.

Figura 4 – Local em estudo



Fonte: Google Earth (2019).

Para a obtenção das respostas necessárias para o estudo de caso, será determinado o tráfego atual e futuro do local citado e o novo projeto com as mudanças e dimensionamento necessários de modo que proporcione maior segurança para a sociedade.

4.1 DETERMINAÇÃO DO TRÁFEGO ATUAL

A contagem volumétrica auxilia no dimensionamento dos ramos e na solução que se deve adotar para uma determinada interseção, definindo o volume e as características do tráfego que circulará no ano de projeto.

Os dados encontrados através da contagem devem incluir os volumes horários de projeto (VHP) e os volumes médios diários (VMD), representando as diversas correntes de fluxos de veículos no ano de projeto.

Geralmente adota-se o ano de projeto como o décimo ano após a conclusão das obras programadas e é importante que durante esse prazo a interseção atenda às necessidades da demanda.

As contagens de tráfego para obter os dados para elaborar o fluxograma devem ser feitas nos períodos de pico, durante 3 dias de modo que inclua os picos semanais. Estas contagens devem ser realizadas durante 8 horas, três horas que inclua o pico da manhã, três horas que inclua o pico da tarde e duas horas fora do pico e divididas em intervalos de 15 minutos, para determinar as variações dentro da hora de pico.

O método de contagem do seguinte trabalho será manual, utilizando fichas para transcrição dos dados e contadores manuais, que estarão presos em uma prancheta. É indispensável a anotação de qualquer fator que dificultem ou possa falsear os resultados das contagens. Intermissões por conta de obras, acidentes, afundamento de pista etc., se não identificadas e anotadas, podem gerar um fluxo inferior ao real em condições normais.

Os volumes dos diferentes tipos de veículos devem ser determinados separadamente de acordo com as classes: carros de passeio, ônibus e veículos de carga.

Ao comparar os quatros períodos consecutivos de quinze minutos, percebe-se que o volume de veículos varia ao longo do tempo. Para medir essa flutuação o fator horário de pico (FHP) deve ser estabelecido.

$$FHP = \frac{V_{hp}}{4V_{15max}}$$

Onde:

FHP = fator horário de pico

V_{hp} = volume da hora de pico

V_{15max} = volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico

4.2 DETERMINAÇÃO DA PROJEÇÃO DE TRÁFEGO

A projeção do tráfego futuro é determinada através da aplicação de um fator de crescimento relacionados aos tráfegos conhecidos.

É importante que durante o período de projeto a interseção atenda às necessidades da demanda.

$$Tf = Fc.Ta$$

Onde:

T_f = tráfego futuro

F_c = fator de crescimento

T_a = tráfego conhecido em um determinado ano

O fator de crescimento (F_c) pode ser calculado pela razão de dados referentes a duas épocas distintas, que se considerem representativos da variação de tráfego. No presente estudo serão utilizados os dados referentes a população e a utilização de veículos (número de veículos).

Considerando o crescimento da população durante os últimos 10 anos. Determina-se o valor do fator de crescimento através da seguinte relação:

Ex:

$$Fc = \frac{P_{2008}}{P_{2009}}$$

Onde:

P_{2008} = População referente ao ano de 2008

P_{2009} = População referente ao ano de 2009

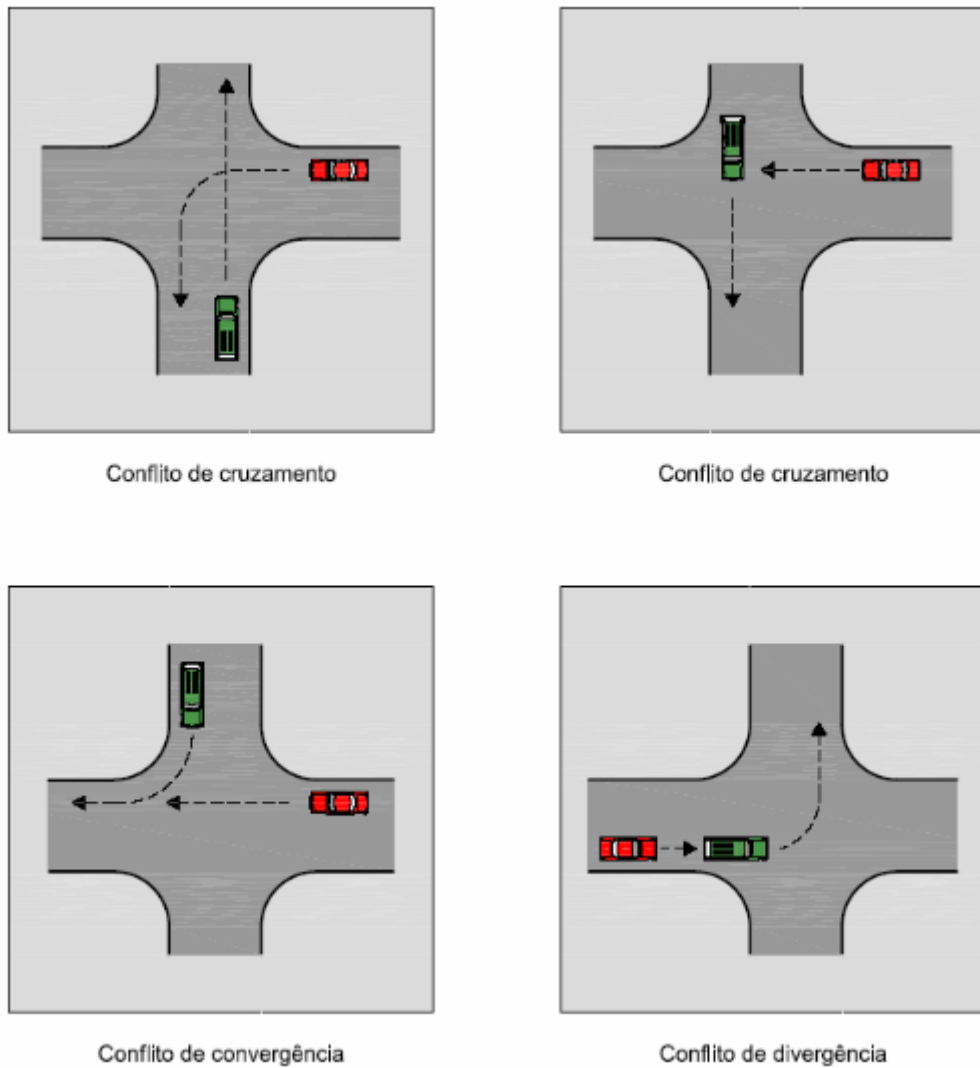
Ao determinar o fator de crescimento de cada ano, calcula-se o fator de crescimento médio para realizar o cálculo do tráfego futuro. O fator de crescimento será multiplicado por cada ano, até o ano de projeto, considerado o 10º ano após as conclusões das obras.

4.3 ANÁLISE DAS CAUSAS DE ACIDENTES

A observação dos locais de conflitos do tráfego auxilia na determinação dos pontos críticos das interseções assim podendo definir as causas dos acidentes e as possíveis manobras dos motoristas para evitar colisões.

A Figura 05 apresenta os possíveis tipos de conflitos que podem ocorrer nas interseções:

Figura 5 – Tipos de conflitos



Fonte: DNIT (2004).

4.4 VISIBILIDADE

Em locais de interseção os motoristas devem dispor de maior distância de visibilidade e sem obstáculos presentes, de modo que o veículo ao acessar a rodovia possa concluir sua manobra com segurança.

4.4.1 Triângulo de Visibilidade para o Tráfego Parado

O triângulo de visibilidade permite que o motorista possa cruzar a via com segurança antes da chegada do veículo avistado.

As distâncias recomendadas nos triângulos de visibilidade dependerão do tipo de controle do tráfego adotado na interseção.

4.4.2 Controle de Tráfego na Interseção

O tipo de controle do tráfego na interseção determina as distâncias recomendadas nos triângulos de visibilidade.

No caso das interseções controladas por sinalização de parada obrigatória na via secundária, com giro à esquerda a partir da rodovia secundária. O ponto de decisão deve ficar à distância de 4,40 m a 5,40 m do bordo da faixa de tráfego da rodovia principal.

Os intervalos de tempo aceitos para o giro à esquerda são observados no Quadro 01, os mesmos são utilizados como base para determinação das distâncias de visibilidade nas interseções.

Quadro 1 – Intervalos de tempo aceitos para giros à esquerda

Veículos de Projeto	Intervalo entre veículos na rodovia principal na velocidade de projeto t_g (s)
Carro de Passeio (VP)	7,5
Caminhão/Ônibus (CO/O)	9,5
Semirreboque/Reboque (SR/RE)	11,5

Fonte: AASHTO.

A distância de visibilidade na interseção é determinada pela seguinte fórmula:

$$DVI = 0,278.V_p.t_g$$

Onde:

DVI – distância de visibilidade necessária ao longo da via principal (m)

V_p – velocidade diretriz da rodovia principal (km/h)

t_g – Intervalo de tempo entre veículos da rodovia principal aceitos por veículos procedentes da rodovia secundária (s)

O Quadro 02 contém os valores de distância de visibilidade em interseções (DVI) controladas pela sinalização de parada obrigatória com giro à esquerda a partir da rodovia secundária:

Quadro 2 – Distância de visibilidade em interseções

Veículo de projeto	Distâncias de visibilidade necessárias para um veículo parado girar à esquerda em uma rodovia de duas faixas e dois sentidos de tráfego, sem canteiro central (m)										
	Velocidade diretriz da rodovia principal (km/h)										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Aproximações com greide até 3%											
VP	40	65	85	105	125	145	165	190	210	230	250
CO/O	55	80	105	130	160	185	210	240	265	290	315
SR/RE	65	95	130	160	190	225	255	290	320	350	385
Aproximações com greide até 4%											
VP	45	65	85	105	130	150	170	195	215	235	255
CO/O	55	80	110	135	160	190	215	245	270	295	325
SR/RE	65	100	130	165	195	230	260	295	325	360	390
Aproximações com greide até 5%											
VP	45	65	90	110	130	155	175	200	220	240	265
CO/O	55	85	110	140	165	195	220	250	275	305	330
SR/RE	65	100	130	165	200	230	265	300	330	365	395
Aproximações com greide até 6%											
VP	45	70	90	115	135	160	180	205	225	250	270
CO/O	55	85	110	140	170	195	225	255	280	310	335
SR/RE	65	100	135	170	200	235	270	305	335	370	405

Fonte: DNIT (2005).

Obs.:

Para casos em que um caminhão pesado oriundo da via secundária entre na via principal perto de uma curva côncava com greide superior a 3%, considera-se o ajustamento de t_g ao greide da rodovia principal.

4.5 RAIOS MÍNIMO PARA CURVAS EM INTERSEÇÕES

Para velocidades menores que 25km/h, os raios mínimos de curvatura da borda interna das pistas das interseções, são os apresentados nos Quadros 03 e 04. Porém, quando se deseja que os veículos possam girar com maior velocidade, é preciso conceder curvas com raios maiores e superelevação condizente, tais valores representados no Quadro 05.

Recomenda-se usar a curva corresponde ao veículo maior que possua uma porcentagem considerável do tráfego que gira no local em estudo.

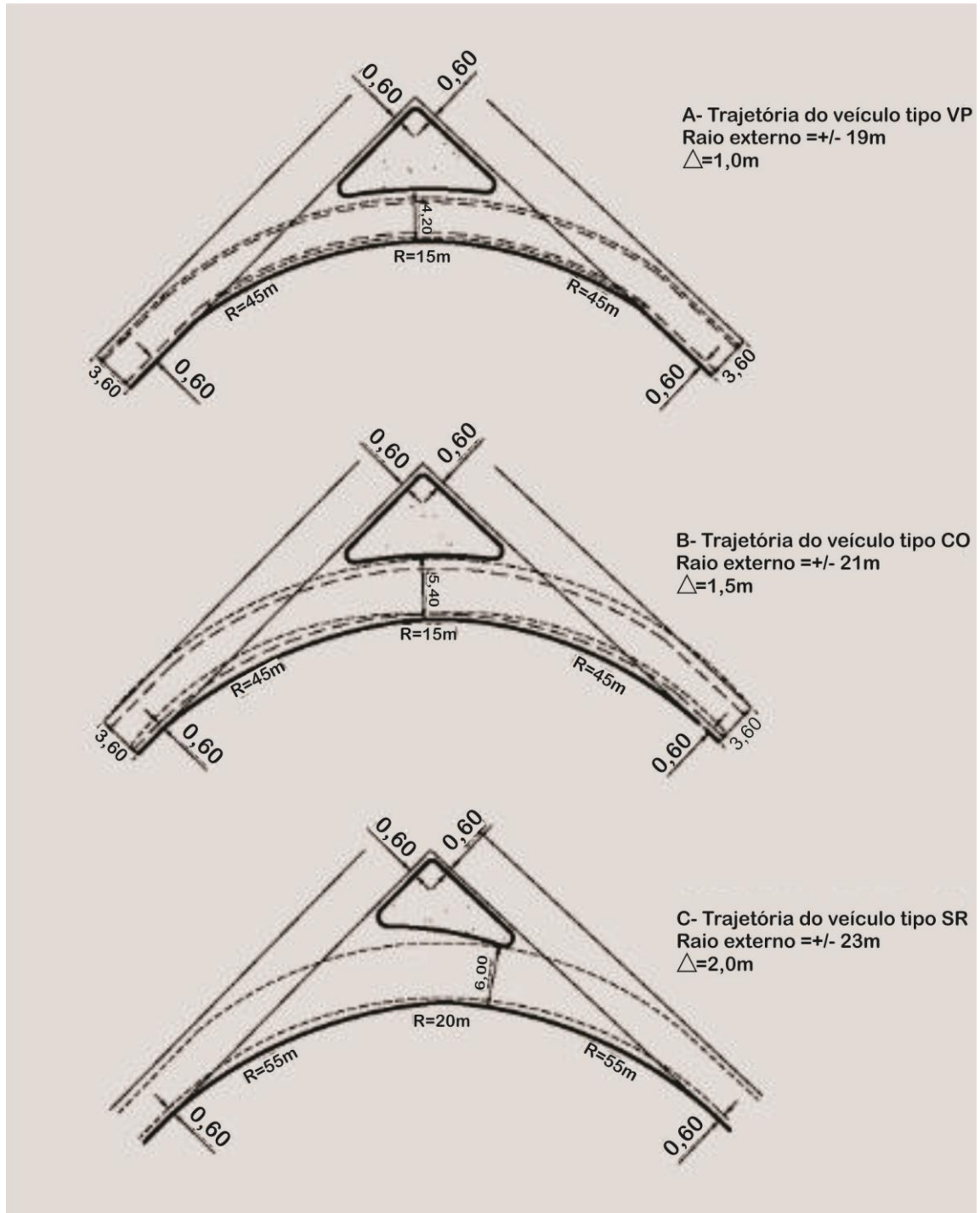
Quadro 3 - Condições mínimas de projeto para pista de conversão

Ângulo de conversão	Classificação de projeto	Curva composta de três centros		Largura da pista (m)	Área aprox. da ilha (m²)
		Raio (m)	Deslocam. (m)		
75°	A	45 - 23 - 45	1,0	4,2	5,5
	B	45 - 23 - 45	1,5	5,4	5,0
	C	55 - 28 - 55	1,0	6,0	5,0
90°	A	45 - 15 - 45	1,0	4,2	5,0
	B	45 - 15 - 45	1,5	5,4	7,5
	C	55 - 20 - 55	2,0	6,0	11,5
105°	A	36 - 12 - 36	0,6	4,5	6,5
	B	30 - 11 - 38	1,5	6,6	5,0
	C	55 - 14 - 55	2,4	9,0	5,5
120°	A	30 - 9 - 30	0,8	4,8	11,0
	B	30 - 9 - 30	1,5	7,2	8,5
	C	55 - 12 - 55	2,5	10,2	20,0
135°	A	30 - 9 - 30	0,8	4,8	43,0
	B	30 - 9 - 30	1,5	7,8	35,0
	C	48 - 11 - 48	2,7	10,5	60,0
150°	A	30 - 9 - 30	0,8	4,8	130,0
	B	30 - 9 - 30	2,0	9,0	110,0
	C	48 - 11 - 48	2,1	11,4	160,0

Fonte: DNIT (2005).

A Figura 06 apresenta as condições mínimas de projeto aplicando os valores do quadro 03 para pistas de conversão à 90°.

Figura 6 – Condições mínimas para pistas de conversão à 90°



Fonte: DNIT (2005).

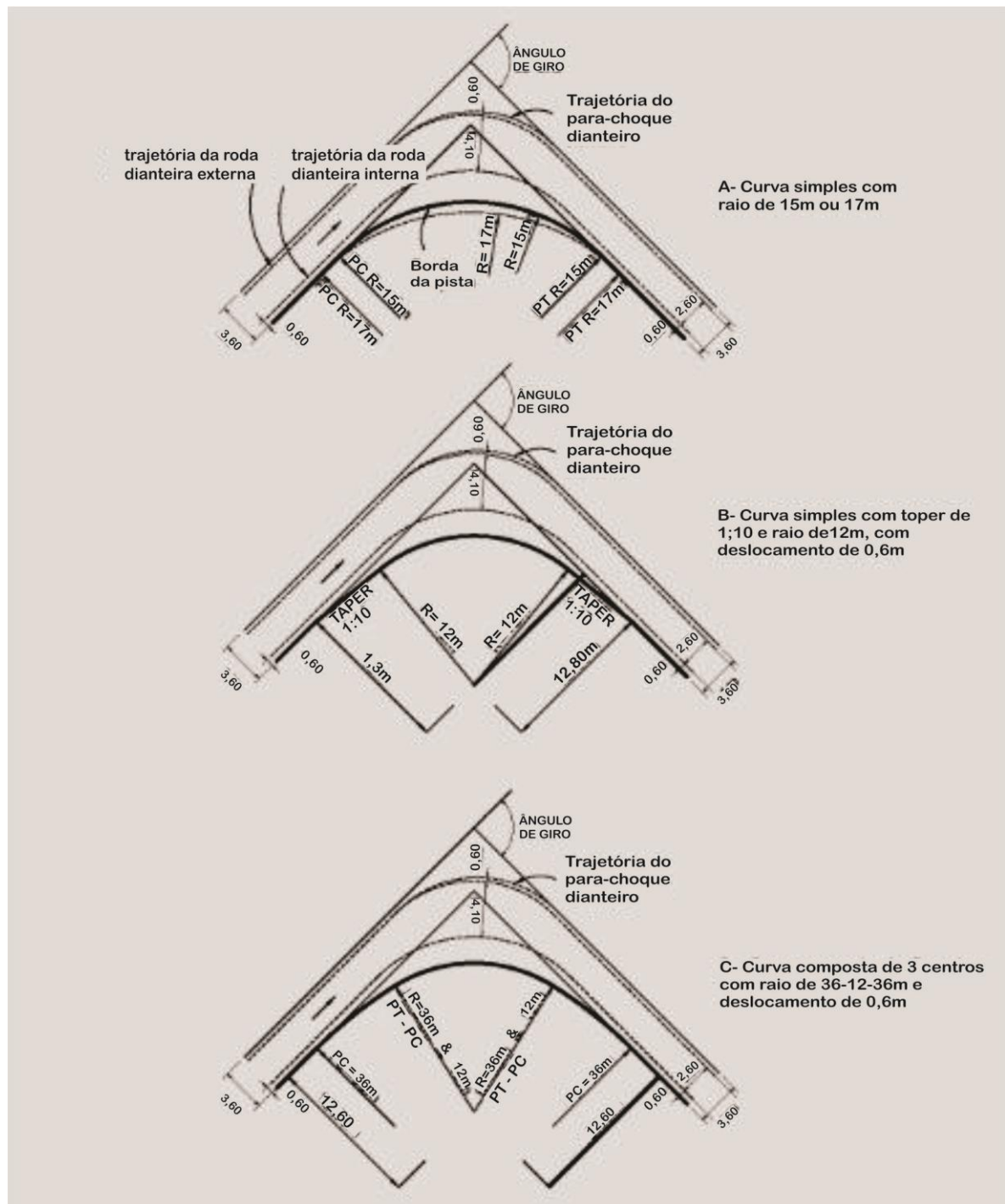
Quadro 4 - Raios mínimos para bordos de pistas de conversão

Ângulo de conversão	Veículo de projeto	Curva circular simples raio (m)	Curva composta de três centros		Curva circular simples com taper		
			Raios (m)	Afastam. (m)	Raio (m)	Afastam. (m)	Taper (m)
30°	VP	18	-	-	-	-	-
	CO	30	-	-	-	-	-
	SR	60	-	-	-	-	-
45°	VP	15	-	-	-	-	-
	CO	23	-	-	-	-	-
	SR	53	60-30-60	1,0	36	0,6	15:1
60°	VP	12	-	-	-	-	-
	CO	18	-	-	-	-	-
	SR	45	60-23-60	1,7	29	1,0	15:1
75°	VP	11	30-8-30	0,6	8	0,6	10:1
	CO	17	36-14-36	0,6	14	0,6	10:1
	SR	-	45-15-45	2,0	20	1,0	15:1
90°	VP	9	30-6-30	0,8	6	0,8	10:1
	CO	15	36-12-36	0,6	12	0,6	10:1
	SR	-	55-18-55	2,0	18	1,2	15:1
105°	VP	-	30-6-30	0,8	6	0,8	8:1
	CO	-	30-11-30	1,0	11	1,0	10:1
	SR	-	55-14-55	2,5	17	1,2	15:1
120°	VP	-	30-6-30	0,6	6	0,6	10:1
	CO	-	30-9-30	1,0	9	1,0	10:1
	SR	-	55-12-55	2,6	14	1,2	15:1
135°	VP	-	30-6-30	0,5	6	0,5	10:1
	CO	-	30-9-30	1,2	9	1,2	10:1
	SR	-	48-11-48	2,7	12	2,0	15:1
150°	VP	-	23-6-23	0,6	6	0,6	10:1
	CO	-	30-9-30	1,2	9	1,2	8:1
	SR	-	48-11-48	2,1	11	2,1	6:1
180°	VP	-	15-5-15	0,2	5	0,2	20:1
	CO	-	30-9-30	0,5	9	0,5	10:1
	SR	-	40-8-40	3,0	8	3,0	5:1

Fonte: DNIT (2005).

A Figura 07 mostra como é aplicado os valores do quadro 04 para elaboração dos projetos mínimos para conversões do veículo de projeto CO em ângulos de 90°.

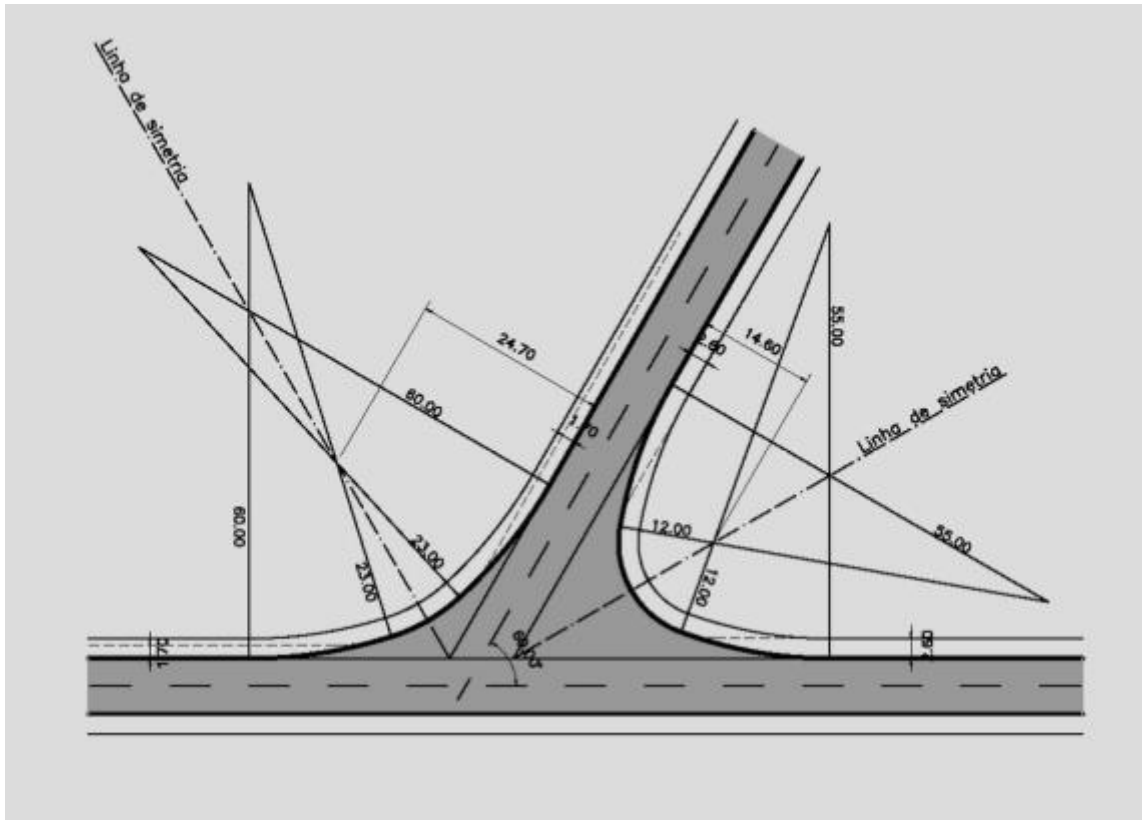
Figura 7 – Projeto mínimo para veículos do CO (conversão de 90°)



Fonte: DNIT (2005).

A Figura 08 apresenta um projeto com curva circular composta de três para veículo de projeto SR com ângulos de conversão de 60° e 120°.

Figura 8 – Projeto de curvas de três centros para veículos do tipo SR



Fonte: DNIT (2005).

Quadro 5 - Raios mínimos para curvas em interseções

Velocidade de projeto (km/h)	25	30	40	50	60	70
Coefficiente de atrito transversal - f	0,32	0,28	0,23	0,19	0,17	0,15
Superelevação (%)	0	2	4	6	8	9
Raio mínimo calculado (m)	15	24	47	79	113	161
Raio mínimo arredondado (m)	15	25	50	80	115	160

Fonte: DNIT (2005)

Obs.:

- i) Os raios acima são adotados de preferência no bordo interno da pista.
- ii) Para velocidades superiores a 70 km/h devem ser usados os valores correspondentes às vias em geral.
- iii) Para fluxo contínuo os raios de curva deverão ser maiores que 30 m.

4.6 LARGURA DOS RAMOS

A largura do ramo da faixa de uma interseção inclui a largura da pista de rolamento, acostamento e/ou a faixas de segurança. Em casos de ramos de uma faixa

com pequenos comprimentos não é obrigatório a adição de espaço para ultrapassagem de veículos imobilizados.

Não se torna obrigatório a compreensão do acostamento nos ramos das interseções, mas os obstáculos devem ficar distantes da pista de rolamento. No caso das faces de pilares o afastamento mínimo deve ser de 1,50 metros do bordo.

Ramos antecedendo locais de parada obrigatória criam problemas de operação e segurança quando possuem acostamentos, pois os mesmos vêm a ser utilizados como estacionamento ou faixa de espera para conversões, aconselha-se que sejam evitados os acostamentos nesses tipos de ramos.

A largura de um ramo depende da natureza do tráfego, curvatura, tipo de operação e volume. As condições do tráfego podem ser identificadas como:

Condição de Tráfego A – Predominam veículos VP, mas é dada alguma consideração para veículos do tipo CO.

Condição de Tráfego B – Número suficiente de veículos CO para impor as condições do projeto, com alguma consideração para veículos SR; volumes moderados de caminhões, perfazendo 5 a 12% do tráfego total.

Condição de Tráfego C – Número suficiente de veículos O para impor as condições do projeto, ou intensidade elevada de caminhões incluindo alguns semirreboques.

Os tipos de operação nas pistas de conversão podem ser classificados em:

Caso I – Operação em uma única faixa e um sentido, não sendo previstas ultrapassagens; adotado para movimentos de conversão secundários e baixos volumes de trânsito, onde a pista de conversão é relativamente curta.

Caso II – Operação em uma única faixa e um sentido, sendo prevista possibilidade de ultrapassagem dos veículos parados; aplicável para todos os movimentos de conversão com intensidade de trânsito de moderado a pesado que não exceda, entretanto, a capacidade de operação de uma ligação de faixa única.

Caso III – Operação em faixa dupla, com mão única ou dupla; aplicável onde a operação é feita em um ou nos dois sentidos para trânsito muito intenso.

No Quadro 06 são evidenciadas as larguras das pistas de rolamento para cada tipo de condição de tráfego em combinação com o tipo de operação. As alterações que devem ser feitas nessas larguras levando em conta a natureza das margens, estão sendo indicas na parte inferior do quadro. Sempre deve-se adicionar as larguras das faixas de segurança nas larguras das faixas de rolamento

Quadro 6 – Largura das pistas de conversão (m)

Raio do bordo interno da pista (m)	Caso I Uma faixa de trânsito sem previsão de passagem à frente			Caso II Uma faixa de trânsito com previsão para passagem de um veículo parado			Caso III Duas faixas de trânsito, com um ou dois sentidos		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,4	5,5	7,0	6,0	7,8	9,2	9,4	11,0	13,6
25	4,8	5,0	5,8	5,6	6,9	7,9	8,6	9,7	11,1
30	4,5	4,9	5,5	5,5	6,7	7,6	8,4	9,4	10,6
50	4,2	4,6	5,0	5,3	6,3	7,0	7,9	8,8	9,5
75	3,9	4,5	4,8	5,2	6,1	6,7	7,7	8,5	8,9
100	3,9	4,5	4,8	5,2	5,9	6,5	7,6	8,3	8,7
125	3,9	4,5	4,8	5,1	5,9	6,4	7,6	8,2	8,5
150	3,6	4,5	4,5	5,1	5,8	6,4	7,5	8,2	8,4
Tangente	3,6	4,2	4,2	5,0	5,5	6,1	7,2	7,9	7,9
Modificação da largura em face das condições dos bordos do pavimento									
Acostamento Não estabilizado	-			-			-		
Meio fio transponível	-			-			-		
Meio fio intransponível:									
Um lado.	+0,30m			-			+0,30m		
Dois lados.	+0,60m			+0,30m			+0,60m		
Barreira rígida:									
Um lado.	+0,60m			+0,30m			+0,60		
Dois lados.	+1,20m			+0,60m			+1,20m		
Acostamento estabilizado de um ou dois lados	Largura da faixa para as condições B e C pode ser reduzida em tangente para 3,60m se o acostamento for igual ou superior a 1,20m.			Subtraia a largura do acostamento. A largura não deve ser menor que a correspondente ao Caso 1.			Subtraia 0,60m se a largura do acostamento for igual ou superior a 1,20m.		

Fonte: DNIT (2005).

4.7 DIMENSIONAMENTO DA FAIXA DE DESACELERAÇÃO E ACELERAÇÃO

Os Quadros 07 e 08 apresenta os comprimentos das faixas de mudança de velocidade para greides de até 2% em relação a velocidade diretriz e a velocidade de segurança da curva de saída/entrada (faixas de aceleração e desaceleração). Os comprimentos das faixas de mudança de velocidades incluem o taper condizente.

Quadro 7 – Comprimento das faixas de desaceleração

Velocidade diretriz	Taper (m)	Comprimento da faixa de desaceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de saída (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	60	110	105	95	85	70	60	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	70	-
90	80	145	140	135	120	110	100	90	80
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	90	180	180	170	160	150	140	120	105
120	100	200	195	185	175	170	155	140	120

Fonte: DNIT (2005).

Quadro 8 – Comprimento das faixas de aceleração

Velocidade diretriz	Taper (m)	Comprimento da faixa de aceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de entrada (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	90	70	60	45	-	-	-	-
60	55	130	110	100	70	55	-	-	-
70	60	180	150	140	120	90	60	-	-
80	70	230	210	200	180	140	100	70	-
90	80	280	250	240	220	190	140	100	80
100	85	340	310	290	280	240	200	170	110
110	90	390	360	350	320	290	250	200	160
120	100	430	400	390	360	330	290	240	200

Fonte: DNIT (2005).

Obs.: O comprimento mínimo da faixa de desaceleração e aceleração será sempre o do taper indicado nos quadros.

4.8 ANÁLISE DA SINALIZAÇÃO E VELOCIDADES PERMITIDAS

A análise das sinalizações do local em estudo será feita com base no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, as possíveis falhas encontradas na situação atual serão corrigidas e adicionadas ao projeto de adequação.

4.9 PROJETO DE ADEQUAÇÃO UTILIZANDO O SOFTWARE CIVIL 3D

O AutoCad Civil 3D é um software que reuni a funcionalidade do AutoCad com levantamentos topográficos e geoprocessamento. O software disponibiliza diversas ferramentas que permitem a elaboração de projetos na área de transportes, análise de bacias hidrográficas e estudos hidráulicos e hidrológicos, com maior facilidade, além da modelagem de informações de construção (BIM) para projetos otimizados.

As ferramentas do Civil 3D são voltadas para a importação de dados, que no caso de levantamento topográfico permitem a geração de modelos digitais de terreno e geração do produto final, na parte de projetos de obra linear a geometria pode ser definida através do software que gera os alinhamentos horizontais e perfis verticais.

A elaboração do projeto de adequação será feito utilizando as ferramentas disponíveis no software AutoCad Civil 3D.

5 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que no presente trabalho, seja elaborado o projeto de adequação de uma interseção rodoviária, considerando diversos fatores e problemas existentes no projeto atual que influenciam significativamente no desempenho da interseção, gerando uma estrutura que possibilite a fluidez do tráfego, principalmente no horários de picos, onde ocorre o aumento do tráfego no local e possibilitando maior segurança aos condutores.

6 CRONOGRAMA

Quadro 9 – Cronograma da pesquisa

Período	2019/1				2019/2			
Atividade	MESES				MESES			
	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Concepção do projeto								
Revisão bibliográfica								
Metodologia								
Defesa do projeto								
Contagem volumétrica								
Avaliação das características da interseção								
Discursão dos dados								
Projeto de adequação								
Conclusão								
Defesa do projeto final								

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Legenda	
	Executado
	Em Processo
	Falta Executar

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº. 9.503, de 23 de setembro de 1997. Código de Trânsito Brasileiro, Anexo I. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm>. Acesso em 06 de maio de 2019.

CONTRAN, Conselho Nacional de Trânsito. Brasília. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito**. 2ed., 2007. Vol. I, II, III, IV, V, VI e VII. [Manual].

DENATRAN, Departamento Nacional de Trânsito. **Relatório Estatístico: Brasil 2019**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/estatistica/237-frota-veiculos>>. Acesso em 06 de maio de 2019.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro – Publicação IPR – 723. **Manual de Estudos de Tráfego**, 2006. 388p. [Manual].

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro – Publicação IPR – 718. **Manual de Projeto de Interseções**. 2.ed., 2005. 530p. [Manual].

FAVERO, Renan. Análise de tráfego e soluções viárias: estudo de caso em uma interseção na cidade de Santa Maria – RS. 2017. 128f. **Monografia** (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

GOOGLE EARTH. **Interseção da área de estudo**, 2019. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@-10.66496978,-48.39711189,227.18591345a,668.88224721d,35y,20.87600528h,5.85025247t,0r/data=ChMaEQoJL20vMGt3Nmx3GAEGASgC>>. Acesso em: 15 de Abril de 2019.

GUERREIRO, G. C. M. Sinalização de intervenções rodoviárias de nível. 2012. 289f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia civil). Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.

LEAL JÚNIOR, Francisco de Sousa. 2017. 68f. Estudo sobre faixa de domínio de rodovias federais ocupadas por famílias socialmente vulneráveis. **Monografia** (Especialista em Operações Rodoviárias). Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasília, 2017.

LEAL, B. A. B. Análise da relação das características das rodovias e vias urbanas com as causas de acidentes. 2014. 120f. **Monografia** (Bacharel em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PEREIRA NETO, W. A.; WIDMER, J. A. Compatibilidade das faixas de mudança de velocidade para o tráfego de veículos pesados em rodovias Brasileiras. **Transportes**, v. XVI, n. 2, p. 32-40, dez. 2018.

SANTOS, Cristiano Zulianello. Estudo de tráfego da BR-101 no trecho sul do estado do Rio de Janeiro por meio do método do highway capacity manual 2010. 2013. 84f. **Monografia** (Bacharel em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

VALIM, Lucas Maiolini; ALVES, Yony Brugnolo. O desenvolvimento das interseções rodoviárias brasileiras. Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais, Minas Gerais, 2016.