

VERIDIANA MARIA ARMOND VASCONCELOS

**OPORTUNIDADES DE TRAVESSIA E
OPORTUNIDADES DE CONFLITO
PARA PEDESTRES EM
INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS**

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia.**

São Paulo

2004

VERIDIANA MARIA ARMOND VASCONCELOS

**OPORTUNIDADES DE TRAVESSIA E
OPORTUNIDADES DE CONFLITO
PARA PEDESTRES EM
INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS**

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia.**

**Área de Concentração:
Engenharia de Transportes**

**Orientador:
Prof. Dr. Hugo Pietrantonio**

São Paulo

2004

Vasconcelos, Veridiana Maria Armond
Oportunidades de Travessia e Oportunidades de
Conflito para Pedestres. São Paulo. 2004, 83 páginas,
2 anexos.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo. Departamento de
Engenharia de Transportes.

1. Segurança para Pedestres. 2. Oportunidades de
Travessias e de Conflitos. I Universidade de São
Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia de Transportes. II. t.

Aos meus pais, Sandra e José Maria “in
memorian”, pelo incentivo e amor durante a
caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Hugo Pietrantonio, pela amizade e competência na orientação dessa dissertação e pela grande paciência em assistir a maturação desse trabalho.

À CNPq, que possibilitou a minha permanência nesta Escola como aluna em dedicação específica.

Os meus agradecimentos aos amigos Denise Lima Lopes, Lili Bornshtein, Letícia Marconsin Pfeiffer e Luiz Bizerril Tourinho por todo apoio e carinho.

À minha mãe e amiga Sandra Maria Armond Vasconcelos por seu amor incondicional.

Uma palavra de saudade e de agradecimento ao meu pai, engenheiro, Professor José Maria Soares Vasconcelos.

Por fim, agradeço a *Jesus Cristo* o Verdadeiro Mestre.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento dos pedestres diante de oportunidades de travessia identificando o grau de risco envolvido na operação dentro do contexto das interseções urbanas semaforizadas.

São apresentados e discutidos alguns aspectos importantes para avaliação da segurança nas travessias dos pedestres, evidenciando-se os conceitos de oportunidade de travessia e oportunidades de conflito entre pedestres e veículos. A complexidade está em avaliar e ponderar quais das travessias oferecem riscos aceitáveis ou inaceitáveis quando da exposição dos pedestres ao tráfego veicular em condições reais, ou seja, pelo aproveitamento de brechas entre veículos nas várias faixas de tráfego.

Como fatores preponderantes foram discutidas as especificidades dos diferentes grupos de pedestres, considerando sua velocidade e a predisposição de travessia em uma única etapa ou em várias etapas. Foi verificado que a definição das oportunidades de travessia relacionadas com o projeto da interseção, em nível de geometria e sinalização semafórica, propicia uma ferramenta de análise importante para a definição dos níveis de oportunidades de travessia, retratando o nível de risco ou de conflito para as mesmas.

Para a determinação das medidas de oportunidade foi examinada uma seção de travessia de pedestres, na cidade de São Paulo, em um cruzamento semaforizado com canalização por gradis (os quais restringiam a travessia, sendo as mesmas realizadas em situação de transgressão) caracterizando uma restrição de travessia. Foram registrados os instantes ao longo do ciclo, o posicionamento real dos veículos e dos pedestres, e avaliadas as oportunidades de travessias ofertadas e efetivamente realizadas.

A metodologia apresenta como vantagem a contagem dos intervalos em que as travessias são consideradas aceitáveis e inaceitáveis. A comparação entre esquemas semafóricos e entres locais podem ser realizados, sinalizando as possibilidades de melhorias nos projetos considerando a segurança dos pedestres.

A metodologia representa uma Análise Preliminar de Riscos para as Travessias.

ABSTRACT

This work aims at studying the pedestrian behavior when facing crossing opportunities, and at identifying the level of risk.

Here are presented some aspects of safety evaluation at pedestrians crossings for the City of São Paulo. This work is using concepts of crossing opportunities and conflict opportunities between pedestrians and vehicles. The complexity relies in evaluating and considering which of the pedestrian crossings offer acceptable or unacceptable risks when pedestrians are exposed to the vehicle traffic in actual conditions, which means when they accept the gaps between traffic lanes.

One of the main factors is the identification of the characteristics of different groups of pedestrians, regarded their speed and capability in accepting to cross in one single step or in two steps. It was verified that the definition of crossing opportunities related to the design in terms of geometry and signalization provided a valuable tool for the definition of opportunity levels, reproducing its risk or conflicts.

To define the opportunity measures, a section of a pedestrian crossing in the City of São Paulo was examined. This was a signalized intersection with canalization resulting in restriction crossings. In each cycle were observed the actual positing of the vehicles and pedestrians, second by second, and the crossing opportunities offered and actually occurred were evaluated.

The advantage of the methodology is the interval counting (lags) in which the crossings are considered acceptable or unacceptable. The comparison between different traffic schemes sites were verified, indicating the possibilities of improvement in pedestrian safety projects.

The methodology represents a Preliminary Analysis of Risk for pedestrian crossings.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO 1

1.1 Objetivo do Trabalho..... 1

1.2 Justificativa de Interesse..... 2

1.3 Estrutura do Trabalho..... 4

CAPÍTULO 2

A SEGURANÇA DE PEDESTRES EM INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS

URBANAS 6

2.1 Definições e Terminologias Básicas 7

2.2 Observações Gerais sobre as Travessias de Pedestres 15

2.2.1 Aspectos Legais..... 15

2.2.2 Recomendações sobre Semáforos para Pedestres 17

2.2.3 Recomendações sobre Tratamento das Travessias..... 19

2.3 Especificidades de Alguns Grupos de Pedestres..... 33

2.4 Oportunidades de Travessia e Oportunidades de Conflito..... 37

2.4.1 Oportunidades de Travessia 37

2.4.2 Medidas de Oportunidade de Conflito 37

2.4.3 Alternativas Metodológicas para o Estudo..... 57

2.4.4 Aspectos Comportamentais do Pedestre e Qualificação das
Travessias efetivas 60

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA PROPOSTA PARA O ESTUDO DE CAMPO 64

3.1 Os Conceitos Investigados de Oportunidades de Travessia e de

Oportunidades de Conflito e a Qualificação da Segurança.....	65
3.1.1 Conceitos de Oportunidades de Travessia.....	66
3.1.2 Oportunidade de Travessia e Oportunidade de Conflito	71
3.1.3 Aspectos Comportamentais do Pedestre	55
3.2 Definição da Metodologia de Campo e de Análise.....	78
3.2.1 Unidade de Tempo na Observação.....	78
3.2.2 Anotação da Movimentação Veicular	78
3.2.3 Seleção das Travessias Críticas	79
3.2.4 Procedimento para o Estudo de Campo.....	79
3.2.5 Procedimento de Análise de Dados.....	81
3.2.6 Uma Nota Sobre os Procedimentos de Aplicação.....	82

CAPÍTULO 4

ESTUDO DE CASO EM TRAVESSIAS EM INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS.....	84
4.1 Especificidades do Local.....	85
4.2 Definição do Procedimento de Medição	88
4.2.1 Qualificação das Travessias Observadas.....	91
4.2.2 Identificando as Oportunidades de Travessia.....	93
4.2.3 Identificando as Oportunidades de Conflito.....	99
4.3 Apresentação dos Resultados Obtidos em Campo.....	104
4.4 Análise Estatística dos Dados.....	118
4.5 Discussão e Avaliação dos Resultados:.....	123

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES	125
-------------------------	------------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
--	------------

ANEXO A

ANEXO B

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1: Travessia na interseção, normal e alinhada.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2.2: Travessia na interseção, normal e desalinhada</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2.3: Travessia na interseção, afastada e alinhada</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2.4: Travessia na interseção, afastada e desalinhada.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3.1: Classificação das oportunidades de travessia e sua relação com a classificação das oportunidades de conflito</i>	<i>75</i>
<i>Figura 4.1: Configuração geométrica da Av. Faria Lima com R. Teodoro Sampaio.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 4.2: Travessias estudadas da Av. Faria Lima com R. Teodoro Sampaio e as movimentações conflitantes veiculares e de pedestres.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 4.3: Identificação das Oportunidades de Travessia</i>	<i>97</i>
<i>Figura 4.4: Identificação das Oportunidades de Conflito.....</i>	<i>102</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 2.1 – Fatores de Análise de Condições de Travessia</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 4.1 – Dados Gerais das Travessias nos Ciclos Semafóricos Estudados</i>	<i>90</i>
<i>Tabela 4.2 – Parâmetros de Avaliação das Travessias Efetivas</i>	<i>93</i>
<i>Tabela 4.3 – Qualificação das Travessias Efetivas nos Ciclos Semafóricos.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabela 4.4a – Oportunidades de Travessias nos Ciclos Semafóricos: Moderado/Prudente.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabela 4.4b – Oportunidades de Travessias nos Ciclos Semafóricos: Rápido/Ousado.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabela 4.4c – Oport. de Travessias nos Ciclos Semafóricos: Vagaroso/Conservador</i>	<i>112</i>
<i>Tabela 4.5a – Oportunidades de Conflito nos Ciclos Semafóricos para Análise....</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 4.5b – Oportunidades de Conflito nos Ciclos Semafóricos em Veículos....</i>	<i>116</i>
<i>Tabela 4.6 – Correlação entre TRIs e Variáveis de Oportunidade de Travessia</i>	<i>119</i>

<i>Tabela 4.7 – Análise de Regressão entre TRIs e Variáveis de Oportunidade de Travessia</i>	<i>120</i>
<i>Tabela 4.8 – Correlação entre TRIs e Variáveis de Oportunidade de Conflito</i>	<i>122</i>
<i>Tabela 4.9 – Análise de Regressão entre TRIs e Variáveis de Oportunidade de Conflito</i>	<i>123</i>

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O objetivo do presente capítulo é apresentar o escopo e discutir a motivação deste trabalho em estudar **oportunidades de travessias e oportunidades¹ de conflitos** para pedestres com a movimentação veicular especificamente no contexto das interseções urbanas semaforizadas.

Dessa forma, nos itens seguintes, são apresentados o objetivo do trabalho, a justificativa de interesse pelo tema e a estrutura da apresentação.

1.1 Objetivo do Trabalho

O objetivo deste trabalho é estudar os pedestres diante de oportunidades² de travessia (entendidas como os eventos elementares em que o pedestre *aceita* atravessar a via) no contexto urbano e identificar o grau de segurança oferecido aos pedestres

¹ Entende-se como oportunidades de conflito (Conflict Opportunity) as circunstâncias de travessias em que certas pré-condições básicas requeridas para a ocorrência de conflitos no tráfego estão presentes (por exemplo, a presença simultânea de veículos e pedestres). Como será discutido adiante, o interesse no seu estudo decorre de ser eventualmente mais simples verificar sua existência do que a ocorrência dos conflitos de tráfego.

² Entende-se por oportunidade de travessia, no sentido de “oportunismo”, a existência de circunstâncias propícias para realizar-se a travessia. (A facilidade define a qualidade).

caracterizado através de medidas de oportunidades de conflitos (entendidas como situações em que existe potencial de ocorrência de eventos com insegurança na travessia, ou ainda, entendidas como eventos em que há pré-condições para riscos de conflitos entre pedestres e os veículos).

Dois aspectos complementares do atendimento às necessidades dos pedestres (a existência de possibilidade adequada de travessia e sua segurança) serão, desta forma, estudados através de conceitos específicos.

1.2 Justificativa de Interesse

A justificativa deste trabalho é atribuída à necessidade de entender e caracterizar a movimentação de pedestres inseridos dentro de um contexto urbano, para possibilitar um deslocamento fácil e seguro para os pedestres.

Proporcionar esse deslocamento fácil e seguro torna-se cada vez mais difícil em vista da crescente saturação das vias, visto que, concomitantemente, deve-se atender às necessidades da demanda veicular que cresce continuamente e concorre no balanceamento dos tempos de verde para uma interseção controlada por semáforos.

As programações semaforicas desenvolvidas levam em consideração várias características que condicionam a mobilidade dos pedestres. Dentre estas pode-se mencionar a distância do deslocamento para o pedestre, sua velocidade, a geometria da via e as condições de tráfego. Contudo, a observação da movimentação dos pedestres permite identificar diversas situações em que o atendimento da situação “típica” ou “média” não reflete e não contempla as necessidades dos pedestres, por exemplo dos usuários comuns em situações particulares e de uma porcentagem minoritária de pedestres com características especiais (que são também usuários efetivos ou potenciais do sistema).

Dada a sua vulnerabilidade física, as especificidades de cada grupo de pedestre diante dos veículos nos vários esquemas de controle semaforicos possíveis na sua

circulação em uma travessia, em particular em uma interseção semaforizada, podem ser importantes para identificar o grau de aceitação e conforto ou de periculosidade e risco envolvido na tarefa de travessia por parte do pedestre. De forma geral, esta é a questão investigada neste trabalho.

Como será evidenciado na revisão bibliográfica realizada no capítulo 2, a recomendação relativa ao atendimento das necessidades dos pedestres em travessias, particularmente em interseções semaforizadas, são “simplistas”, no sentido de não identificarem diversas especificidades tanto dos indivíduos, como dos contextos possíveis da sua movimentação e dos conflitos decorrentes com os veículos.

Pode-se citar como exemplo os critérios propostos pelo MUTCD (o manual de sinalização viária nos Estados Unidos, que tem servido de inspiração para diversos outros documentos, entre estes os manuais de semáforos e de pedestres do DENATRAN, propostos para o Brasil). A análise do atendimento das necessidades dos pedestres considera apenas volumes veiculares e valores de brechas adequadas para os usuários médios. Contudo, acredita-se que alguns pedestres apenas sentem-se seguros atravessando em estágios semaforicos com movimentos protegidos dos fluxos veiculares conflitantes e com a fila de veículos parada.

Como será apresentada nos capítulos 2 e 3, a proposta metodológica adotada considera necessário qualificar e generalizar o conceito de brecha adequada para as travessias e introduzir medidas mais operacionais para caracterizar a segurança oferecida em cada esquema de controle semaforico.

Isto será feito, inicialmente, buscando distinguir as características dos diferentes tipos de pedestres e utilizando uma idéia mais ampla: o conceito de oportunidade de travessia, onde o pedestre atravessa assumindo riscos que considera aceitáveis diante da movimentação veicular existente (comportamento efetivo).

Este conceito será, então, complementado buscando selecionar medidas de risco e periculosidade, entendidos como medidas de exposição e de propensão a gerar

acidentes (como também discutido nos capítulos 2 e 3), que sejam mensuráveis (se possível facilmente calculáveis) e que são genericamente associados aos vários conceitos de oportunidade de conflito (isto é, pré-condições para ocorrência de conflitos).

Este trabalho, portanto, coloca a necessidade de estudar métodos de avaliação da segurança dos pedestres em travessias, particularmente de interseções semaforizadas, capazes de analisar com maior detalhe as características específicas dos diferentes esquemas de controle semafóricos alternativos e as necessidades específicas dos diferentes grupos de pedestres, usuários efetivos ou potenciais da via. A combinação destes fatores intervenientes é um desafio para a arte de projetar estas travessias.

Metodologicamente, abordagens semelhantes seriam aplicáveis para estudar a segurança dos pedestres em outros contextos e para estudar outros aspectos da segurança de trânsito.

1.3 Estrutura do Trabalho

O capítulo 2, a seguir, resume os resultados de estudos anteriores sobre a segurança de pedestres em interseções semaforizadas urbanas:

- Legislação e regulamentação pertinentes;
- Manuais de projeto e segurança para pedestres;
- As características dos pedestres;
- Conceitos e filosofias que consideram questões das travessias;
- Critérios de implantação de semáforos;
- Medidas complementares de infra-estrutura que compõem o ambiente do pedestre nas interseções;
- Controle por semáforos e arranjos físicos das travessias em interseções;
- Medidas que avaliam a segurança (apresentando o que já foi realizado: pressupostos e lacunas); e
- Análise de critérios que representam os níveis de segurança das travessias baseado nos conceitos de Oportunidades de Conflitos.

O capítulo 3 discute as questões metodológicas envolvidas em identificar, quantificar e qualificar as oportunidades de travessias e as oportunidades de conflitos.

No capítulo 4 apresentam-se a metodologia e os resultados do estudo de caso realizado na cidade de São Paulo, através de uma análise referente às oportunidades de travessia e às oportunidades de conflito.

O capítulo 5 apresenta as conclusões e recomendações obtidas.

CAPÍTULO 2 - A SEGURANÇA DE PEDESTRES EM INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS URBANAS

Neste capítulo serão apresentadas as observações preliminares e as considerações teóricas importantes para este trabalho. Foram identificados, na literatura referente à segurança de pedestres em interseções semaforizadas, os seguintes aspectos:

- tratamentos usuais para segurança dos pedestres;
- características do diferentes tipos de pedestres; e
- oportunidades de travessia e oportunidades de conflito.

Inicialmente, no **item 2.1**, apresentar-se-ão as definições e terminologias adotadas no trabalho, no que se refere à movimentação de pedestres no sistema viário.

No **item 2.2** serão apresentados aspectos legais e algumas técnicas utilizadas para promover a segurança dos pedestres, com o objetivo de estabelecer uma tipologia de travessias a ser utilizada neste estudo. Alguns aspectos específicos da aplicação de diferentes tratamentos serão comentados. Especialmente:

- os aspectos ponderados para decidir semaforizar as interseções e as travessias de pedestres, em particular, discutindo alguns conceitos usuais no dimensionamento dos tempos de verdes para veículos e pedestres;
- os elementos físicos e de controle envolvidos na utilização e no projeto dos diferentes tratamentos orientados aos pedestres; e
- as considerações que dizem respeito à interação entre o atendimento dos fluxos de veículos e de pedestres diante do controle por semáforo, que é uma das maiores restrições para proporcionar a segurança aos pedestres.

No **item 2.3**, apresentar-se-ão as especificidades dos diferentes grupos de pedestres, em termos de comportamentos e suas necessidades particulares de mobilidade. O objetivo é caracterizar os requisitos a serem atingidos para o atendimento das necessidades de travessia dos diferentes grupos.

Por fim, no **item 2.4**, é feita uma discussão a respeito de conceitos teóricos que serão utilizados neste trabalho, entre estes as oportunidades de travessia e as medidas de exposição baseadas em oportunidades de conflito.

2.1. Definições e Terminologia Básicas

A seguir, são fixadas algumas definições básicas utilizadas neste trabalho.

O DENATRAN (1979a), consciente da problemática envolvendo os pedestres, editou recomendações técnicas específicas para atendimento aos pedestres e determinou como um dos principais pontos a serem abordados, os aspectos concernentes às “**Facilidades para Pedestres**” dentro das “**Diretrizes de Segurança de Trânsito**”. Produziu um Manual de Segurança de Pedestres que identifica as metodologias e os critérios mínimos que devem ser utilizados no tratamento de dispositivos destinados a aumentar a segurança dos pedestres, sendo uma das principais publicações do Departamento Nacional de Trânsito brasileiro no que diz respeito à Segurança de Pedestres.

Sempre que adequado, serão utilizadas as definições e a terminologia adotadas em DENATRAN (1979a). Neste manual, as travessias de pedestres são classificadas em:

- (1) travessias em nível, e
- (2) travessias em desnível.

As travessias em nível, por sua vez, dividem-se em:

- (i) travessias em interseções semaforizadas,
- (ii) travessias em interseções não-semaforizadas, e
- (iii) travessias entre interseções.

Para a presente análise serão consideradas apenas as travessias em nível, especialmente as localizadas em interseções semaforizadas.

Sempre que há conflito dos movimentos não prioritários de pedestres e correntes de tráfego veiculares, os pedestres devem acomodar-se nas brechas entre as passagens de veículos. Seguindo as definições de May (1990 p.12), os intervalos entre chegadas dos veículos consistem de dois períodos de tempo: o tempo de ocupação veicular e o tempo de separação entre os veículos (a brecha efetiva). No entanto, usualmente, intervalos e brechas podem ser considerados equivalentes em termos práticos. Ainda segundo May (1990 p. 15-34), a distribuição dos intervalos entre veículos, ou brechas, pode ser classificada em três condições: (i) estado de brechas aleatórias, (ii) estado de brechas constantes, e (iii) estado de brechas intermediárias. O estado (ii) pode ser associado ao escoamento de pelotões compactos de veículos, como os formados a partir dos veículos retidos no vermelho e liberados no início do verde com semáforos.

Em uma interseção semaforizada, as condições de permissão e operação dos movimentos veiculares ou de pedestres alteram-se ao longo do ciclo semaforico.

Segundo o DENATRAN (1979a, p.32), o controle por semáforo pode ser de dois tipos:

- (i) com tempo de ciclo fixo,
- (ii) acionado pelo pedestre.

Esta classificação adota, naturalmente, a perspectiva dos pedestres (existem diversos outros tipos de semáforos, quando se considera a variedade de formas de controle dos fluxos veiculares). Mesmo do ponto de vista dos pedestres, uma classificação mais detalhada pode considerar a forma de acomodar suas necessidades dentro do plano de estágios dos semáforos e a utilização ou não de sinalização específica para pedestres (faixas de pedestres e/ou grupos focais para pedestres). Estes aspectos serão distinguidos dentro da tipologia das travessias descrita a seguir.

Os tipos de travessias, em uma dada interseção, diferem conforme a localização das aproximações e das saídas veiculares.

As aproximações são os locais de onde os veículos originam-se antes de transpor um cruzamento, e as saídas são os locais posteriores ao cruzamento. A característica principal de uma aproximação semaforizada que impacta o pedestre está relacionada com a parada veicular em linha de retenção, aguardando a movimentação veicular das vias transversais. Nestes locais o pedestre atravessa “em carona”, enquanto os veículos aguardam seu direito de passagem (indicação de semáforo verde).

As saídas são os locais onde não se espera que os veículos parem para a movimentação de pedestres, salvo quando a movimentação de conversões tiver de ceder o direito legal de passagem ao pedestre (veja artigo correspondente do Código de Trânsito Brasileiro no Anexo A). Dessa forma, pode-se considerar esta como a **travessia crítica** quando as condições de tráfego veicular (quantidade de veículos) consomem parte significativa do tempo (porcentagem de tempo de verde do semáforo em todas as aproximações) sem gerar ociosidade de tempo de verde veicular aproveitável para os pedestres atravessarem nas brechas entre veículos.

Explicado o significado da travessia crítica serão apresentadas as tipologias definidas a serem utilizadas neste trabalho:

Quadro geral das condições de travessia:

A. No que diz respeito ao controle por semáforo:

a) com semáforo veicular e com semáforo para pedestre,

- b) com semáforo veicular e sem semáforo para pedestre, e
- c) sem semáforo.

B. Quanto ao tipo de esquema semafórico disponível em relação à travessia de pedestres:

a) estágio exclusivo ou seja, todas as travessias estão protegidas pelo controle de tráfego, simultaneamente, de forma a permitir que o pedestre atravesse.

a.1) estágio exclusivo para travessia integral, ou seja, todas as travessias estão protegidas pelo controle de tráfego, simultaneamente, de forma a permitir que o pedestre atravesse (na situação mais crítica) a avenida em uma única etapa. Por exemplo: o pedestre atravessa a via em um dos sentidos de tráfego, alcança o canteiro e por fim atravessa o outro sentido de tráfego até a calçada, sem parar ou aguardar (ou seja, um estágio com vermelho total veicular¹ e alocado em prol do pedestre² permitindo a ele realize a travessia de calçada a calçada).

a.2) estágio exclusivo para travessia parcial, ou seja, todas as travessias estão protegidas pelo controle de tráfego, simultaneamente, de forma a permitir que o pedestre atravesse, na situação mais crítica, a avenida, em duas etapas. Por exemplo, neste esquema o pedestre atravessa a via em um dos sentidos de tráfego, alcança o canteiro e aguarda até ser autorizado pela próxima indicação semafórica no foco de pedestre. É um estágio com vermelho total veicular que permite, apenas, a travessia de pedestres da calçada ao canteiro ou do canteiro até a calçada dependendo do sentido da travessia do pedestre.

¹ O tempo de vermelho total veicular ocorre quando todos os veículos de todas as aproximações param; todas as travessias com porta-foco de pedestre podem visualizar o verde para travessia apenas de pedestres.

² Que é diferente do vermelho total veicular destinado à limpeza da interseção e que, oportunamente, quando da não existência de tráfego veicular o pedestre aproveita para atravessar.

b)estágio com travessia protegida, ou seja, a travessia é protegida pelo controle semafórico, sendo que para isto ocorrer não é necessário parar todos os fluxos veiculares como ocorre no estágio exclusivo para pedestres, parando, apenas, o fluxo de tráfego veicular concorrente. Alguns exemplos destes esquemas são:

b.1) o estágio com travessia protegida *antes ou depois* da saída veicular *conflitante*³.

b.2) o estágio com travessia protegida na carona veicular, apenas na linha de retenção das aproximações de sentido único ou pista dividida por canteiro ou em qualquer travessia onde não exista movimento veicular concorrente (e.g. pela proibição de conversões).

c) tempo antecipado para travessia de pedestres (*leading pedestrian interval*), ou seja, a travessia não é totalmente protegida pelo controle, porém disponibiliza-se um período de alguns segundos no entreverdes para possibilitar a presença do pedestre na travessia, antes da saída veicular *conflitante*⁴, dessa forma, usa-se a preferência legal⁵ do pedestre face ao veículo conflitante na outra parte da travessia.

d) estágio com travessia de pedestre permitida, ou seja, a travessia não é protegida pelo controle, porém, existe o direito legal ou algum momento oportuno de travessia (brecha) a ser aproveitado.

³ O tempo disponível para pedestres na saída ocorre quando apenas os veículos que conflitam com esta travessia param; em qualquer outra aproximação ou saída existe a movimentação de veículos.

⁴ Dentro deste arranjo pode se encontrar a defasagem de abertura semafórica veicular para que os pedestres possam estar presentes na travessia (via) e assim garantir o seu direito de concluir a travessia com preferência em relação ao tráfego veicular (Código de Trânsito Brasileiro – CTB). Normalmente, não há foco de pedestre porque a duração do intervalo é inferior ao tempo de travessia, contudo disponibiliza-se um simples aumento de “entre-verdes”.

⁵ O condutor deve dar preferência ao pedestre que já tiver começado a travessia, especialmente ao realizar movimentos de conversão mas não apenas nestes (CTB, Art.70, parágrafo único).

d.1) estágio com travessia de pedestre não protegida pelo controle de tráfego mas tendo preferência legal, que pelo desrespeito usual à lei no Brasil, poderia ser associado a um movimento apenas permitido. A preferência legal confere ao pedestre o direito de travessia ante à movimentação de conversão, independentemente de ter ou não iniciado a travessia.

d.2) estágio com travessia de pedestre permitida secundária, ou seja, o pedestre não está protegido pelo controle e aguarda uma brecha oportuna para realizar a travessia.

e) estágio com travessia de pedestres não-permitida, ou seja, além de não disponibilizar tempos para travessia protegida, não se deseja que os pedestres atravessem. A não-permissão pode-se dar ou pela implantação de canalização através de gradis, ou pela não-demarkação de faixas ou pela aplicação conjunta de ambas. Só existirá travessia se o pedestre desconsiderar as sinalizações existentes.

C. Quanto às condições de tráfego e controle de tráfego por semáforo

a) Fluxo veicular conflitante escoando continuamente em pelotão. Neste instante não existe brecha em tamanho suficiente para a realização da travessia.

b) Fluxo veicular em pelotão, mas bloqueado por filas adiante. Essa situação propicia travessias que são realizadas aproveitando a não-movimentação veicular. Os veículos estão parados.

c) Fluxo veicular conflitante sem pelotão, mas com brechas mínimas. Este intervalo não permite o aproveitamento de brechas. A grande maioria de pedestres nem cogita a idéia de iniciar a travessia, e continuam aguardando pelo momento oportuno.

d) Fluxo veicular conflitante sem pelotão e com brechas folgadas para as travessias de pedestres. Neste intervalo, dependendo da velocidade de aproximação e da tipologia do veículo, em questão, o pedestre avalia, aguarda e atravessa entre as brechas.

e) **Fluxo veicular conflitante não autorizado pelo semáforo.** Neste intervalo o pedestre atravessa sem precisar avaliar brechas visto que os veículos estão parados sob indicação de semáforo vermelho e aguardando indicação luminosa de semáforo verde para se movimentar. A movimentação veicular, neste intervalo, seria uma desobediência penalizada por multas de trânsito.

D. Quanto à localização da travessia (posição na via, em meio de quadra ou na interseção) e disposição física (padronização das travessias, entre si, de acordo com a sua localização e disposição):

a) Na interseção:

a.1) normal e alinhada (veja Figura 2.1, abaixo),

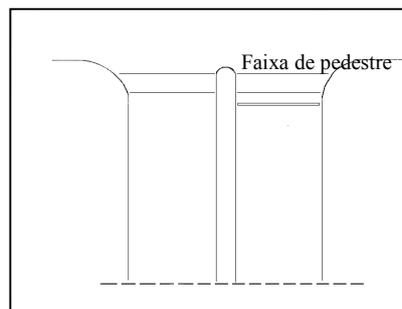


Figura 2.1: Travessia na interseção, normal e alinhada

a.2) normal e *desalinhada* (em “Z”) (veja Figura 2.2, abaixo),

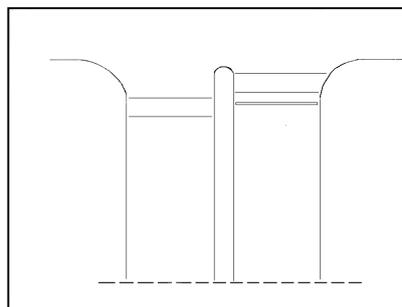


Figura 2.2: Travessia na interseção, normal e desalinhada

a.3) afastada e alinhada (veja Figura 2.3, abaixo), e

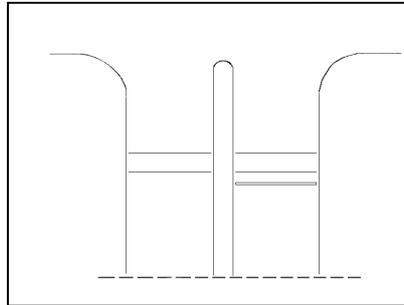


Figura 2.3: Travessia na interseção, afastada e alinhada

a.4) afastada e *desalinhada* (em “Z”) (veja Figura 2.4, abaixo).

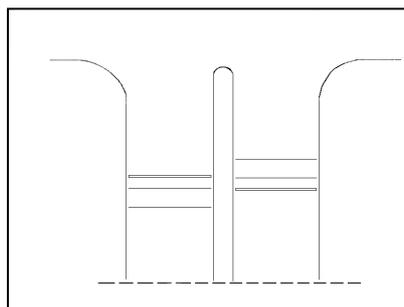


Figura 2.4: Travessia na interseção, afastada e desalinhada

b) No meio de quadra:

4.b.1) alinhada

4.b.2) desalinhada (em “Z”)

Naturalmente, o desalinhamento só é possível quando a via tem um canteiro (separando mais de uma pista). A existência de ilhas de refúgio para espera na travessia em etapas dos fluxos opostos em vias de pista simples ou dos fluxos diretos e de conversão em aproximações de interseções são similares.

E. Quanto ao tempo de verde disponível para pedestre:

a) Adequado ou totalmente protegido, ou seja, mínimos para o verde fixo do pedestre e L/V_p para o tempo com piscante para uma velocidade de travessia adequada (como de 4 segundos de verde fixo e velocidade de caminhada $V_p = 1,2$ m/s, segundo o HCM 2000 cap.18) ou um verde veicular paralelo equivalente para a travessia sem foco de pedestre.

b) Inadequado ou parcialmente protegido, ou seja, com tempo de verde inferior ao necessário para o pedestre atravessar completamente a via sem conflito (neste caso, a obediência das regras gerais de preferência pode ou não dar ao pedestre a segurança requerida).

Observação: para estas tipologias foi desconsiderada a capacidade da travessia atribuída a sua largura.

2.2. Observações Gerais sobre as Travessias de Pedestres

A seguir, serão discutidos pontos relevantes sobre as travessias de pedestres no que se refere a aspectos legais.

2.2.1. Aspectos Legais

A regulamentação geral sobre a interação entre pedestres e veículos no sistema viário é estabelecida, no campo legal, pelo CTB – Código de Trânsito Brasileiro (Lei 9.503 de 23 de setembro de 1997, suplementada pela Lei 9.602 de 21 de janeiro de 1998) e pelos demais dispositivos regulamentares pertinentes, que atualizaram e inovaram a regulamentação anterior.

Os dispositivos legais são também complementados por atos administrativos de cunho regulatório (notadamente as Resoluções do CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito, órgão regulatório máximo na esfera de trânsito) ou executivo

(correspondentemente as Portarias do DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito, órgão executivo máximo na esfera de trânsito), além de recomendações técnicas diversas (cuja observação é facultada aos técnicos). A jurisdição específica sobre diferentes aspectos ou vias abre também campo para atuação de órgãos rodoviários e/ou órgãos dos níveis estaduais ou municipais.

Esta regulamentação pode ser dividida em dois aspectos:

- as normas gerais de circulação, e
- a sinalização viária que permite alterá-la (quando considerado necessário).

A necessidade de medidas de engenharia de tráfego estabelecerem ou não sinalização para determinar a preferência entre as correntes de tráfego concorrentes, incluindo os pedestres, depende da adequação das regras de preferência estabelecida pelo Código de Trânsito Brasileiro, ou seja, a preferência legal incluída nas normas gerais de circulação.

De forma geral, o CTB (1997) estabelece a prioridade da movimentação de pedestres diante da movimentação veicular que realize conversões (Artigo 38, “respeitadas as normas de preferência de passagem”), e ainda, dá o direito de conclusão de travessia ao pedestre que já a tenha iniciado, mesmo que o semáforo tenha mudado, indicando a liberação dos veículos (Artigo 70). Os itens mencionados do CTB estão reproduzidos na íntegra no Anexo A deste trabalho, onde estão também apresentados os itens correspondentes do CNT – Código Nacional de Trânsito predecessor (Brasil, 1997; Brasil, 1966).

Apesar da existência destas regras de preferência estabelecidas no CTB (ou no antigo CNT), as mesmas não são consideradas válidas na realidade. A representação legal do comportamento dos veículos e dos pedestres não é efetivamente observada na prática, comprometendo a segurança dos pedestres, a filosofia de projeto e a percepção de segurança por parte dos pedestres.

O CTB, ainda, estabelece como recurso o uso de dispositivos específicos de sinalização destinados a alterar a interação entre pedestres e veículos:

- (i) apresentação da disposição das marcas viárias (faixas de travessias de pedestres); e
- (ii) descrição das indicações luminosas.

As faixas de pedestres limitariam o local das travessias e, na ausência de semáforos para pedestres, estabeleceriam sua preferência sobre o tráfego veicular. Os aspectos são, em geral, desrespeitados por ambos, condutores e pedestres.

2.2.2. Recomendações sobre Semáforos para Pedestres

Com base em pesquisa bibliográfica, passa-se a apresentar neste item algumas considerações acerca das condições de tráfego a partir das quais começa-se a pensar em instalação de semáforos para pedestres.

A literatura técnica brasileira não estabelece recomendações claras e definidas a respeito dos critérios a serem utilizados. O que se pode encontrar em algumas referências bibliográficas nacionais, como o Manual de Segurança de Pedestre (DENATRAN, 1979a), são apenas algumas recomendações a respeito de medidas que podem aumentar a segurança do pedestre e as indicações sobre os cenários em que tais medidas são mais apropriadas. Estas recomendações serão citadas mais adiante.

Uma exceção é o Manual de Semáforos (DENATRAN, 1979b) que, entretanto, repete critérios extraídos de publicações estrangeiras, em particular do MUTCD de 1968. Nas versões de 1968 e 1978 do MUTCD, o critério básico de colocação de semáforos devido aos pedestres cita volumes superiores a 600 v/h para veículos e 150 p/h para pedestres em vias sem canteiro (para vias com canteiro os volumes são de 1000 v/h e 150 p/h), podendo-se reduzir estes valores em 70% quando as velocidades (pelo V85) superam 40 mph (64 km/h) e realizar uma análise específica sobre a quantidade de brechas adequadas para travessias escolares.

No Manual de Semáforos (DENATRAN, 1979b), os critérios do MUTCD/1978 são repetidos alterando-se os volumes de pedestres requeridos para 250 p/h e sem ponderar velocidades locais e travessias de escolares.

As novas versões do MUTCD (1988 e 2000, em especial) estão entre as fontes que usualmente definem valores de parâmetros para identificar o cenário no qual semaforizar para o pedestre é necessário. No que se refere a pedestres, o critério proposto nas novas versões baseia-se na quantidade mínima de pedestres, velocidade de pedestres, e na frequência e tamanho de brechas adequadas disponíveis, a saber:

- a) volume de pedestres cruzando a via principal em uma interseção ou meio de quadra em um dia típico ≥ 100 por hora para qualquer 4 horas ou ≥ 190 durante qualquer 1 hora, sendo que pode ser reduzido em 50% quando a velocidade predominante dos pedestres é inferior a “3,5ft/s” (1,07 m/s ou 3,84 km/h);
- b) existam menos que 60 brechas por hora na corrente de tráfego de comprimento adequado para pedestres cruzarem durante o mesmo período quando os volumes em (a) são satisfeitos; para uma via principal com um canteiro largo o suficiente para os pedestres esperarem com segurança, a verificação é feita separadamente para cada pista de tráfego atravessada; e
- c) não deve haver outro semáforo a menos de 90 metros, exceto se não ocorrer prejuízo ao movimento progressivo dos veículos.

Critérios específicos são também propostos para travessias escolares, onde o volume de pedestres é reduzido para 20 estudantes/hora, sempre que o número de brechas adequadas for menor que o número de minutos no sub-período em que as travessias ocorrem (isto é, quando não houver, em média, uma brecha adequada por minuto), em cada etapa da travessia (se houver canteiro). Esta recomendação estipula indiretamente uma espera máxima média para o pedestre de 1 minuto (60 segundos) por travessia; se a principal não possuir um canteiro largo o suficiente para que os pedestres possam esperar com segurança. No caso de existir um canteiro largo, duas travessias são necessárias e a espera para o pedestre em situação mais crítica deverá ser a de 120 segundos.

No Manual de Áreas Escolares (DENATRAN, 2000), adotou-se o volume de 150 p/h para o critério geral baseado nos fluxos de pedestres e inclui-se o critério de espera média de 1 minuto (tratando-se de travessias escolares).

A seguir apresentar-se-ão algumas recomendações qualitativas sobre instalação de semáforo para pedestres estabelecidas pelo Manual de Segurança de Pedestres (DENATRAN, 1979a) considerando ser o semáforo um dos dispositivos que ajudam a aumentar a segurança para os pedestres (p.32):

“A instalação do semáforo se faz necessária onde é indispensável interromper o fluxo de tráfego para permitir que os pedestres atravessem a via ou então, onde é preciso controlar o fluxo de pedestres atravessando a via para não interromper a fluidez do tráfego e não aumentar o retardamento para os veículos.

É também recomendável em trechos com grande demanda de travessia de pedestres, onde se têm faixas exclusivas para ônibus no contra-fluxo (que, mesmo quando perfeitamente sinalizadas, são uma armadilha para os pedestres).”

Ainda segundo o DENATRAN (1979a), nas interseções onde ainda não foi implantado o dispositivo – semáforo para pedestres –, deve-se prever sua instalação. Para tanto, têm prioridade aquelas interseções mais problemáticas, onde a dificuldade de atravessar é maior ou que apresente alto índice de periculosidade ou de acidentes.

No entanto, nenhum parâmetro e o seu valor a respeito de periculosidade para pedestre, são apresentados. Apenas os acidentes são mencionados, sem definir um valor crítico.

2.2.3. Recomendações sobre Tratamento das Travessias.

Para a presente análise serão consideradas apenas as travessias em nível, em interseções semaforizadas, tomando como base especialmente o Manual de Segurança de Pedestres do DENATRAN (1979a).

Entretanto, vale a pena iniciar a discussão observando que o DENATRAN (1979a.) estabelece que travessias em nível **decorrem do conflito constante** entre pedestres e o tráfego veicular e observar que:

“A movimentação de pedestres pode se dar sem grandes dificuldades ou problemas, mas onde o grau e tipo de conflito entre o tráfego de pedestres e o de veículos acarretar riscos para pedestres, surge a necessidade de se providenciar um tipo específico de travessia que diminua ou mesmo elimine o conflito, proporcionando maior segurança aos pedestres e motoristas” (DENATRAN, 1979a, p. 12)

“A **existência ou não do conflito** entre pedestres e veículos e sua gravidade depende do tipo de pessoa atravessando a via (idade, aptidão física, concentração, etc.) das características do tráfego de veículos (velocidade, composição do tráfego, volume de veículos) e das características da via nas proximidades do local de travessia (via de mão única ou não, trechos em curva, proximidade de interseções, etc.)” (DENATRAN, 1979a, p. 12)

“A relativa segurança com que o pedestre pode atravessar uma rua é função do número de brechas entre veículos no fluxo de tráfego e de sua extensão. Estas brechas têm que ser de tal modo que permitam ao indivíduo atravessar sem ter que mudar de direção ou alterar sua velocidade a fim de desobstruir o caminho de um veículo que se aproxima.(...)” (DENATRAN, 1979a, p. 12)

O balanceamento de tempos de verde entre as correntes de tráfego veiculares ditam o comportamento de: (1) dissipação de fila para uma dada aproximação, (2) escoamento em tráfego normal, e (3) escoamento com tráfego esparso. Cada fase do comportamento de tráfego veicular numa aproximação de via controlada por semáforos tem um impacto sobre o comportamento do pedestre.

Assim como May (1990 p. 15-34) classifica a distribuição dos intervalos entre veículos, ou brechas, em três condições: (i) estado de brechas aleatórias, (ii) estado de brechas constantes, e (iii) estado de brechas intermediárias, Vilanova (2003) observa que os estudos de campo realizados pela CET/SP mostram que, em uma interseção controlada por semáforos dentro de uma rede do sistema viário, não é razoável considerar que as chegadas de veículos são independentes e que se ajustam a uma curva de distribuição estatística simples. Percebe-se, através da observação in loco, que o desempenho

veicular ocorre em patamares e é função dos semáforos adjacentes a montante e da distância entre os dois dispositivos de controle semafórico.

Porém, o ciclo imposto pelo controle por semáforo indicando alternância do direito de passagem (verde, amarela e vermelha) impõe uma seqüência dinâmica aos fluxos de veículos de aceleração, movimentação, desaceleração e parada. É atribuído, desta forma, ao balanceamento dos tempos de semáforos e à distribuição direcional dos veículos, segundo suas proporções de tráfego e destino, padrões de brechas a serem gerenciadas pelos pedestres (conforme tipologias de brechas mencionadas acima).

Em cada uma das movimentações que vão do estado parado à movimentação e da movimentação ao estado parado pode-se estabelecer padrões de segurança aos pedestres de forma distinta e desagregada para cada etapa de movimentação.

Ao pedestre cabe escolher (perceber, avaliar e reagir) diante das movimentações de tráfego, tipologia de veículos e das brechas disponíveis quando, onde e como atravessar levando em consideração suas “próprias” condições físicas de mobilidade e de segurança. Segundo o Manual de Segurança de Pedestres:

“(…) Quando o pedestre não encontra estas condições mínimas para atravessar, ele fica sujeito a riscos que podem ser evitados através de medidas que restitua as condições de segurança para a travessia da via” (DENATRAN, 1979a p.13).

Um estudo de caso desenvolvido por Braga *et al* (1998) em travessias semaforizadas em São Paulo estabeleceu algumas medidas de desempenho destacadas pelos pedestres durante a travessia. Este estudo foi adaptado para travessias dentro da realidade brasileira tomando como base o estudo realizado por Khisty (1994) sobre a avaliação da Infra-Estrutura para Pedestres baseado no conceito de níveis de serviço em calçadas.

O estudo referência (Khisty, 1994) estabelece medidas de desempenho para avaliação das calçadas, a saber:

- (1) atratividade;
- (2) conforto;

- (3) conveniência;
- (4) segurança de trânsito;
- (5) segurança pública;
- (6) coerência do sistema; e
- (7) continuidade do sistema.

No item que diz respeito à segurança em calçadas cita: medida de segurança definida como fatores que reduzem os conflitos entre pedestres e veículos. Facilidade de movimento ao andar, até mesmo em áreas de tráfego veicular proibido como shoppings, calçadas, passarelas, escadas, elevadores e rampas etc. Particularmente em redes viárias de tráfego bastante intenso, a provisão de recursos de controle bem projetados, **promovendo tempo e espaço de separação de movimento veicular**, é considerada uma parte essencial relacionada com a segurança.

Esta abordagem também pode ser relacionada com a segurança durante a travessia de pedestres. E é o que propõe o estudo de Braga et al (1998). Alguns atributos definitivos neste estudo e usados na pesquisa com pedestres para travessia semaforizadas na cidade de São Paulo são:

- (1) conforto: (i) tempo de espera para a travessia, (ii) área para aguardar o momento de travessia, (iii) quantidade de pedestres, (iv) mão única, e (v) condições do asfalto da rua;
- (2) segurança: (i) largura da via, (ii) velocidade dos veículos, (iii) consegue ver bem os carros e consegue ser visto (visibilidade), (iv) boa condição de iluminação, e (v) gradil;
e
- (3) continuidade: (i) não ter obstáculos (camelôs/bancas de jornal etc.), (ii) buracos/más condições da calçada, (iii) rebaixamento da guia, (iv) semáforo para pedestres, e (v) canteiro central (ilha).

Os atributos elencados acima podem ser reagrupados considerando a forma como impactam/afetam os seguintes itens abaixo:

(1) Demanda: quantidade de pedestres (conforto), velocidade dos veículos (segurança), não ter obstáculos (continuidade), buracos/más condições da calçada (continuidade);

(2) Geometria: área para aguardar o momento de travessia (conforto), condições do asfalto da rua (conforto), largura da via (segurança), consegue ver bem os carros e consegue ser visto – visibilidade - (segurança), rebaixamento da guia (continuidade), canteiro central – ilha - (continuidade);

(3) Circulação e Iluminação: mão única (conforto), boa condição de iluminação (segurança); e

(4) Sinalização Semafórica: tempo de espera para a travessia (conforto), semáforo para pedestres (continuidade),

A sinalização semafórica, com base no que foi exposto até então, é considerada no item **conforto** no que diz respeito ao tempo de espera para travessia. O que se pretende relacionar neste trabalho é a sua importância no que diz respeito à **segurança** como indutor de tempo separador dos movimentos de pedestres e de veículos **enquanto** “definição dos planos/programação dos tempos dos semáforos” e “coordenação dos tempos entre semáforos” impactando nas travessias dos pedestres.

O dispositivo **semafórico satisfaz a necessidade da alternância** de direito de passagem entre as correntes de tráfego quando o pedestre, diante de tamanha movimentação veicular em alguns locais de travessia, não dispõe de momento oportuno para a realização da travessia. Dessa forma, disputa com o tráfego veicular espaço e tempo sobre a via.

A primeira grande consideração a ser realizada é que **deve-se** considerar todos os usuários do sistema a fim de garantir sua mobilidade.

A decisão de semaforização para pedestres advém da impossibilidade da realização de travessia segura, ou seja, as necessidades de travessia de pedestres não podem ser satisfeitas pelas brechas disponíveis.

Brechas artificiais na corrente de tráfego são criadas pelos semáforos para permitir aos pedestres atravessar. (FHWA, 1988, p.39).

Em muitos casos nem mesmo a utilização “**conjunta**” do esquema semaforico proporcionado aos veículos elimina os conflitos entre as correntes de tráfego veicular e a de pedestres. Este é o caso das travessias localizadas nas saídas da interseção onde a corrente de tráfego é contínua. Nestes casos, um intervalo de tempo exclusivamente de utilização de pedestre deve ser criada para eliminar o conflito.

O DENATRAN (1979a, p.14) considera que: “Deve-se sempre instalar um semáforo específico para pedestres funcionando em **conjunto** com o semáforo para veículo, em locais onde o pedestre atravesse em total segurança, ou seja, não exista, numa mesma fase do semáforo, movimento conflitante de pedestres e veículos.” A prática de utilização de focos para pedestres em interseções concomitantemente com a movimentação veicular de conversão ocorre, entretanto, em países onde direito de preferência da travessia do pedestres sobre os veículos em conversão é obedecida.

Segundo o DENATRAN (1979a, p.14), em algumas interseções é possível assegurar ao pedestre um determinado período no qual ele pode atravessar a via em segurança, com um tempo de verde suficiente para esta travessia. Para casos como este, existe uma variedade de alternativas, dependendo das condições do tráfego da via e do fluxo de pedestres:

(1) Quando **não existem movimentos conflitantes** de pedestres e veículos:

Existem casos onde esta situação é possível e tem-se então segurança total na travessia dos pedestres. O período de verde para pedestres coincide com o vermelho para veículos em uma das fases.

(2) Quando **existem movimentos conflitantes** de pedestres e veículos:

Podem-se tomar diversas medidas em casos como este. A escolha vai depender de uma análise das características do tráfego local (de maneira a não provocar congestionamento, nem aumentar o tempo de viagem e os retardamentos), bem como das características geométricas da via (que podem se transformar em limitação

para a implantação de algumas medidas). Partindo destes princípios, pode-se ter as seguintes alternativas (DENATRAN, 1979a, p.14-17):

- (i) criação de refúgios no local de travessia, separando os fluxos de tráfego, permitindo que os pedestres estejam protegidos durante a espera de uma brecha entre veículos, ou de uma mudança de fase do semáforo;
- (ii) término antecipado da fase do semáforo que permitisse o movimento conflitante de veículos (em geral são movimentos de conversão). Ao mesmo tempo, o período de verde para pedestre seria prolongado por um período igual, permitindo que os pedestres completassem a travessia, antes da liberação do outro fluxo de tráfego. (Se possível, seria recomendável que, em conjunto com esta medida, que se adotasse também a implantação de refúgio);
- (iii) adoção de um tempo de vermelho em conjunto para todos os movimentos de veículos, que teria a duração suficiente para que os pedestres completassem a travessia. Este período de vermelho para todos os movimentos seria viável se o retardamento para todos os movimentos não prejudicasse a fluidez do tráfego e se existisse fluxo razoável de pedestres que justificasse a adoção de tal medida. (Se possível, seria recomendável que, em conjunto com esta medida, se adotasse também a implantação de refúgio); e
- (iv) Proibição de movimento de conversão de veículos desde que seja possível a adoção de um caminho alternativo que não trouxesse prejuízos ao tráfego (congestionamento, retardamentos, etc).

Ainda o DENATRAN (1979a, p.22-24) fornece critérios para determinar os tempos de verde e de vermelhos nos semáforos para pedestres:

Evidentemente, a determinação destes tempos vai ser função do ciclo do semáforo no local; porém é importante definir quais são estes períodos, seus limites e em função de quais outros parâmetros eles são calculados. São eles:

- (i) tempo de vermelho, que indica o período durante o qual o pedestre não deve atravessar a rua, e que vai depender:

- do tempo de verde para o movimento de veículos conflitantes;
 - da necessidade de minimizar o retardamento total para os veículos;
 - da frequência de chegada de pedestre ao local da travessia; e
 - da inconveniência de ciclos muito longos.
- (ii) tempo de verde “constante”, que indica o período no qual todo pedestre, já esperando junto ao meio-fio ou chegando ao local, pode iniciar a travessia da via. Recomenda-se que este tempo seja da ordem de 6 segundos, no mínimo. Este período tem a função principal de permitir que os pedestres mais vagarosos atravessem em segurança e garantir também alguns segundos de folga para compensar o tempo perdido em perceber a mudança do semáforo e tomar a iniciativa de atravessar.
- (iii) tempo de verde (ou vermelho) “piscando”, que é aquele onde o semáforo, anteriormente com a luz verde “constante”, começa a acender e apagar. Indica que todo pedestre, que já havia iniciado a travessia antes do semáforo começar a piscar, terá tempo suficiente para completá-la. No entanto, todo pedestre que chegar ao local quando o semáforo já estiver piscando, deverá esperar até a volta do verde “constante” para atravessar. É uma indicação de que o tempo total de verde está para terminar e é análoga ao período de amarelo nos semáforos para veículos. A duração deste período é função da largura da via e da velocidade média do pedestre que será adotada, nas condições normais, como sendo 1,3m/seg. Portanto, o tempo de verde “piscando” terá a duração de $L/1,3$ seg, sendo L a largura da via (em metros). É fundamental que se possa assegurar um tempo de verde “piscando” ou no mínimo um tempo de verde total suficiente para permitir que o pedestre, caminhando à velocidade normal, possa atravessar a rua. Se isto for impossível, deve-se avaliar a possibilidade de dividir a travessia em duas etapas por meio de refúgios e ilhas, ou então, de construir uma passagem em desnível no local.

No caso de controle com tempo de ciclo fixo, os períodos de verde, amarelo, vermelho para veículos, e de verde constante, verde “piscando” e vermelho para pedestres são pré-determinados e cada um deles tem sempre a mesma duração.

No caso de semáforo com controle acionado pelo pedestre, o tempo de amarelo e vermelho para veículos, e de verde constante e verde “piscando” para pedestres, são fixos e pré-determinados. Variam os períodos de verde para veículo e de vermelho para pedestres, pois estes só são interrompidos no caso de haver demanda de pedestre para atravessar. Assim, a pessoa que quiser realizar a travessia aperta o botão do semáforo. O tempo de verde para veículos termina, vindo o período de amarelo e, posteriormente, o vermelho para veículos em conjunto com o verde de pedestres, permitindo a travessia. Entretanto, estipula-se um tempo de verde mínimo para veículos, calculado de acordo com as características do fluxo de tráfego e da via, que seria garantido ainda que vários pedestres (ou o mesmo) acionassem diversas vezes seguidas o botão, e que causa atrasos adicionais (e eventualmente incompreensão) para os pedestres.

A travessia com semáforo acionado pelo pedestre é considerada sempre preferível, pois elimina os retardamentos desnecessários para os veículos, nos períodos de reduzido movimento de pedestres. Principalmente à noite e de madrugada, é desnecessário o funcionamento do semáforo. No entanto, para locais onde já existe um outro tipo de equipamento, pode se tornar inviável economicamente a troca por este novo dispositivo.

No caso em que se tivesse um alto volume de pedestres querendo atravessar, este tipo de semáforo passaria a funcionar como um semáforo de tempo de ciclo fixo, com tempo de vermelho para pedestres equivalente ao tempo de verde mínimo para veículos.

O Manual de Identificação Análise e Tratamento de Pontos Negros (DENATRAN, 1982), quando trata sobre travessias, reporta-se ao Manual de Segurança de Pedestres quanto da escolha do tipo de travessia mais apropriado para cada local e ainda apresenta algumas considerações a respeito da segurança dos pedestres, a saber⁶:

- (i) nos locais de travessia com faixa e semáforo entre interseções, não deve ser usado semáforo com tempo de ciclo fixo;
- (ii) nas vias largas e em interseções controladas em vias de mão dupla, deve-se construir ilhas de refúgio;

⁶ DENATRAN, 1979a87 p.71

- (iii) sempre que houver alta densidade de pedestres e/ou de crianças, deve-se estudar a viabilidade de colocar barreiras, canalizando-se os pedestres para o local de travessia;
- (iv) os riscos podem ser diminuídos, limitando a velocidade e/ou aumentando a visibilidade; as lombadas limitadoras de velocidade, em vias com baixo volume de tráfego, são eficientes quando projetadas adequadamente; e
- (v) vários estudos (ver DENATRAN, 1982) mostraram que os veículos estacionados junto ao meio-fio representam um perigo para os outros veículos que circulam na via e, também, para pedestres - especialmente para as crianças; estas evidências enfatizam a necessidade de se proibir este estacionamento, principalmente nos locais onde há grande concentração de crianças, como escolas, parques, praças e áreas residenciais; a proibição de estacionamento nas vias urbanas aumenta, em geral, a segurança.”

Gold (1998) analisa as condições reais de travessia, que determinam a facilidade com que o pedestre atravessa a rua sem entrar em conflito com os veículos, em função da engenharia de tráfego e do comportamento dos condutores (ver Tabela 2.1 adiante).

Segundo Gold (1998, p.55) as **condições básicas** de travessia existem em um local em que é possível mostrar, na prática, para qualquer pedestre que deseje atravessar a rua, em termos simples e claros:

- (i) onde pode cruzar com segurança – local correto;
- (ii) quando pode cruzar com segurança – momento adequado; e
- (iii) como identificar o local correto e o momento adequado – perceptibilidade.

Na ausência de qualquer uma delas não haverá a possibilidade de travessia segura ou o pedestre não a perceberá.

A existência das condições básicas de travessia não garante que as condições sejam adequadas. Para que existam **condições adequadas** de travessia além das condições básicas devem existir:

- (i) um tempo de espera tolerável; e
- (ii) um desvio tolerável da trajetória esperada.

A **travessia fácil** e segura de uma rua onde se encontram as condições básicas e adequadas depende de uma série de características da via e do fluxo de veículo, controláveis parcial ou totalmente pela engenharia de tráfego que determinam a perceptibilidade do momento adequado para a travessia.

Gold apresenta alguns fatores para viabilizar algumas melhorias para os pedestres:

- (i) distância da travessia;
- (ii) duração das brechas nos fluxos de veículos;
- (iii) frequência das brechas adequadas nos fluxos de veículos;
- (iv) velocidade dos veículos;
- (v) variações de velocidade dos veículos;
- (vi) sentidos de direção dos veículos;
- (vii) número de fontes de fluxos de veículos; e
- (viii) visibilidade pedestre/veículo e condutor/pedestre.

Tabela 2.1 – Fatores de Análise de Condições de Travessia:

CONDIÇÕES	FATORES
Condições básicas	Local correto para a travessia Momento adequado Perceptibilidade
Condições adequadas	Condições básicas Tempo de espera tolerável Desvio tolerável da trajetória desejada
Facilidades de travessia	Distância de travessia Duração das brechas Frequência das brechas adequadas Velocidade dos veículos Variações das velocidades dos veículos Sentidos de tráfego Número de fontes de fluxos veiculares Manutenção/Alterações das condições durante a travessia Visibilidade pedestres/veículos durante a travessia Visibilidade pedestres/veículos e condições pedestres/veículos

Fonte: CET apud Gold (1998, p.59)

As travessias de pedestres podem ser favorecidas a partir da organização do ambiente viário. Alguns parâmetros identificados durante a revisão bibliográfica (DENATRAN, 1979a,b; DENATRAN, 1982; TRB, 1985; AASHTO, 1994) podem ser organizados segundo o impacto da adoção das medidas prestigiando a corrente de tráfego veicular ou a de pedestre:

- (i) acesso: promover acesso é promover usabilidade dos elementos viários para pedestres, em particular para aqueles com necessidades especiais: “veículo-pedestre” (como cadeira de rodas), pedestres cegos, e idosos;

- (ii) espaço: a definição de um espaço destinado para travessia comunica ao condutor a existência de eventuais travessias de pedestres; ao pedestre deve-se indicar um local seguro de travessia;
- (iii) distância de travessia: quanto menor for a distância a ser transposta pelo pedestre menos tempo o pedestre está exposto ao tráfego veicular;
- (iv) quantidade de movimentação veicular conflitante: a quantidade de movimentação possíveis podem tornar a avaliação do pedestre mais complexa e a expectativa de que o veículo possa vir a mudar de direção;
- (v) distância de visibilidade: a distância em que o pedestre pode perceber a aproximação do tráfego veicular concorrente em direção ao local de sua travessia pode favorecer a avaliação adequada do momento oportuno para a travessia;
- (vi) iluminação: a iluminação enfatiza a presença do pedestre na travessia melhorando a percepção por parte do condutor durante deslocamento noturno; e
- (vii) tempo: o tempo necessário para travessia nem sempre é permitido pela intensidade do tráfego veicular, é preciso algumas vezes intervir com algum controle para garantir sua ocorrência freqüente e adequada.

Segundo Gold (2003) o ambiente do pedestre compõem-se de calçadas interrompidas por trechos viários por onde trafegam os veículos.

Para algumas categorias de pedestres é fundamental a existência de calçadas com passeios livres de obstáculos, pavimento nivelado, sem a presença de buracos e degraus, para que se possa **garantir sua presença na condição de pedestre**. Como parte contínua deste deslocamento encontramos a travessia como fator importante para viabilizar a execução de deslocamentos por pedestres que apresentam alguma deficiência física de nascença ou adquirida, em caráter temporário ou permanente, ou mesmo decorrente da idade. Para estas categorias, a tipologia das travessias e mesmo das suas condições pessoais são preponderantes para definir a realização ou não das viagens a pé. Caso estas restrições confirmem-se o deslocamento é realizado por outra modalidade de transporte (travessias suprimidas).

Para que as travessias sejam realizadas mais facilmente é importante fazer-se uso de algumas medidas que visam minimizar o impacto do tráfego veicular e da sua movimentação.

- (i) acesso: implantação de rampas para os que se deslocam com cadeiras de rodas ou carrinhos e indicação de piso tátil para pedestres cegos;
- (ii) espaço: delimitação do local apropriado seja por ser o local mais seguro, ou seja pela identificação de linhas de desejo com utilização de gradis, correntes (ou pelo menos a não-sinalização de faixas de travessia em locais inseguros);
- (iii) distância de travessia: avanço de calçadas, canalização por ilhas, canteiros, refúgios;
- (iv) quantidade de movimentação veicular conflitante: canalização por canteiros, ilhas ou refúgios, implantação de semáforos, implantação de sentido único;
- (v) distância de visibilidade: adequação do mobiliário urbano, proibição de estacionamento, utilização de gradis que permitam a intervisibilidade entre as correntes de tráfego;
- (vi) iluminação: implantação de iluminação nos locais destinados à travessia; e
- (vii) tempo: identificação da disponibilidade de brechas durante o tráfego; caso não existam proporcionar através da implantação de controle, brechas artificiais.

A possibilidade de atender algumas das exigências acima estabelecidas é diretamente resultante da definição de qual deve ser a categoria de pedestre a ser atendida, das condições da via e do tráfego veicular.

“Idealmente” um projeto que pondere todas as categorias de pedestres apresenta uma travessia com acesso por meio de rampas (sem degraus), dentro de área definida e demarcada, com boa intervisibilidade entre as correntes de tráfego concorrentes, com a menor distância de exposição ao tráfego veicular, permitindo a avaliação simples de apenas uma movimentação de tráfego (fluxo direto ou conversão à direita), e com o tempo adequado para sua travessia, expondo o pedestre a riscos aceitáveis.

Sabe-se, porém que muitas vias foram construídas e alargadas para satisfazer necessidades de capacidade para os veículos, caminhando muitas vezes em direção contrária a de facilitar as travessias para pedestres.

A movimentação dos pedestres em uma interseção semaforizada, segundo o DENATRAN (1979a), deve-se dar no prolongamento das calçadas e respeitando a rota dos pedestres.

Esta regra quando levada sem uma avaliação da realidade do local em questão pode incorrer em sinalização de travessias demarcadas em locais de alta exposição ao tráfego veicular sem ponderar as condições de intervisibilidade e as velocidades desempenhadas pelos veículos.

A sinalização de travessia demarcada, além de direcionar e canalizar os pedestres para um local específico de travessia, orienta e comunica ao motorista o potencial de movimentação de pedestres. Na prática da CET, a travessia demarcada serve ainda para indicar a própria existência de um cruzamento quando da não percepção/existência do mesmo. (Santos, 2003).

2.3. Especificidades de Alguns Grupos de Pedestres

Qual seria a melhor definição para o pedestre? Pedestre é aquele que utiliza meios próprios para sua locomoção e, na ausência ou deficiência das condições físicas necessárias para sua mobilidade, utiliza-se de cadeiras de rodas e/ou outro dispositivo para auxiliá-lo em sua mobilidade. Segundo o CTB (Brasil, 1997), o ciclista empurrando a bicicleta equipara-se ao pedestre.

Entre as características principais a serem consideradas no projeto para travessias de pedestres estão as características de mobilidade, visibilidade, percepção e habilidade para aproveitar as oportunidades de travessias.

As etapas do estágio de vida que caracterizam a forma como os pedestres reagem às oportunidades de travessias e suas condições físicas e cognitivas para a avaliação das travessias serão descritas a seguir.

A divisão dos estágios de vida que influenciam a movimentação dos pedestres pode ser descrita da seguinte forma:

- (1) criança;
- (2) jovem;
- (3) adulto; e
- (4) idoso.

Outras condições específicas tais como adultos empurrando carrinho de bebê e transportando mercadorias também impactam no deslocamento destes pedestres. Para efeito de simplificação, estes não foram considerados neste estudo.

As crianças (DENATRAN, 1979a) apresentam algumas limitações devido à pouca idade:

- (i) pouca vivência torna crianças menos confiáveis para a tomada de decisão;
- (ii) dificuldade em distribuir sua atenção, adquirem impressão geral e superficial;
- (iii) dificuldade em distinguir entre esquerda e direita, em identificar a direção do som;
- (iv) limitações de reflexos e de coordenação motora;
- (v) baixa velocidade;
- (vi) baixa estatura dificulta interpretação correta do tráfego, limita ângulo de visão, as crianças são facilmente encobertas por objetos volumosos, veículos estacionados; e
- (vii) atravessam a rua correndo.

Segundo Mouette (1998), as crianças estão super-representadas nas estatísticas de atropelamentos e existem vários estudos que analisam o comportamento da criança, os motivos que podem ocasionar essa super-representabilidade e as variáveis mais comumente detectadas nos atropelamentos. Eles abordam desde aspectos referentes à engenharia de tráfego até o desenvolvimento motor e psicológico, assinalando que é preciso exercer uma série de habilidades perceptivas e cognitivas para lidar com o ambiente ao redor de uma via. O cruzamento de uma via envolve muito mais do que

observar se há ou não carros se aproximando: o pedestre necessita saber para o que realmente olhar e como reagir de acordo com o que vê.

Na cidade de São Paulo, os estudos da CET indicam que embora os atropelamentos sejam mais expressivos quantitativamente em outras faixas etárias, sua presença de crianças é também relevante. Segundo CET (2000), 6,5% das mortes envolvendo pedestres em acidentes de trânsito em São Paulo referem-se a menores de idade até 10 anos, uma cifra expressiva ponderando sua mobilidade restrita.

Quanto ao outro extremo do ciclo de vida, Keall em 1995 apud Mouette (1998) publicou um estudo sobre exposição ao risco. Segundo o autor, há um maior risco de ocorrer um atropelamento por hora de exposição entre os idosos apesar destes evitarem atravessar ruas.

Na cidade de São Paulo, os estudos da CET indicam que os atropelamentos de idosos são também preocupantes, especialmente considerando sua participação na população. Com base nos dados citados acima (CET, 2000), 19,4% das mortes envolvendo pedestres são com pessoas de idade superior a 65 anos. Em termos relativos à porcentagem da população na respectiva faixa etária, vítimas fatais pedestres, entre os idosos, são bastante superiores. Enquanto na população adulta tem-se um índice da ordem de 9 mortes de pedestres por 100.000 pessoas, este índice é de 15,5, 24,3 e 45,6 mortes de pedestres por 100.000 pessoas, respectivamente, na faixa de 66 a 70 anos, de 71 a 75 anos, e com mais de 75 anos.

Além dessa categorização podemos identificar restrições físicas por deficiências temporárias ou permanentes:

- (1) “pedestres” em cadeira de rodas;
- (2) “pedestres” utilizando-se de bengalas;
- (3) “pedestres” cegos; e
- (4) “pedestres” deficientes mentais.

As dificuldades de mobilidade identificadas acima evidenciam a necessidade de travessias acompanhadas ou monitoradas. É o caso das crianças e das pessoas com restrições físicas temporárias ou permanentes.

Algumas das categorias mencionadas requerem todo um ambiente, a “rede do pedestre”, preparado para atender suas necessidades. Caso não se configurem essas condições as travessias podem deixar de existir (travessias suprimidas).

Pode-se observar que seria de grande interesse identificar para cada categoria de pedestres:

a) situação preferida ou aceita pelo pedestre. A travessia ideal é aquela realizada pelo pedestre em linha reta (conforme a sua rota preferencial) sem espera e com velocidade constante;

b) comportamento ao aproveitar brecha ou aguardar o tempo de pedestre. O comportamento ao avaliar brechas, sabendo da não-disponibilidade de travessia protegida ou tendo conhecimento do seu retardamento provocado pelo controle de tráfego existente é de impaciência, aguardando próximo do tráfego veicular sobre a via e correndo até transpor a área de conflito com o veículo.

c) comportamento de tráfego acelerando ou a velocidade constante ou desacelerando ou completamente parado. A movimentação veicular acelerando torna a avaliação da brecha mais arriscada ou menos precisa. Já o veículo à velocidade constante permite ao pedestre observar sua chance de travessia acreditando na manutenção desta velocidade. Com o tráfego veicular desacelerando o pedestre sabe que a tendência é parar antes do conflito e o ato de avaliar a brecha é mais eficiente. Com o tráfego veicular parado o pedestre sente-se completamente à vontade para caminhar sem hesitação. A travessia dos pedestres com problemas de mobilidade, considerando que não haja a possibilidade de acelerar sua marcha (tendem a manter velocidades constantes), tem maior probabilidade de sucesso diante do tráfego veicular parado. Este usuário aguarda a situação de tráfego veicular completamente parado e ainda, possivelmente, certifica-se de que foi notado pelo condutor.

d) tráfego de pedestre com velocidade constante ou acelerando. Citando Braga (1979), “As condições físicas do pedestre e suas aptidões influenciam, em parte, as

condições de segurança segundo as quais ele atravessa. Em situações de risco mais intenso, a agilidade física ou a percepção das condições que estão se desenvolvendo ao seu redor, podem ser fundamentais para seu sucesso ou fracasso”.

e) movimentação do corpo. O entendimento do contexto da interseção por parte do pedestre requer que ele observe atentamente as fontes de tráfego veicular para que possa haver a avaliação segura da brecha. Quando a visibilidade entre pedestre e veículo exige a observação do tráfego que vem por trás do pedestre, este necessitará olhar, a todo o momento, para trás. Em algumas situações de tráfego os pedestres podem ter que gerenciar mais de uma fonte de tráfego veicular.

f) informações adequadas ou óbvias. Os pedestres ao avaliar brechas balizam-se pela movimentação veicular. Em horários com pouco tráfego veicular nem todas as movimentações podem coexistir no momento anterior ao da travessia. Dessa forma o pedestre fica exposto a uma movimentação veicular não-esperada. Informações adicionais para esquemas não-convencionais devem ser disponibilizadas.

Muitas das conjecturas enunciadas acima poderiam ser verificadas através de entrevistas com pedestres, incluindo-se pelo menos pessoas idosas e deficientes físicos para atingir uma representatividade adequada de usuários com comportamentos peculiares.

2.4. Oportunidades de Travessia e Oportunidades de Conflito

2.4.1 Oportunidades de Travessia

Muitos dos trabalhos anteriormente discutidos, em particular Braga et al. (1988) e Gold (1998), preocupam-se em analisar as condições adequadas de travessia, que são aqui associadas à idéia inicial de oportunidades de travessia.

Em outros países, o termo oportunidade de travessia (*crossing opportunities*) foi utilizado nas citações de alguns departamentos de trânsito americanos, em suas recomendações e manuais, associando qualquer medida ou dispositivo a fim de melhorar ou facilitar as travessias para os pedestres como será apresentado a seguir.

Por exemplo, segundo o Departamento de Transporte de Oregon (Oregon, DOT), para aumentar as oportunidades de travessia e segurança, dois aspectos podem ser considerados:

- (1) Projetar vias que permitam que travessias ocorram de forma segura pela incorporação de características de projeto tais como canteiros elevados ou dimensionamento de semáforos que permitam brechas no tráfego veicular; ou
- (2) Construir travessias de pedestres com semáforos atuados por pedestres, avanço de calçada entre-interseções, travessias demarcadas, etc.

De forma similar, o Departamento de Transporte de Portland, nas Diretrizes para Travessias do seu *Portland Pedestrian Design Guide*, 1998 (Portland, DOT), considera alguns atributos para boas travessias (situação oportuna para travessias):

- (1) clareza;
- (2) visibilidade;
- (3) intervalos apropriados;
- (4) pouca espera;
- (5) tempo de travessia adequada;
- (6) exposição limitada;
- (7) continuidade de caminhada; e
- (8) travessias desobstruídas.

Portanto, o conceito de Oportunidades de Travessia “utilizado” emprega diretamente a disponibilidade de brechas e outras condições adequadas para travessia.

Neste estudo, o conceito de oportunidade de travessia a ser utilizado é definido com evento elementar em que o pedestre aceita atravessar a via. As brechas são o aspecto básico primeiro, mas outros aspectos devem ser também considerados.

2.4.2 Medidas de Oportunidades de Conflito

A investigação sobre o conceito de oportunidade de conflito é bastante mais extensa do que sobre o conceito de oportunidade de travessia. A seguir, serão analisados três grupos de trabalhos relacionados com a análise da segurança em interseções:

- a discussão sobre medidas de exposição ao risco de Chang (1982), que faz um razoável histórico sobre a evolução deste conceito e permite relacioná-lo com as oportunidades de conflito;
- os primeiros trabalhos que empregaram a terminologia de exposição baseada em oportunidades e, depois, de oportunidades de conflito, partindo de Berg e Plass (1987), que cita seus predecessores e ensejou novas contribuições;
- os trabalhos mais recentes relacionados com os conceitos incorporados no desenvolvimento do software TRAF-SAFE, a partir de Kaub (1993).

Como nenhum destes trabalhos trata especificamente dos problemas de segurança envolvendo pedestres, ao final é analisado um único trabalho identificado que considera especificamente os pedestres (Clark et al., 1996). No próximo item, toda esta discussão é relacionada com a utilização mais tradicional do conceito de conflito de tráfego.

O conceito de oportunidade de conflito é relacionado com as medidas de exposição ao risco. Chang (1982) menciona a definição de Carroll et al. (1971) de exposição ao risco como a frequência de eventos no tráfego que criam um risco de acidente.

Embora esta visão conceitual seja muito próxima da idéia de oportunidade de conflito, as medidas de exposição ao risco inicialmente usadas nos estudos técnicos (a extensão da rede viária, o total de veículos ou de veículos-quilômetro do tráfego que usa a via) são mais normalmente lembradas e podem ser criticadas por inapropriadas ou pelo menos insuficientes para uma análise mais detalhada.

Segundo Chang (1982), a evolução dos estudos em direção às medidas de exposição em interseções não semaforizadas deu-se da seguinte forma:

(i) Grossman, em 1954, definiu pontos de colisão como pontos de conflito. A medida de exposição foi definida como a somatória dos pares do volume de tráfego:

$$\sum_{ij}(Q_i + Q_j) \delta_{ij},$$

onde

Q = volume de tráfego;

i, j = direção de tráfego;

Q_1 = volume de tráfego na via principal;

Q_2 = volume de tráfego na via secundária; e

$\delta_{ij} = 1$ se i e j estão em pontos de conflitos, 0 se i e j não estão em pontos de conflito.

(ii) Surti, em 1969, utilizou o mesmo conceito de pontos de colisão, porém adicionou a movimentação de divergência. Surti utilizou o produto dos pares de volume de tráfego nos pontos de colisão na hora pico:

$$\sum_{ij} (Q_i * Q_j) \delta_{ij}.$$

Entretanto, ele não fez distinção entre a probabilidade de acidentes para as diferentes manobras.

(iii) Peleg, em 1967, propôs pontos de colisão como pontos de conflitos para movimentação veicular de cruzamento, incorporação e divergência. Ele considerou como medida de exposição o produto do número total de veículos por hora e o número total de pontos de colisão:

$$N \sum_{ij} Q_{ij}$$

onde

N = número total de pontos de conflito.

Entretanto, esta medida negligencia o fato de que nem todo o tráfego da interseção está em conflito em cada ponto de colisão.

(iv) Alguns pesquisadores enfocaram exposição a acidentes na interseção como duas zonas de conflitos interceptando-se (ao invés de pontos de conflitos). A partir deste conceito Chapman, em 1967, propôs uma medida de exposição em uma zona de conflito como se segue:

$$E = [1 - \exp(-q_1 t)] [1 - \exp(-q_2 t)] T/t,$$

onde:

E = exposição ao acidente sobre o tempo T ;

q_1, q_2 = fluxo por unidade de tempo; e

t = tempo gasto para um veículo da direção 1 passar em frente do veículo da direção 2 mais o tempo para um veículo da direção 2 passar em frente de um veículo da direção 1.

(v) Holland, em 1967, independentemente usou um enfoque similar mas adicionou zonas de conflito global dentro de uma interseção com 4 pernas (cruzamento X) e derivou a equação básica envolvendo volume de tráfego direto e de conversão:

$$E = K Q_1^a Q_2^b$$

onde

E = exposição de acidentes por unidade de tempo,

Q_1, Q_2 = volume de tráfego horário na via principal e na via secundária, e

K, a, b = constantes.

(vi) Richardson, em 1974, generalizou os enfoques de Chapman e Holland ao considerar que tanto um veículo da direção A poderia colidir com um veículo da direção B quanto o contrário poderia ocorrer e que as velocidades direcionais de ambas poderiam ser diferentes. A formulação teórica de exposição de Richardson é:

$$E = T \{ [1 - \exp(-q_A t_B)] [1 - \exp(-q_B t_B)] / t_B \} + \\ + \{ [1 - \exp(-q_A t_A)] [1 - \exp(-q_B t_A)] / t_A \}$$

onde:

E = exposição ao acidente sobre o tempo T ;

q_A, q_B = fluxos por unidade de tempo das direções A e B; e

t_A, t_B = tempo para um veículo da direção A e para um veículo da direção B limparem a zona de conflito B, respectivamente.

Estas expressões podem ser interpretadas notando que o termo $\exp(-q t)$ é a probabilidade de não ter nenhuma chegada do fluxo q durante o intervalo t estimada a partir da hipótese de distribuição de número de chegadas de Poisson.

Chang (1982) menciona que Hodge e Richardson avaliaram a formulação de exposição teórica de Richardson usando um modelo de simulação. Os resultados desta simulação sugeriram que o nível de exposição entre dois movimentos cruzando é proporcional ao produto do volume interceptando, tendo-se:

$$E = K Q_1 Q_2.$$

ou a generalização desta equação poderia ser:

$$K (Q_1 Q_2)^c$$

onde c é uma constante. Embora Hodge e Richardson tivessem obtido $c=1$, outros autores chegaram a valores distintos (Tanner, em 1963, tinha obtido $c=0,5$; Leong, em 1973, havia obtido $c=0,42$).

Chang (1982) observa que este enfoque convencional trata manobras de cruzamento, incorporação e divergência como tendo o mesmo risco de acidente. Observa também que a geometria da interseção e outras características do tráfego estão ausentes destas formulações, com exceção dos volumes de tráfegos e do tempo de exposição (que por sua vez considera a velocidade do tráfego).

Ainda segundo Chang (1982), em interseções semaforizadas a magnitude dos riscos de acidentes dependem não somente do volume de tráfego conflitante, mas também dos parâmetros da localidade como estágios, comprimento do ciclo, tempos para cada estágio, tamanho das faixas, posicionamento dos focos e o tipo de controle do semáforo (fixo ou atuado). Recomenda também que a devida atenção deve ser mantida ao delimitar o ponto distante da interseção a partir do qual os acidentes passam a ser incorporados como acidentes em interseções.

Por fim, Chang (1982) conclui que a medida de exposição sugerida para interseções semaforizadas é dada por expressões como:

$$E = f \{ (Q_i * Q_j)^p \delta_{ijk}, (Q_i + Q_j)^q \delta_{ijk}, \text{ outros fatores } \}$$

onde

p, q = constante (probabilidade, $0 < p < 1$);

k = tipo de movimentação conflitante (cruzamento, incorporação e divergência), e

$\delta_{ijk} = 1$ se i e j têm movimentação k e são movimentos conflitantes, 0 se i e j têm movimentação do tipo k e não são conflitantes.

De uma forma geral, pode-se concordar com a crítica de Chang (1982), adicionando que a tarefa de retratar os riscos e perigos durante a movimentação veicular e de pedestres passam pela necessidade de considerar as seguintes observações usuais:

- (1) movimentação veicular e de pedestre nas interseções tem mais risco do que as movimentações entre interseções;
- (2) vias com maior densidade de interseções tem mais risco do que vias com menor densidade de interseções;
- (3) viagens com maior duração têm mais risco do que as de menor duração;
- (4) velocidades mais altas têm mais risco do que velocidades mais baixas;
- (5) interseções sem controle por semáforo têm mais risco do que interseções com controle para a maior parte dos conflitos;
- (6) diferentes movimentações têm diferentes probabilidades de ocorrência de acidentes;
- (7) nem todo tráfego da interseção está em conflito em cada ponto de colisão;
- (8) movimentação de cruzamento tem mais risco do que movimentação de incorporação; e
- (9) o aumento dos volumes de tráfego próximo à capacidade diminui o risco de acidentes.

Percebe-se que segundo Chang (1982) as medidas de exposição devem distinguir a propensão dos riscos de acidentes dos diferentes conflitos de tráfego. O mesmo papel é atribuído às medidas de oportunidade de conflito, que se desenvolveram posteriormente.

Entre os primeiros autores a distinguir índices de acidentes baseados em oportunidades ou em exposição (no sentido restrito usual, isto é, volume ou veículo-quilômetro) estão Plass e Berg (1987), que citam Council (1983) e Plass (1985) como os trabalhos que originalmente formularam índices baseados em oportunidades.

Plass e Berg (1987) definiram oportunidade de conflito como consistindo na presença de certas condições pré-requisito relacionadas a velocidades e posições relativas dos veículos (ou, genericamente, usuários da via). Sem estas condições, a oportunidade (eventualidade ou probabilidade) de um dado tipo de acidente não existe.

O interesse principal destes autores está na definição das medidas de periculosidade dos locais na via, razão pela qual fazem uma comparação dos resultados em termos de ordenação da medida de risco baseadas em taxas de acidentes por medida de exposição ou de oportunidade. A motivação inicial vem da observação de que as taxas de acidentes por veículo ou veículo-quilômetro correspondem a assumir que todo veículo tem uma probabilidade igual de envolver-se em um acidente. Council (1983) é creditado como o primeiro estudo em que a taxa de acidentes é relacionada com o número de oportunidades de ocorrência de um dado tipo de acidente para obter a medida de risco. Secundariamente, os autores buscaram verificar a influência do nível de agregação utilizado para os dados sobre volumes de tráfego nos resultados.

Plass e Berg (1987) utilizaram níveis de risco baseadas em oportunidades e concluíram que o ordenamento das interseções, segundo periculosidade, foi significativamente diferentes daqueles obtidos com as expressões de taxas de acidentes convencionais baseados em medidas exposição (no caso, os volumes horários de tráfego). A taxa de acidentes baseada em oportunidades difere da taxa convencional quando utiliza o número de oportunidades para um dado tipo de acidente ocorrer como medida de exposição ao invés de utilizar o número total de veículos entrando na interseção.

O aspecto que interessa aqui, entretanto, é o relativo ao conceito de oportunidade de conflito e sua estimativa. Tomando o caso de uma interseção com 4 aproximações (A, B, C, D) foram apresentadas as medidas de oportunidade estimadas com base nos fluxos entrantes q_i e na sua velocidade V_i , nas larguras das vias $W_{ac}=W_a=W_c$ e $W_{bd}=W_b=W_d$, na área de influência da interseção L .

Como exemplo, no caso das colisões traseiras, a oportunidade é associada à presença simultânea de dois veículos da mesma direção na na área de influência da interseção, avaliado em cada aproximação por $O_{Ri}=T \cdot q_i \cdot [1 - \exp(-q_i t_i)]$ e $O_{RE}=(\sum_i O_{Ri})$; o tempo de exposição à colisão traseira é avaliado como $t_i=L / V_{Ri}$, onde $V_{Ri}=V_i \cdot L / (L + V_i \cdot d_i)$, considerando o atraso d_i experimentado pelos veículos na via. Estas expressões analíticas são avaliadas a partir dos dados de geometria e tráfego do local.

Para os demais casos, os eventos correspondentes foram:

- para acidentes singulares (envolvendo um único veículo): em um período T, a oportunidade é associada à simples presença de um veículo na área de influência da interseção;
- para colisões frontais: a oportunidade é associada à presença de dois veículos de fluxos opostos na área de influência da interseção; para uma interseção semaforizada, o fluxo oposto é a média entre os valores que ocorrem no verde e no vermelho;
- para colisões transversais: a oportunidade é associada à presença simultânea de dois veículos de fluxos transversais na área interna do cruzamento, avaliando-se o número de pares de veículos que podem envolver-se em conflito pelo produto dos fluxos transversais e o tempo que os veículos permanecem na área interna do cruzamento (avaliada com a velocidade normal, mesmo para veículos iniciando ou terminando o movimento); em interseções semaforizadas, pondera-se a porcentagem dos veículos de cada via que estão passando no verde e no vermelho;
- para colisões laterais: a oportunidade é associada à presença de dois veículos em faixas adjacentes na área de influência da interseção; nas interseções semaforizadas são diferenciadas as situações dos períodos de verde e vermelho.

As taxas de acidentes específicas de cada aproximação $r_i = A_i / O_i$, por oportunidade, foram combinadas como $R_1 = (\sum_i A_i) / (\sum_i O_i)$ ou $R_2 = (\sum_i r_i)$, considerando todos os acidentes dos locais e obtendo medidas de oportunidades por tipo com três alternativas de agregação para os dados de fluxo de tráfego para o dia e multiplicando-se os valores diários por 365 para ter valores anuais. Foram analisadas três agregações (fluxos médios entre 06 e 22 hs; fluxos de pico, entre 07 e 09 hs e entre 16 e 19 hs, e fora-pico; fluxos horários, entre 06 e 22 hs), concluindo-se que os dados eram significativamente distintos (com base em um teste F).

Note que o estudo não permitiu evidenciar a superioridade de um ou outro procedimento pois não foi utilizado um critério de validação, como a análise da correlação entre a frequência de acidentes e as medidas de exposição ou oportunidades de conflito.

Dois trabalhos posteriores (Ha, Berg, 1995; Lee, Berg, 1998), embora tenham um objetivo último mais distante (o desenvolvimento de critérios de nível de serviço em interseções para a segurança de tráfego nos padrões A, B, C, D, E, F, usualmente utilizados para fluidez de tráfego nos manuais americanos de capacidade), prosseguiram esta linha de investigação e criticaram aspectos negligenciados em Council (1983) e Plass e Berg (1987). Nenhuma consideração foi realizada caracterizando as oportunidades de conflitos entre correntes de tráfego veicular e pedestres.

O estudo de Ha, Berg (1995) utilizou explicitamente o conceito de oportunidade de conflito e analisou interseções semaforizadas especificamente, detalhando as seguintes situações: (1) veículos em mesma direção de tráfego (2) veículos cruzando na conversão à esquerda. Os autores selecionaram explicitamente como instrumento básico de análise a utilização de modelos de estimativa das medidas de oportunidades de conflito, em função da busca de uma metodologia de análise tão sensível às condições da via, do tráfego e da semaforização quanto os critérios de Nível de Serviço baseados em atraso dos manuais de capacidade americano (o que, deve-se reconhecer, não foi conseguido de forma plenamente satisfatória).

Para tanto, o primeiro objetivo do estudo foi aprimorar as medidas de oportunidade de conflito propostas por Council et al. (1983) e o segundo objetivo (sem interesse para o presente estudo) foi determinar limites para caracterizar Níveis de Serviço em termos de segurança de tráfego (A, B, C, D, E ...). Para o aspecto que aqui interessa, Ha e Berg (1995) partem dos pontos de conflito entre manobras, considerando a configuração física e o plano semafórico adotado, e propondo modelos de previsão para estimativa das medidas de oportunidades de conflito com conversão à esquerda e mesma direção.

Para as oportunidades de conflito geradas por conversões à esquerda foram considerados apenas os movimentos de conversão à esquerda permitida diante de fluxos opostos prioritários. A exposição ao conflito é relacionada com chegada de veículos do fluxo oposto durante a manobra de conversão à esquerda. O tempo de manobra é calculado considerando o tempo de percepção e reação e de manobra circular em aceleração para vencer a extensão correspondente ao canteiro central e à largura da pista do fluxo oposto, além de livrar o comprimento do veículo (foram assumidos valores de 2 s para o tempo de percepção e reação, de 6,7 m para o comprimento do veículo e de 4,4 km/h/s, ou seja $1,3 \text{ m/s}^2$, para a aceleração). A principal alteração introduzida por Há e Berg (1995) foi relacionar a ocorrência das oportunidades de conflito com eventos em que a brecha entre veículos do fluxo oposto estivesse próxima do tempo requerido para a manobra ($\pm 2 \text{ s}$, o valor estimado para o desvio padrão do tempo de manobra).

Para as oportunidades de conflito geradas por paradas de veículos do mesmo fluxo (que poderiam provocar colisões traseiras), a operação no ciclo semafórico é analisada para obter o número de veículos que param por ciclo, utilizando o modelo determinístico

simples e distinguindo paradas no vermelho (fora do entreverde), paradas no escoamento da fila no início do verde e paradas para espera por conversões permitidas com fluxo oposto.

Estes modelos não foram validados mas foi feita uma análise de sensibilidade que mostrou resultados razoáveis e evidenciou algumas limitações (como a não consideração do efeito da presença de faixas exclusivas de conversão).

A busca de um conceito de Nível de Serviço em termos de segurança de tráfego também adicionou aspectos interessantes para a análise das oportunidades de conflito. Ao basear-se na idéia de custo total dos acidentes, a medida de perigo (chamada de *hazard* ao invés de *risk*) derivada de: (1) total de oportunidades de conflito; (2) taxa de acidentes por oportunidade de conflito; (3) custo por acidente médio correspondente.

A taxa de acidentes por oportunidade de conflito foi definida relacionando acidentes por ano e oportunidades de conflito por hora, obtendo-se 0,054 para colisões com conversões à esquerda permitidas e 0,00049 para colisões traseiras (a calibração destas taxas não foi detalhadamente descrita).

O custo médio por acidente (ou seja, a severidade dos acidentes correspondentes) foi substituída pela energia cinética dos veículos envolvidos na oportunidade de conflito respectivo como medida correlata, ponderando a composição do tráfego (adotaram-se como massa dos veículos os valores de 1362 kg para autos e 13620 kg para pesados) e as velocidades relativas de colisão (adotaram-se os valores de 67% da velocidade média para colisão com conversão à esquerda permitida e de 33 % da velocidade média para colisão traseira).

Em Lee e Berg (1998), foram estudadas as interseções com sinal de PARE, analisando especificamente as manobras de cruzamento em vias de mão dupla, com ênfase especial para um dos fatores mais importantes para a segurança neste tipo de interseção, que é a disponibilidade de distância de visibilidade adequada. Observou-se que as recomendações correntes dos critérios de distância de visibilidade não consideram explicitamente a variabilidade na composição de tráfego, características do condutor tais como tempo de percepção e reação e aceitação da brecha mínima. Modelos de

simulação foram usados para estimar a frequência dos conflitos potenciais ou colisões resultantes das restrições da distância de visibilidade.

Embora o objetivo principal do estudo tenha também sido direcionado para a definição de critérios de Nível de Serviço para a segurança de tráfego, diversos aspectos relacionados com a identificação de oportunidades de conflito foram analisados. Os movimentos mais perigosos em interseções sem semáforos, considerados neste estudo, são as manobras de cruzamento. O potencial de severidade das colisões foi, novamente, avaliado pela medida de energia cinética, com uma interessante alteração.

Dois aspectos são especialmente relevantes do ponto de vista metodológico: a análise da operação em que a deficiência do projeto viário impõe uma decisão de risco aos usuários e a análise da contribuição da variabilidade de diversos atributos da via e do tráfego (em particular dos condutores) para a ocorrência das oportunidades de conflito (e, mesmo, dos acidentes). A utilização de modelos de simulação, ao invés dos modelos analíticos anteriormente empregados, é uma outra peculiaridade.

O estudo de Lee e Berg (1998) parte de uma árvore de eventos e decisões (dos condutores) para analisar a probabilidade da ocorrência de oportunidades de conflito e também de acidentes.

Dadas as características da manobra secundária e dado o tempo de manobra requerido para o cruzamento, então a visibilidade disponível em uma interseção pode ser traduzida em uma situação de visibilidade restrita ou não, transformando a distância de visibilidade disponível em um tempo correspondente com a divisão pela velocidade de aproximação do veículo na via principal.

O potencial de conflito ou acidente pode então ser avaliado em função da brecha real existente entre veículos, considerando os tempos de chegada dos veículos, o tempo e a distância de frenagem em cada via e o tempo disponível até o ponto de conflito a partir do ponto de visibilidade disponível na via principal.

Os seguintes casos são distinguidos entre as oportunidades de conflito:

- (a) a brecha real é menor que a visível (portanto, o veículo da via principal está no campo de visão) mas é menor que a brecha aceitável para a manobra (o tempo requerido) e o motorista arrisca o cruzamento;
- (b) a brecha real não é visível (isto é, o veículo da via principal não está no campo de visão), é menor que a brecha aceitável (há, portanto, visibilidade restrita) e o motorista arrisca a manobra (sem conhecimento de qual é a brecha real, e sem poder saber se haverá tempo adequado para a manobra), distinguindo-se:
- b.1) a situação em que a reação em que a reação de frenagem do veículo na via principal permite a parada antes do ponto de conflito ou, pelo menos, a passagem do veículo conflitante;
- b.2) a situação em que a reação de frenagem do veículo na via principal não permite evitar a colisão.

Embora a exposição não seja totalmente clara, estas distinções são importantes, especialmente reconhecendo a potencial diferença entre as brechas aceitas e as aceitáveis (isto é, os tempos requeridos para manobra), em particular quando a visibilidade é restrita e a brecha real não é observada (impondo-se uma decisão “cega” ao motorista, diante de um risco apenas parcialmente observável).

As diversas situações enumeradas acima poderiam até ser avaliadas com modelos analíticos mas o estudo de Lee e Berg (1998) utiliza modelos de simulação e incorpora a variabilidade de diversos fatores determinantes, como:

- os instantes de chegada dos veículos na via principal e na via secundária;
- os tempos de percepção e reação dos motoristas da via principal e secundária (distinguindo os que páram ou não);
- as velocidades na via principal e secundária;
- os tipos de veículo (distinguindo seu comprimento e sua frenagem, além da sua massa);
- a condição seca ou molhada do pavimento; e

- a composição direcional e a flutuação horária dos fluxos de tráfego;

todos estes aspectos na configuração geométrica específica da interseção considerada.

Os dados adotados para os tipos de veículo foram:

(i) carro de passeio: massa de 1.364kg, comprimento de 5,8m, frenagem de 5,3km/h/s;

(ii) caminhão leve (“single unit truck”): massa de 5.455kg, comprimento de 9,1m, frenagem de 2,6km/h/s; e

(iii) caminhão pesado (“heavy truck”): massa de 20.455kg, comprimento de 16,8m, frenagem de 1,86km/h/s.

Além disso, para considerar o coeficiente de aderência efetivamente disponível no pavimento, a taxa de desaceleração máxima dos caminhões é considerada 30% menor do que a possível para carro de passeio.

A avaliação da severidade dos conflitos ou acidentes simulados através da medida correlata obtida pela estimativa da energia cinética dos veículos envolvidos é ponderada por um fator de correção calculado como a razão entre a velocidade reduzida necessária para evitar o acidente (que tornaria eficaz a frenagem com parada total antes do ponto de conflito ou, pelo menos, com a passagem do veículo conflitante) e a velocidade inicial efetivamente observada. Esta correção parece buscar a incorporação do efeito da reação possível para evitar o acidente, mesmo quando parcialmente ineficaz, nas condições específicas de cada evento (ao invés de adotar um fator único).

Os resultados obtidos com o modelo de simulação foram, finalmente, utilizados para estimar modelos estatísticos de regressão para previsão do total de oportunidades de conflito (incluindo o volume de tráfego diário, das distâncias de visibilidade requerida e disponível, da velocidade do tráfego e da porcentagem de veículos pesados) e da medida total de perigo (também incluindo o volume de tráfego diário, das distâncias de visibilidade requerida e disponível, da velocidade do tráfego e da porcentagem de veículos pesados, mas tendo a velocidade como segunda variável).

Como esperado, o estudo demonstrou que o perigo da interseção aumenta com o desempenho de velocidades mais altas nas vias principais, quanto maior for o tráfego diário médio (ADT – *average daily traffic*) e quanto maior for a porcentagem de veículos pesados, além de crescer com a restrição de visibilidade.

As limitações do estudo são diversas. Apenas cruzamentos com uma faixa por sentido e sentido duplo de circulação foram analisadas (as faixas de tráfego para as vias principais do estudo têm 3,6m e para as vias secundárias 3,0m). Apenas reações de frenagem foram consideradas, embora em uma situação real, o motorista pode ser capaz de evitar um acidente com várias ações evasivas outras além da frenagem.

Com referência à avaliação do perigo, o número total de conflitos por ano por veículos cruzando está relacionado ao número provável de colisões transversais em uma interseção por ano, enquanto a medida de perigo total por ano por veículo cruzando podera também a severidade destes acidentes.

Os modelos de regressão para estimar estes parâmetros foram usados em conjunto com os limites de níveis de serviço em termos de segurança viária a fim de avaliar as implicações de segurança das distâncias de visibilidade disponíveis sob uma variedade de condições de tráfego (conforme os objetivos iniciais dos autores).

Os trabalhos sobre o *software* TRAF-SAFE (como Kaub, 1993, Kaub e Kaub, 1999, Kaub, 2000, e suas diversas publicações seguintes) são a corrente de investigações mais recente das medidas de segurança baseadas em oportunidades de conflito em interseções, com o desenvolvimento do conceito de Oportunidades de Conflitos Estatisticamente Prováveis (SPCO – Statistically Probable Conflict Opportunities).

Kaub (1993) relaciona seu trabalho com os estudos originais de Perkins e Harris, da General Motors Research, que introduziu o conceito de tipo de conflito como eventos discretos e classificados por tipos relacionados com acidentes (os mesmos estudos que foram a inspiração do desenvolvimento das técnicas de análise de conflitos de tráfego). Ele cita o trabalho de Plass e Berg (1987) mas identifica a origem de seus esforços no estudo realizado em Kaub (1987), que não se relaciona com a segurança de interseções (trata da operação de rodovias de pista simples com faixas auxiliares).

A integração destes eventos prováveis para formar uma expectativa matemática dos eventos de oportunidades de conflitos e um processo de prever os acidentes anuais foi primeiramente introduzido por Kaub (1993), baseados nas probabilidades de eventos mutuamente exclusivos. Posteriormente, buscou-se também um processo de previsão da severidade dos acidentes, como descrito em Kaub (2000) por exemplo, que orientou-se para a obtenção de medidas de Nível de Serviço em termos de segurança viária para as interseções (de forma semelhante aos trabalhos de Há e Berg, 1995, e Lee e Berg, 1998).

A expressão geral de uma estimativa de oportunidades de conflitos estatisticamente prováveis (SPCO) é a seguinte:

$$\text{SPCO}_t = E_{ij}(\text{Oportunidades de Movimento}) \cdot P_{kl}(\text{Chegada Oposta ao Movimento})$$

$$\text{e } E_{ij}(\text{Oportunidades de Movimento}) = Q_{ij}(\text{Movimento}) \cdot P_{ij}(\text{Oportunidade})$$

onde SPCO_t é a estimativa de oportunidades de conflito (estatisticamente prováveis) do tipo t , E_{ij} é o total esperado de oportunidades de movimento i na faixa de tráfego j e P_{kl} é a probabilidade de chegada no movimento k da faixa l (que tem conflito do tipo t com o movimento i da faixa j). O total esperado de oportunidades de movimento i da faixa j , E_{ij} , é obtido considerando o fluxo Q_{ij} no movimento i da faixa j e a probabilidade P_{ij} deste movimento gerar uma oportunidade de conflito.

Esta formulação genérica é particularizada para oportunidades de conflito relacionadas com colisões transversais, traseiras e laterais e com outros acidentes, para o caso de interseções semaforizadas e não semaforizadas. Novamente não existem considerações específicas para situações envolvendo pedestres.

Para colisões transversais, a oportunidade de conflito é associada à chegada de um movimento conflitante transversal (o que inclui conversões à esquerda permitidas, que não são consideradas colisões frontais mas transversais) durante o tempo de exposição de cada um dos movimentos possíveis na interseção. Para as manobras secundárias, o tempo de exposição é baseado na brecha crítica necessária para a manobra. Para as manobras principais, o tempo de exposição t_{ij} corresponde ao tempo de parada (dentro do qual ocorreria em uma situação de perigo de acidente). Kaub (1993) observa que

pode também ser definido uma faixa de intervalos de tempo ($t_{inferior}$, $t_{superior}$) ao redor dos valores adotados para delimitar a oportunidade de conflito.

Tomando este caso, como exemplo, todas as travessias geram uma oportunidade de movimento ($P_{ij}=1$) para todo o fluxo da faixa e o total de oportunidades de movimento corresponde ao fluxo correspondente Q_{ij} . Dado o tempo de exposição do movimento i na faixa j , o número médio de chegadas do movimento k na faixa l é $m_{kl/ij} = Q_{kl} \cdot t_{ij}$. A probabilidade de ter uma oportunidade de conflito (isto é, de uma chegada oposta ao movimento) é calculada a partir da hipótese de distribuição de chegadas poissoniadas com a média $m_{kl/ij}$, isto é, $P_{kl} = 1 - \exp(-m_{kl/ij} \cdot t_{ij})$.

Portanto, tem-se $SPCO_{kl/ij} = (1 - \exp(-m_{kl/ij} \cdot t_{ij})) \cdot Q_{ij}$ (naturalmente, qualquer outra hipótese de distribuição de chegadas poderia ser usada).

Para colisões traseiras, a oportunidade de conflito é associada à chegada de um movimento do mesmo fluxo durante o tempo médio de parada em uma aproximação (o tempo de espera menos o tempo de movimento). O tempo de exposição é, portanto, tomado como sendo o tempo médio parado em cada aproximação. As expressões utilizadas por Kaub (1993) são discutíveis mas qualquer outra fórmula pode ser utilizada para estimar a mesma variável. Novamente, todo o fluxo gera uma oportunidade de parada e a oportunidade de conflito é avaliada através da probabilidade de chegada de outro veículo durante o tempo de exposição com a distribuição de Poisson (naturalmente, qualquer outra hipótese de distribuição poderia ser usada).

Para colisões laterais, a oportunidade de conflito é associada à chegada de dois veículos da faixa de destino com brecha menor que a requerida no momento da realização de uma mudança. Para cada faixa de tráfego, a oportunidade de movimento corresponde às mudanças de faixa, distinguindo-se casos com mudança de faixa obrigatória (como ocorre quando há supressão da faixa adiante) ou facultativa (caso em que a probabilidade é avaliada pelo grau de utilização da faixa para o fluxo direto). A partir dos valores de brecha crítica para mudança de faixa e da hipótese de distribuição poissoniana para a faixa lateral (ou outra hipótese correspondente), a probabilidade de uma oportunidade de conflito é estimada pela chegada simultânea de dois veículos na faixa adjacente com brecha insuficiente para acomodar a mudança de faixa.

Para os demais tipos de acidentes (choques, capotamentos, ...), a oportunidade de conflito é associada ao volume de tráfego, como simplificação.

As frequências de acidentes são previstas por

$$A_t = \sum_{ijkl} (\text{SPCO}_t) \cdot (\text{Ac/CO})_t$$

onde $(\text{Ac/CO})_t$ é a taxa de acidentes por oportunidade de conflito (t é o tipo de acidente).

Os trabalhos posteriores adicionaram a previsão da gravidade dos acidentes de tráfego, utilizando dados preliminares expressos em curvas que relacionam a taxa de vítimas com ferimentos e com morte por acidente e a velocidade do tráfego nas vias, como apresentadas em Kaub, 2000 (onde a informação, no entanto, refere-se a rodovias).

A validação do software descrita em Kaub, 1999, verificou que:

- a previsão da frequência de acidentes em 25 interseções semaforizadas (com dados de 3 anos) obteve um erro médio de aproximadamente 12% em comparação ao histórico de acidentes totais (com erro médio de aproximadamente 20% para os acidentes de ângulo e 15% de colisões traseiras, que constituem a maioria de acidentes de interseções semaforizadas);
- comparando com o desvio padrão observado nos dados, 50% dos erros foram menores que ½ desvio padrão e 95% menores que 1 desvio padrão;
- os resultados obtidos para 65 interseções não semaforizadas (com dados de 5 anos) foram menos satisfatórios, o que foi atribuído à maior variação existente;
- comparando com o desvio padrão observado nos dados, 50% dos erros foram menores que ½ desvio padrão, 70% menores que 1 desvio padrão, 90% menores que 2 desvios padrão e 96% menores que 3 desvios padrão.

Por fim, o estudo de Clark et al., 1996, foi analisado por ser o único trabalho identificado que utilizou conceitos relacionados com oportunidades de conflito na avaliação de problemas de segurança de pedestres. Inicialmente, o estudo buscou analisar o impacto da introdução de novas placas de advertência sobre a presença de pedestres fabricadas com material fluorescente na cor verde-limão através da utilização

de variáveis correlatas: os conflitos de tráfego envolvendo pedestres, como variável primária, e as manobras de redução de velocidade ou parada de condutores diante de pedestres, como variável secundária. Na análise dos dados, um conceito de medida de exposição relacionada com oportunidades de conflito foi proposto para estimar taxas de conflitos que pudessem caracterizar as alterações de comportamento observadas.

Os dados de observação comportamental coletados em campo foram: os eventos em que os veículos reduziram significativamente a velocidade (até 10 a 25 km/h) ou mesmo pararam, tendo iniciado a frenagem gradual a 50 metros ou mais da área de travessia, para permitir pedestres ou ciclistas iniciarem e/ou completarem sua travessia (normalmente, sem qualquer manobra evasiva), os eventos com conflitos de tráfego em que os pedestres ou ciclistas estavam na via e os veículos aproximaram-se da área de cruzamento a uma distância de 20 metros, requerendo uma manobra evasiva do motorista (frenagem, desvio, ...) ou do pedestre (corrida) para evitar um acidente.

Os conflitos de tráfego foram classificados em função do tipo de manobra evasiva: de frenagem (para evitar acidente, desde que imediata, não preventiva), de desvio (mudanças de faixa no trecho de 20 metros da travessia para evitar acidente), de corrida (com alteração do caminho ou passo do pedestre para evitar acidente), de proximidade (pedestre ou ciclista e um veículo em velocidade a menos de 1,5 metro ou com margem de segurança menor que 1 segundo).

Inicialmente, dados de volume de tráfego gerado por veículos e pedestres foram coletados para servirem como medidas de exposição. Os dados sobre passagem dos veículos foram divididos em: veículos passando sem nenhum pedestres e/ou ciclistas presentes na área da travessia, veículos passando com pedestres e/ou ciclistas presentes na área da travessia. Para pedestres e ciclistas, os volumes totais foram contados (agregadamente, dado que os ciclistas eram pouco numerosos nos locais estudados). Os eventos registrados também não distinguiram um usuário do outro pelo mesmo motivo.

A análise da interação entre pedestres e veículos examinou diversos indicadores. A porcentagem de motoristas reduzindo a marcha ou parando o veículo (agregados) diante de pedestres ou ciclistas em travessia tomou o volume de veículos diante de pedestres e/ou ciclistas como medida de exposição (tendo melhorado em função da nova sinalização). Embora a mesma medida de exposição devesse ser utilizada para avaliar as

taxas de conflito envolvendo pedestres, segundo as recomendações do FHWA - *Federal Highway Administration*, o estudo considerou que a taxa de conflitos ficaria viesada pela maior proporção de veículos que freou para permitir travessias e preferiu tomar o volume total de pedestres e ciclistas como alternativa (o que indicou melhoria).

Portanto, a discussão destacou que é relevante selecionar uma medida de exposição adequada e relacionada com a probabilidade de um conflito. O volume de veículos com pedestres e/ou ciclistas presentes é claramente uma medida relacionada ao conceito de oportunidade de conflitos enquanto o volume de pedestres não o é, dado que pelo menos a coexistência de pedestres e veículos é necessária para ocorrer um conflito (o que é observado pelos próprios autores).⁷

Sobre este conceito, três comentários são relevantes:

- a medida de exposição é obtida contando veículos que passam diante dos pedestres;
- a alternativa de contar pedestres em espera diante de veículos passando também é utilizável;
- a ponderação do tempo em espera também pode ser relevante;
- a opção de associar as oportunidades de conflito apenas às situações de travessia com veículos próximos é outra alternativa.

Em todos os casos, a discussão feita anteriormente sobre a possibilidade ou não de ter pedestres arriscando a travessia em cada momento é relevante e sugeriria, por exemplo, desprezar os casos em que o fluxo de veículos em pelotão elimina a consideração de travessia. Sem esta consideração, a alternativa utiliza o total de pedestres detidos pelo fluxo veicular (isto é, que tiveram de esperar para a travessia) como medida de exposição e a ponderação do tempo transforma a medida de exposição no atraso acumulado dos pedestres diante de veículos passando.

⁷ Esta opção imprópria decorreu do fato de realizar a análise de segurança utilizando apenas a medida relativa (a taxa de conflitos) e desprezando a variação absoluta na exposição. Os dados coletados mostram uma redução significativa do volume de veículos diante de pedestre que é explicada pelo aumento da proporção de veículos que freiam ou pararam para permitir a travessia

Comparando com as diversas propostas formuladas para mensuração das oportunidades de conflito veiculares, pode-se considerar que a opção de associar as oportunidades de conflito apenas às situações de travessia com veículos próximos (isto é, brechas não totalmente confortáveis e seguras) também seria defensável. Esta opção torna o requisito de coexistência mais estrito, exigindo que o pedestre esteja adiante de um veículo em aproximação, e poderia incluir outras situações intermediárias (como a proximidade entre veículos passando e pedestres esperando, pelo menos quando o pedestre espera na mesma faixa ou em uma faixa adjacente da pista de rolamento).

Portanto, estes diferentes conceitos operacionais devem ser avaliados para determinar aquele que pode medir, da melhor forma, a insegurança na travessia.

2.4.3 Alternativas Metodológicas para o Estudo

Diante das dificuldades de um estudo comparado utilizando estatísticas de acidentes para identificar e ‘sinalizar’ as anomalias ou os eventos não-normais em relação à segurança viária, duas opções foram avaliadas: identificar e utilizar medidas de conflitos de tráfego e avaliar diretamente a segurança das travessias observadas.

Na primeira opção, acredita-se que a identificação dos conflitos de tráfego apresenta maior proximidade (variável Proxy) com o grau de insegurança da interação de movimentações e a interação entre veículos e pedestres, em substituição aos acidentes.

Segundo Tourinho (2002), as técnicas de análise de conflito baseiam-se na observação sistemática do tráfego em cada uma das aproximações ou saídas das interseções selecionadas para o estudo. Ao contrário dos acidentes, os conflitos são eventos prontamente e freqüentemente observados cujo maior risco produzido refere-se à sensação de insegurança e/ou desconforto. A definição atribuída ao ICTCT - *International Committee on Traffic Conflict Technique* define conflito com um evento caracterizado pela evidência do risco de colisão entre dois ou mais usuários ou um usuário e um elemento externo que se identifica pela presença de uma ação evasiva.

dos pedestres. Portanto, nestas circunstâncias, mesmo um aumento da taxa não se traduz necessariamente em menor segurança (como evidenciado pela redução dos conflitos totais).

Ainda segundo Tourinho (2002), a coleta dos dados de conflitos permite obter informações precisas e atualizadas sobre as características da via, o fluxo viário, as trajetórias dos usuários, o ambiente viário e problemas de segurança.

A análise de segurança feita com base nos dados de conflitos pode também ser dividida em cinco estágios de estudo:

- (i) levantamento de dados preliminares;
- (ii) coleta e computação dos dados em campo;
- (iii) diagnóstico de conflitos anormais;
- (iv) seleção de intervenções; e
- (v) monitoração das intervenções.

Segundo Tourinho (2002) os conflitos mais frequentes não são necessariamente os conflitos mais perigosos. Os conflitos perigosos podem ocorrer raramente e, quando isto acontece, pode haver uma maior probabilidade do conflito transformar-se no próprio acidente.

Em Tourinho (2002) apresenta-se:

- (i) delimitação dos eventos de interesse envolvendo pedestres;
- (ii) critérios de identificação da severidade dos conflitos com pedestres;
- (iii) tipologia de conflitos envolvendo pedestres em travessia;
- (iv) tipologia de locais e travessia de pedestres; e
- (v) parâmetros relacionados com ‘periculosidade’ dos conflitos com pedestres.

A técnica de Análise de Conflitos de Tráfego identifica o potencial da ocorrência de acidentes através das contagens de conflitos de tráfego (como é o caso das técnicas Americana, Britânica, Francesa, Sueca, Alemã e outras). Os requisitos para a ocorrência de um conflito são a existência de um curso de colisão e a necessidade de uma manobra evasiva. A aplicação desta técnica requer a preparação de pesquisadores, padronização e identificação das situações (tipologia de conflitos, tipologia de locais, volumes viários, etc.) em que incorrem os conflitos de tráfego.

Em Tourinho (2002) foram determinados parâmetros de diagnósticos para a análise de problemas de segurança para pedestres em interseções semaforizadas através da técnica de análise de conflitos baseado nos conceitos do U.S.FHWA.

As travessias foram segmentadas em travessias próximas (em linha de retenção) e travessias afastadas. Contagens-limite foram determinadas para conflitos diários para três níveis de confiabilidade estatística e as taxas de acidentes por milhão de conflitos foram também determinadas. Estes parâmetros visam permitir um diagnóstico mais preciso dos problemas de segurança dos pedestres ponderando, para tipos de conflito ou travessia distintos, as diferenças nas frequências normais de conflito e na propensão dos conflitos gerarem acidentes.

Com base nas contagens limites, o diagnóstico foi realizado para as travessias e comparado com o registro de acidentes, como forma de validação dos parâmetros. Os resultados recomendaram a utilização de um nível de confiabilidade de 75% para selecionar as contagens limites a utilizar na identificação de travessias perigosas, adotando a segmentação das travessias em próximas e afastadas (a identificação de tipos de conflito também melhorou a eficácia do diagnóstico).

Os resultados sobre as medidas de risco (taxas de acidentes por milhão de conflito) dos diferentes tipos de conflitos ou de tipos de travessias resultaram mais restritos face à impossibilidade da identificação da movimentação de veículos e de pedestres nos acidentes, permitindo apenas as análises agregadas da relação entre os acidentes e dos conflitos em cada tipo de travessia. Mesmo assim, o estudo identificou uma diferença relevante e estatisticamente significativa entre a taxa de acidentes por milhão de conflitos nas travessias afastadas e nas próximas.

Os problemas potenciais desta primeira opção estão ligados à ocorrência dos conflitos (pelo menos nos casos em que sua frequência é menor) e a capacidade de identificá-los adequadamente (pelo menos utilizando filmagens, como pretendido). Face à necessidade de análise microscópica dos dados, estes são problemas relevantes.

Na segunda opção, a qualificação das travessias pode seguir os critérios anteriormente destacados de Braga et al. (1998) e Gold (1998). Esta opção está alinhada com a idéia de integrar diversos outros aspectos no conceito de oportunidade de travessia.

No entanto, como extensivamente discutido na revisão anterior, as brechas disponíveis (na corrente de tráfego, incluindo as induzidas pela utilização de estágios exclusivos de pedestres e estágios com pedestres protegidos) são uma variável básica que não pode ser ignorada. A observação do fluxo de tráfego e das brechas existentes considera este aspecto (podendo ser relacionada com situações observadas ou simuladas e com estimativas teóricas baseadas em modelos probabilísticos).

Outro ponto importante desta segunda opção é a possibilidade de avaliar as travessias (e as oportunidades de travessia também) para cada tipo de pedestre, considerando as peculiaridades do seu comportamento diante da segurança.

Neste aspecto, podem variar de um tipo de pedestre para outro: a velocidade mínima e máxima aceitáveis, a possibilidade de “esperar” na calçada apenas ou em uma faixa de tráfego adjacente aos veículos passando, a decisão de esperar a parada total dos veículos no início de um estágio protegido ou com pedestre em carona, entre outros.

Quando se pondera a necessidade de atender idosos, adultos com crianças (de colo, em carrinhos de bebê ou acompanhantes), estes aspectos são relevantes.

O ponto mais criticável desta segunda opção é a falta de estudos anteriores mais conclusivos na delimitação de critérios aplicáveis para qualificar as travessias e estabelecimento da sua relação com as variáveis usualmente aceitas como medidas de insegurança na via, sejam as objetivas (como a frequência de acidentes ou conflitos) ou subjetivas (como a percepção de risco ou “conforto” na travessia).

Considerando as opções delineadas acima, os trabalhos de campo buscaram viabilizar uma e outra análise e relacionar as diferentes medidas de oportunidades de travessia e de conflito com as variáveis de segurança: os conflitos de tráfego observados ou as travessias seguras/inseguras observadas.

2.4.4. Aspectos Comportamentais do Pedestre e Qualificação das Travessias Efetivas

Entre os diversos aspectos comportamentais abordados na revisão teórica, serão discutidos três deles: o comportamento de risco dos pedestres, a redução de mobilidade decorrente da falta de segurança nas travessias oferecidas e o comportamento transgressor do pedestre.

As Travessias com Risco (TR) são freqüentemente observadas, especialmente em locais onde a travessia é mais difícil. Como previamente discutido, as TR podem ser identificadas por brechas de duração reduzida mas, deve-se observar, que estas também podem ocorrer no início ou final de brechas maiores. Por este motivo, a correspondência entre oportunidades de travessias e travessias efetivas pode ter mediações relevantes.

Este é um ponto central para este trabalho, dado que a qualidade das travessias é um dos critérios de avaliação considerados adiante e que as oportunidades de travessia são os eventos mais diretamente determinados pela Engenharia de Tráfego. Portanto, um dos pontos básicos a ser examinado no trabalho de campo será verificar o grau de associação entre um bom perfil de oportunidades de travessias e um bom perfil de segurança nas travessias efetivamente realizadas.

Uma observação importante, que reflete uma decisão metodológica reiteradamente mencionada anteriormente, é a de caracterizar a segurança das travessias pelo risco objetivo que pode ser mensurado pela produção de um conflito ou pela utilização de uma brecha (“gap”) ou tempo restante (“lag”) reduzidos, em comparação com o tempo normalmente necessário para a travessia de cada tipo de usuário. Esta não é uma opção inofensiva, dado que a percepção de risco é uma fonte de estresse e desconforto.

As Travessias Suprimidas (TS) caracterizam um aspecto complementar, usualmente ignorado, referindo-se à supressão de deslocamentos decorrente da insegurança para os pedestres. Em parte, estas travessias suprimidas podem transferir-se para outros modos de deslocamento (ou para outros horários, se os problemas de segurança para os pedestres forem menores em outros períodos).

Para alguns pedestres, arriscar-se pode ser a única alternativa de travessia. Se a quantidade de veículos em movimentação não permitem a travessia durante as brechas, ao longo do ciclo, os pedestres podem forçar travessia durante a mudança de fase semafórica.

Atividades compulsórias como trabalho e estudo podem obrigar estes pedestres a estarem em rotas perigosas, em condição freqüente de risco diante das correntes de tráfego veicular, caso não haja caminho alternativo.

Para as pessoas em estágios de vida em que a não-obrigatoriedade de atividades possibilitam a não-execução das rotas ou caminhos fixos, possivelmente, trocariam de caminho a fim de evitar a exposição ao risco. O perigo está na proporção em que os pedestres aceitam o risco em função da velocidade e do tempo de travessia.

Oportunidades de travessia, em que ocorreriam as brechas aceitáveis pelos pedestres, devem então refletir/ponderar/restringir/considerar essa porcentagem de pedestres aceitantes!

A espera/demora/tempo em que o pedestre aguarda avaliando as brechas é um parâmetro qualitativo da programação semafórica com o pensamento no pedestre.

As Transgressões dos Pedestres (TP) são um outro aspecto complementar que interessou diversos autores. O trabalho de Virkler (1998) caracteriza a movimentação de pedestres como: transgressores (“jumpers” e “runners”) e observantes. A percepção de que os pedestres podem ser transgressores da regras do sistema viário estabelecido, por exemplo, em vista das condições de travessia existentes não possibilitarem um tratamento adequado aos pedestres (tempo de espera e tempo de travessia), é uma questão colocada para o estudo de campo.

Consiste em um **perigo** (maior ao pedestre dada a sua vulnerabilidade) a situação na qual o pedestre disputa com os veículos um tempo e um espaço para sua travessia.

A tentativa de minimizar a espera e forçar travessia pode ser caracterizada em diferentes **riscos** em função da relação das condições de tráfego (quantidade de veículos e tipologia de movimentação veicular) com o controle (existência de semáforos veiculares, existência de semáforo veiculares e de pedestres com tempos de travessia em todas as travessias) existente nas travessias em interseções semaforizadas. Estas situações podem ocorrer com transgressão ou não. De forma não totalmente correspondente, as transgressões podem ou não gerar risco (face à não existência de um veículo aproximando-se, pelo menos com visibilidade adequada).

As transgressões podem, inclusive, evidenciar um projeto ou controle de tráfego inadequado. Entende-se que o pedestre como qualquer outro usuário do sistema deve ser atendido em suas necessidades de mobilidade. As considerações no Manual de Segurança para Pedestres (1979) preconizam a locação de travessias demarcadas no alinhamento das calçadas respeitando a rota natural dos pedestres.

É justificável que os pedestres queiram reduzir a demora/espera nas travessias como também o seu tempo de percurso em calçadas. A transgressão pode ou não ser utilizada e pode ou não gerar risco.

Portanto, pode-se concluir que o estudo de caso deve ter a preocupação de registrar os tempos de espera e de travessia dos pedestres no alinhamento das calçadas e sua relação com as brechas observadas entre veículos (segundo a faixa de tráfego utilizada).

Desta forma, pelo menos o primeiro e último dos três aspectos mencionados podem ser estudados na sua relação com a segurança efetiva das travessias.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA PROPOSTA PARA O ESTUDO DE CAMPO

O objetivo do presente capítulo é definir os conceitos e as notações a serem utilizados no estudo de caso. A preocupação deste capítulo está em esclarecer ao leitor as premissas e as suposições consideradas.

Inicialmente serão apresentados os conceitos de oportunidades de travessia e de oportunidades de conflitos a serem estudados.

Nota-se que a definição mais exigente de oportunidade de conflito corresponde a um conflito de tráfego, provendo um meio utilizável para validar a potencialidade de uso de diferentes definições, dado que as demais medidas são progressivamente mais simples e podem facilitar seu uso.

As travessias, por sua vez, são as unidades naturais de observação final que podem ser classificadas do ponto de vista da segurança envolvida mas, no entanto, não pode ser diretamente disciplinada pelas estratégias de controle de tráfego.

As análises com base na qualificação direta da segurança nas travessias e na identificação de eventos correspondentes aos conflitos de tráfego foram ambas tomadas como tarefas práticas a serem realizadas.

As oportunidades de travessia, que podem ser avaliadas a partir dos esquemas semaforicos definidos, são investigadas como medidas de previsão da segurança para os pedestres. Da mesma forma, as oportunidades de conflito são investigadas ponderando a informação adicional sobre as chegadas dos pedestres.

A qualificação das travessias realizadas, além destes dados, exige o registro de variáveis associadas com o risco da travessia (como a separação mínima entre pedestres e veículos).

A realização de entrevistas com pedestres que são usuários menos comuns no trânsito normal seria desejável para identificar comportamentos típicos para cada categoria. As entrevistas não foram realizadas para este estudo, porém observa-se sua importância dada a ausência de pedestres idosos realizando travessias no local eleito.

A seguir, o método proposto para estimativa das medidas definidas e a forma de análise dos dados obtidos é apresentada.

Definidos os aspectos metodológicos, esta exposição prepara, então, a apresentação do procedimento prático do estudo de campo, tanto na coleta como no processamento dos dados, descrito no capítulo seguinte.

3.1. Os Conceitos Investigados de Oportunidades de Travessia e de Oportunidades de Conflito e a Qualificação da Segurança

Algumas proposições a respeito de como devem ser contabilizadas as oportunidades de travessia e de conflito em uma interseção de urbana semaforizada para pedestres

diante de veículos aguardando, desacelerando (ou eventualmente acelerando) e escoando (em fluxo normal ou dissipando filas) são estabelecidas abaixo.

Primeiramente serão descritas as condições que definem as oportunidades de travessia e, posteriormente, as definições alternativas de oportunidades de conflitos a serem investigadas. Por fim, os aspectos considerados relevantes sobre as travessias e a segurança envolvida na aceitação da situação de travessia são anotados.

3.1.1. Conceitos de Oportunidades de Travessia

A conceituação adotada na análise da oportunidades de travessia é apresentada e comentada a seguir.

Na opção metodológica adotada, as oportunidades de travessias serão inicialmente classificadas pelo grau de risco objetivo oferecido ao pedestre. Os aspectos relacionados com a percepção subjetiva de risco e/ou aceitação da situação de travessia poderão ser estudadas de forma complementar.

Oportunidades de travessia (OT): situação em que ocorrem condições que proporcionam ao pedestre a possibilidade de atravessar a via. Esta situação deve ser identificada pela probabilidade de concluir a travessia eventualmente com algum risco objetivo ao pedestre.¹ Este risco eventual pode causar dúvida sobre a aceitação da situação pelos pedestres em alguma condição para travessia. Este conceito deve ser aplicado para cada categoria de pedestres e inclui as oportunidades ideais de travessia.

Oportunidades de travessia ideal (OTI): situação em que ocorrem condições de travessia 'ideais' para os pedestres que proporcionam a possibilidade ao atravessar a via sem arriscar-se. Esta situação deve ser identificada pela probabilidade muito baixa de ocorrer algum risco objetivo ao pedestre diante da travessia e pela ampla

¹ Arriscar-se: só existiria o risco caso o pedestre avaliasse uma travessia como segura sem que ela fosse de fato segura: erro de/na avaliação.

aceitação pelos pedestres desta condição para travessia. Este conceito também deve ser aplicado para cada categoria de pedestres.

Por exemplo, entre as condições de tráfego propostas/disponíveis aos pedestres está o cruzamento semaforizado (veicular) sem tempo específico para pedestres, que é das mais usuais. Portanto, o pedestre, neste caso, não tem alternativa de travessia a não ser atravessar nas brechas entre veículos. No Brasil, mesmo as situações em que o pedestre tem preferência podem ser vistas desta forma (pelo menos nos dias de hoje, na grande maioria das cidades).

Segundo o conceito anterior, neste caso, as OTIs restringir-se-iam em: condições de travessia ‘ideais’ para os pedestres são àquelas em que as brechas são suficientemente grandes para que o pedestre possa atravessar sem arriscar-se ao avaliar/aceitar as brechas durante as travessias. O risco não existe nesta situação e também na situação diametralmente oposta, em que as brechas são mínimas e os pedestres não cogitam atravessá-las, pois não satisfazem sua necessidade de movimento. A primeira é uma oportunidade de travessia e, portanto, uma OTI.

Nas travessias efetivas, pode haver risco mesmo numa OTI se o pedestre atravessa no seu início ou término. No primeiro caso (travessia no início), o risco é provavelmente controlado mas no segundo caso (travessia no final) pode não sê-lo quando a chegada do pedestre ocorre com um tempo restante (“lag”) reduzido.

As demais oportunidades de travessia são ‘não ideais’ e serão ainda sub-divididas em dois grupos: as Oportunidades de travessia com risco aceitável (OTRA) e as com risco inaceitável (OTRI). Nesta terminologia, todas as travessias estarão ocorrendo em um OT, mas, do ponto de vista de projeto, deixa-se a possibilidade de que algumas situações observadas sejam consideradas impróprias e desestimuladas (as OTRIs). As oportunidades de travessia adequadas (OTA) incluem as ideais (OTI) e as com risco aceitável (OTRA). As brechas nunca utilizadas (pela duração reduzida ou outra característica) definiriam as não-oportunidades de travessia (NOT).

Voltando ao exemplo da travessia em cruzamento semaforizado sem tempo específico, uma primeira distinção refere-se às travessias feitas diante da fila de veículos parada e às travessias feitas diante de veículos em fluxo. Para o caso da travessia diante de veículos em fluxo estas definições acarretam a identificação de quatro tipos de brechas:

(1) as brechas próximas às “**mínimas de separação**” entre veículos (intervalo de tempo no pelotão) e conseqüentemente o pedestre nem cogitaria em atravessar;

(2) “**brechas mínimas**” (tempo mínimo, próximo, porém abaixo do necessário para a travessia) nas quais poucos pedestres aceitariam atravessar e em que a existência de risco objetivo é certa e significativa;

(3) brechas intermediárias, próximas do tempo de travessia, em que o pedestre ficará em dúvida sobre a existência de risco objetivo (o que normalmente depende da posição dos veículos nas faixas e do sentido da travessia do pedestre); e

(4) brechas amplamente maiores do que os tempos de travessia, nas quais há a situação de segurança ideal (também é a situação nos estágios exclusivos de pedestres ou estágios com movimentos de pedestres protegidos).

Normalmente, as brechas do tipo (1) e (2) ocorreriam durante a dissipação das filas no início do verde para os veículos quando os pedestres que atravessam os fluxos maiores (usualmente os fluxos diretos da aproximação). As brechas do tipo (3) e (4) ocorrem de forma aleatória normalmente após a dissipação do pelotão, no final do verde, ou diante dos fluxos menores (usualmente os fluxos de conversão). Nos termos anteriormente colocados, as brechas do tipo (1), (2), (3) e (4) seriam uma NOT, uma OTRI, uma OTRA e uma OTI, respectivamente, se somente este aspecto interessar para a definição da segurança para os pedestres. No entanto, nos casos mais gerais, outros aspectos podem importar (espera na via, veículos parados, ...).

A caracterização das oportunidades de travessia para um local de travessia, considerando as diferentes categorias de pedestres e tipos de fluxo conflitante ou conflito envolvido, pode ser feita através de diversas variáveis. Entre estas estão:

- (1) Duração média da oportunidade de travessia (seg/OT ou seg/OTA);
- (2) Frequência de oportunidades de travessia (OT/hora ou OTA/hora);
- (3) Duração total das oportunidades de travessia (horaOT/hora ou horaOTA/hora); e
- 4) Tempo normal de travessia (seg, estimado como L/V_p , onde: L é a largura da via a ser transposta pelo pedestre e V_p é a velocidade do pedestre em questão).

Cada uma das diferentes caracterizações das oportunidades de travessias é distinta para as diferentes categorias de pedestres, visto que cada uma das categorias apresenta valores distintos para os parâmetros de mobilidade e cognição.

Um dos pontos de interesse na programação de semáforo seria aquele que restringisse a ocorrência de brechas de risco, especialmente do tipo (2) mas também do tipo (3), ao longo do ciclo semaforico. Assim sendo pode-se formular a hipótese de que situações ideais com travessia diante da fila de veículos parada ou a ocorrência de brechas próximas à formação de pelotão ou à travessia segura minimizariam eventuais acidentes/erros decorrentes da freqüente dinâmica da interação entre os veículos e os pedestres, diante de situações de risco significativo.

Na travessia diante da fila de veículos parada, os problemas de segurança normalmente ocorreriam no início e final do movimento, especialmente onde há obstrução visual entre veículos e pedestres (a falta de foco de pedestres contribui para trazer risco ao pedestre). Também ocorre, neste caso, a travessia de pedestres por entre os veículos da fila (ao invés de ocorrer na faixa de pedestre diante da fila).

Na travessia com veículos em fluxo, a proporção de pedestres aceitantes de brechas iguais às mínimas seria normalmente menor, dado que eles optam pela não-travessia no caso (1), enquanto a proporção de pedestres aceitantes de brechas grandes (em relação ao tamanho da travessia a ser transposta), conferindo-lhes segurança e sensação de segurança durante a travessia no caso (4), seria normalmente alta. Os problemas de segurança estariam concentrados nos casos (2) e (3).

Note-se que a existência de OTIs pode não ser suficiente para a segurança dos pedestres. A sua frequência no tempo ou a simples ocorrência anterior de OTRAs ou, especialmente, OTRIs pode motivar os pedestres a assumir riscos. No entanto, a ausência de OTIs e, adicionalmente, de OTRAs pode ser causa de insegurança.

Deve-se novamente observar que embora a discussão feita até aqui tenha sido realizada em termos de brechas apenas, as oportunidades de travessia para certos grupos de pedestres podem envolver outros requisitos. Por exemplo, idosos podem sentir-se seguros e efetivamente iniciarem a travessia apenas se o fluxo de veículos está parado. Como a análise proposta é feita de forma desagregada e microscópica, este requisito pode ser diretamente incorporado na avaliação das OTI, OTRA e OTRI, que poderiam distinguir-se pela margem de tempo após o movimento veicular parar ou pela margem de tempo antes do movimento veicular ser reiniciado. A espera na calçada ou nas faixas de tráfego ociosas pode diferenciar um tipo de usuário de outro, assim como a necessidade de segurança da travessia diante de veículos parados pode ser um requisito para tipos de usuários mais conservadores.

A caracterização da situação global, ponderando que a demanda normalmente terá diferentes grupos de pedestres com comportamentos distintos, é feita agregando as OTI, OTRA e OTRI (segundo o conceito de cada um). Esta agregação substitui os valores médios (por exemplo, o atraso médio) convencionalmente usados. No entanto, pode-se refinar os resultados identificando os grupos atendidos, ou não, por cada tipo de oportunidade de travessia (por exemplo, as OTIs podem estar atendendo os jovens e os idosos podem ser atendidos somente pelas OTRIs).

A definição específica das oportunidades de travessia deve ponderar os tipos de usuários envolvidos. Em face da coleta de dados através de filmagens, a possibilidade de identificar tipos de pedestres é limitada mas será investigada a viabilidade de calcular medidas de oportunidade de travessia para tipos distintos. A proposta inicial considera um tipo básico e três variações:

- o pedestre com passo normal ou moderado (algo como 1,4 m/s) que é prudente na aceitação das situações de risco (não aceita veículos a menos de 2 segundos de separação, seja na travessia ou na espera na via, e considera aceitável uma separação maior que 2 segundos enquanto considera ideal uma separação superior a 5 segundos);

- o pedestre com passo rápido (algo como 2,0 m/s) e comportamento ousado diante das situações de risco (não aceita apenas ser atropelado e admite mesmo a espera entre faixas de tráfego, considerando aceitável uma separação maior que 1 segundo e ideal uma separação superior a 3 segundos);

- o pedestre vagaroso (algo como 0,8 m/s) e comportamento conservador diante das situações de risco (não aceita veículos a menos de 3 segundos de separação e nunca inicia uma travessia com espera na via, considera aceitável uma separação maior que 3 segundos e ideal uma separação superior a 6 segundos).

As oportunidades de travessia podem ser mensuradas em segundos ou brechas. No primeiro caso, uma brecha, considerando sua duração, é dividida em um período NOT (em que a travessia é inadmissível), depois os períodos OTRI e OTRA (em função do nível de risco) e, finalmente, um período OTI (se sua duração for suficientemente grande). No segundo caso, cada brecha é classificada pelo período mais favorável da sua duração. Em ambos os casos, quando se admite a travessia em etapas (com espera nas faixas), a situação na faixa crítica da travessia é considerada.

Em princípio, deve-se tentar identificar a proporção de pedestres correspondentes a cada tipo de comportamento na amostra de travessias observadas.

3.1.2. Oportunidade de Travessia e Oportunidade de Conflito

A discussão acima mostra a inter-relação entre o conceito de oportunidade de travessia e a característica das situações de risco, incluindo a influência possível do

controle de tráfego em tornar mais ou menos freqüentes os diferentes tipos de situação. Uma representação esquemática será oferecida na Figura 3.1 adiante.

A caracterização das situações de risco pode ser feita de diferentes maneiras. Uma delas é a observação dos conflitos de tráfego. O conflito de tráfego foi anteriormente definido como um evento caracterizado pela evidência de risco de colisão entre dois ou mais usuários ou um usuário e um elemento externo que se identifica pela presença de uma ação evasiva (frenagem, desvio, aceleração ou redução brusca de velocidade).

As dificuldades envolvidas na utilização do conceito de conflito de tráfego são importantes (ver Tourinho 2002, p.13-16), especialmente o fato de que a sua ocorrência é ainda baixa para certos tipos de conflito (por exemplo, as travessias em linha de retenção), o que faz com que o tempo de observação necessário seja grande.

Este trabalho investiga a caracterização das Oportunidades de Conflito (OC), entendidas genericamente como situações nas quais existem certas pré-condições para a ocorrência das situações de risco. Como foi discutido no capítulo anterior, o conceito preciso de oportunidade de conflito ainda não é estabelecido e existem diversas definições alternativas que serão estudadas.

No entanto, certas idéias intuitivas são claras. Por exemplo, no caso de situação de travessia diante de veículos em fluxo, a **coexistência de veículos e pedestre** é o primeiro aspecto. Além disso, quanto mais próximos os tempos das brechas estiverem do tempo de travessias, maior é o risco que pode decorrer de erro (variabilidade individual) e maior é probabilidade de conflito (avaliação errônea referente ao tempo de atravessar) que o pedestre na sua interação com os veículos teria. A medida de oportunidades de conflito pode contabilizar estes eventos ao longo do tempo. Neste caso, é preciso **que existam brechas de dadas magnitudes e que pedestres estejam presentes na travessia conflitante com tal corrente.**

Para cada pedestre o número de oportunidades de conflitos é dado pela quantidade de vezes que ele se depara com veículos conflitantes e, eventualmente, com brechas de magnitude insuficiente até encontrar uma brecha adequada. O tempo em que os pedestres expõem-se a estes eventos pode também ser um aspecto relevante.

Diversos fatores podem interferir na caracterização da situação de risco ou na determinação da sua relevância. O nível do risco tomado pelos pedestres é maior quanto menor for sua velocidade e agilidade ao se livrar do conflito existente nas correntes de tráfego veicular, que aumenta em complexidade pela quantidade de faixas a serem transpostas e pela velocidade do tráfego veicular.

Quando o pedestre fica em dúvida considera-se que:

- Uma porcentagem de pedestres “assumem o risco eventual” (travessia);
- Uma porcentagem de pedestre tem risco efetivo (erro de avaliação, falta de observação, forçando reação por parte do condutor);
- Uma porcentagem de casos existem interações entre pedestres e veículos sem contanto existirem conflitos; e
- Uma porcentagem de casos tem manobras evasivas (conflito).

Pelo menos quatro conceitos alternativos para oportunidades de conflito serão submetidos à análise empírica. Alguns conceitos são bastante simples, o que é a sua força e fraqueza, ao mesmo tempo. O mesmo pode ser dito dos conceitos mais complexos em sentido inverso. Os conceitos a serem investigados são:

(1) oportunidades de conflito OC1 medidas pelo produto dos fluxos conflitantes:

- OC1a, utilizando os fluxos de tráfego médios,
- OC1b, utilizando os fluxos de tráfego médios de cada estágio,
- outros critérios de fluxo, por exemplo diferenciando fluxos por faixas ou fluxos nos verdes e entreverdes nos estágios;

(2) oportunidades de conflito OC2 medidas apenas pela coexistência, com o pedestre esperando/atravessando e o veículo conflitante deslocando-se ou eventualmente desacelerando/parando:

- OC2a, sem distinguir os valores das brechas entre veículos ou as velocidades de veículos ou pedestres, considerando apenas o veículo passando e o pedestre esperando,
- OC2b-3, desprezando as brechas veiculares menores que $T_n - 3$ seg, (ou outra margem de tempo) considerando os tempos de travessia compatíveis com as velocidades usuais dos pedestres,
- outros critérios de coexistência, por exemplo considerando as velocidades específicas dos pedestres e os requisitos de espera na calçada, fila de veículo parada ou outros.

(3) oportunidade de conflito OC3 medidas pela travessia na presença de veículos, com o pedestre atravessando e os veículos deslocando-se ou desacelerando/parando diante do pedestre na mesma faixa de tráfego:

- OC3a-3, distinguindo apenas as brechas em que a travessia ocorre com duração tempo livre em relação ao veículo adiante de até 3 seg, (ou outra margem de tempo), considerando os tempos de travessia compatíveis com as velocidades usuais dos pedestres,
- OC3b-3, distinguindo apenas as brechas em que a travessia ocorre com duração tempo livre em relação ao veículo adiante de até 3 seg, (ou outra margem de tempo), considerando os tempos de travessia e as velocidades específicas dos pedestres,
- outros conceitos de travessia, como os correspondentes a brechas potencialmente utilizáveis (mesmo quando rejeitadas pelos pedestres);

(4) oportunidade de conflito OC4, medidas pelo conflito efetivo, com o pedestre atravessando diante de veículos em curso de acidente (exigindo manobra evasiva):

- OC4a, com movimentação veicular em desaceleração ou desvio;
- OC4b, com movimentação veicular em desaceleração ou desvio ou pedestres alterando seu percurso na travessia,
- ou outro contexto similar, ponderando a gravidade do conflito potencial.

A relação entre os conceitos de oportunidade de travessia e de conflito está esquematizada na Figura 3.1 abaixo.

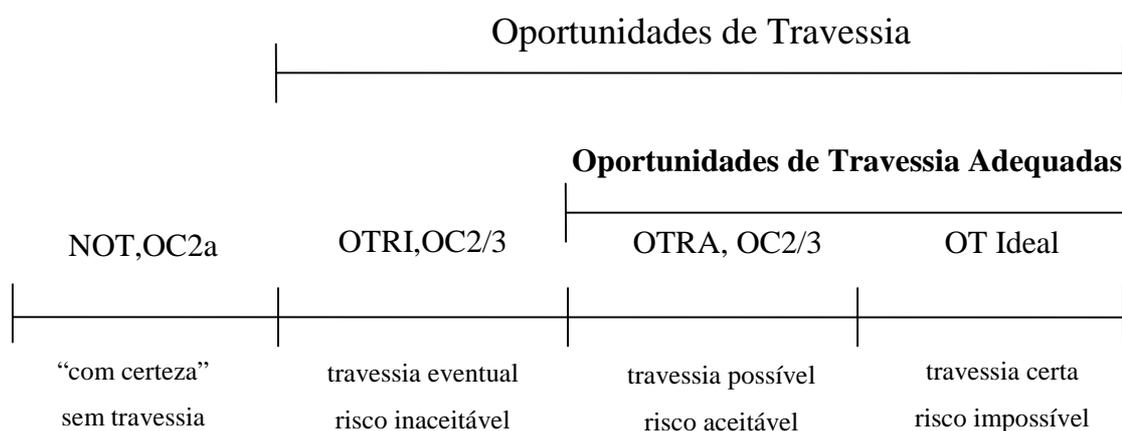


Figura 3.1 – Classificação das Oportunidades de Travessia e sua relação com a Classificação das Oportunidades de Conflitos

Nas oportunidades de conflito tipo OC2a, em cada caso, o pedestre fica em dúvida ou não, por não serem excluídas as brechas mínima observadas no escoamento do fluxo em pelotão. Nas oportunidades de conflito tipo OC2b excluem estas situações que não ensejariam travessias (que seriam espera segura). As OC2a,b incorporam o comportamento diante das brechas rejeitadas e aceitas, ao contrário das OC3a,b que consideram apenas o comportamento diante das brechas aceitas. As oportunidades de conflito tipo OC3a excluem somente as travessias em brechas maiores, independente da circunstância relativa ao comportamento dos pedestres, enquanto as do tipo OC3b avaliam diretamente este aspecto, de forma compatível com a qualificação das travessias, que será discutida no ítem seguinte.

As medidas de oportunidade de conflito podem ser contadas em veículos diante de pedestres, pedestres diante de veículos ou pedestre-segundo diante de veículos. Além disso, no caso de travessia em etapas com espera nas faixas de tráfego, a avaliação

deve usar critérios correspondentes e considerar a situação crítica da travessia. É também relevante observar que as medidas consideram, mais precisamente, os tempos restantes (“lag”) para o caso das chegadas de pedestres, embora tenha-se sempre mencionado brechas (“gap”) sempre, como no caso dos pedestres em espera..

A correspondência entre oportunidades de conflito OC e oportunidades de travessia com risco inaceitável OTRI é desejada mas não pode ser excluída a possibilidade de ocorrerem situações distintas face ao comportamento efetivo do pedestres. Por outro lado, a precaução dos pedestres pode evitar riscos potenciais em muitos casos.

Estas são diferenças importantes entre o conceito de oportunidade de conflito (as condições para ocorrência do conflito) e de conflito de tráfego (o conflito efetivo). Caso seja possível identificar a realização ou não da manobra evasiva pelos veículos ou pedestres, o conceito de conflito de tráfego (OCT, que são similares à OC4) pode naturalmente ser também utilizado.

3.1.3. A Qualificação das Travessias Efetivas

Como discutido no capítulo anterior, três aspectos podem ser considerados importantes na caracterização do comportamento efetivo dos pedestres: o comportamento de risco dos pedestres, a redução de mobilidade decorrente da falta de segurança nas travessias oferecidas e o comportamento transgressor do pedestre.

Inicialmente, as Travessias com Risco (TR) foram relacionadas com a utilização de brechas de duração reduzida e/ou de pequeno tempo livre em relação ao veículo adiante (no início ou final de brechas maiores). No entanto, outros aspectos foram também mencionados em trabalhos revisados, como a proximidade entre veículo e pedestre. Neste caso, a resolução do procedimento de campo permite identificar a coexistência entre veículos e pedestres na mesma faixa, o que corresponde a uma distância entre pedestres e veículos entre 0,5 e 1,0 metro. Embora exista um considerável controle desta situação em muitos casos, este critério foi adicionado.

Em função desta consideração, as travessias efetivas dos pedestres foram qualificadas em:

- travessias ideais (TI): nas quais as esperas ocorrem nas calçadas ou em faixas adjacentes sem veículos, com tempo livre de pelo menos 4 segundos diante do veículo na posição crítica da travessia (de menor tempo livre);

- travessias de risco aceitável (TRA): nas quais as esperas na mesma faixa do veículo em movimento ocorrem durante 1 segundo no máximo (a resolução da medida de tempo) e o tempo livre diante do veículo na posição crítica da travessia é maior do que 1 segundo mas menor do que 4 segundos (da travessia ideal);

- travessia de risco inaceitável (TRI): nas quais as esperas na mesma faixa do veículo em movimento ocorrem por mais de um segundo ou o tempo livre diante do veículo na posição crítica da travessia é de 1 segundo ou nenhuma (isto é, pedestre e veículo ocupam o mesmo trecho da via em segundos consecutivos); e

- não travessia (NT): nas quais o pedestre abandonou o desejo inicialmente manifestado de realizar a travessia no local em avaliação.

Note-se que as NT representam um aspecto similar mas distinto das Travessias Suprimidas (TS) discutidas no capítulo anterior, que corresponderia à supressão de deslocamentos decorrente da insegurança para os pedestres. Esta informação não pode ser, entretanto, utilizada com segurança porque não é possível observar o comportamento do pedestre fora do trecho em avaliação para verificar se ele realmente transferiu o atendimento do desejo de deslocamento para outro local.

Considera-se que as entrevistas com os usuários seriam um meio essencial para estudar as TS de forma mais ampla. As NT poderiam também ser tomadas como uma informação relevante, mas isto exigiria um campo de observação bem amplo.

Em relação às Transgressões dos Pedestres (TP), sua ocorrência frequente termina por transformá-la na situação usual em muitos casos. Por este motivo, optou-se por ater-se apenas à qualificação de risco efetivo na travessia. Os caso excepcionais de TP devem ser objeto de registro em destaque e poderiam ser estudados especificamente, como em outras formas de comportamento aberrante.

3.2. Definição da Metodologia de Campo e de Análise

Além dos aspectos conceituais discutidos anteriormente, deve-se definir diversos outros detalhes de procedimento para o trabalho de campo e de análise. Estes são os pontos salientados a seguir.

3.2.1. Unidade de Tempo na Observação

Tanto as oportunidades de travessia quanto as oportunidades de conflitos serão medidas/computadas como uma variável de tempo. Durante as observações houve dificuldade em decidir qual seria a unidade de medição.

Como um dos critérios para dimensionamento de semáforo baseia-se nos tempos de travessia (em segundos), velocidade dos pedestres (metros/segundos); decidiu-se fundamentar as medições em tempo utilizando como unidade mínima de tempo, um segundo (1s). A vantagem desta medição foi percebida pela utilização convencional de tempo dos ciclos (em segundos). Dessa forma, as taxas e as porcentagens são facilmente extraídas em relação aos tempos dos ciclos.

3.2.2. Anotação da Movimentação Veicular e de Pedestres.

O detalhe da movimentação dos veículos e pedestres em cada faixa de tráfego foi registrada.

Duas metodologias de análise foram investigadas: a análise das brechas na travessia de cada faixa (que corresponde à travessia em etapas, com eventual espera nas faixas de tráfego adjacentes) e a análise das brechas da travessia global em função da posição dos veículos que delimitam a brecha (anterior e posterior).

Esta segunda alternativa exigiria a caracterização da posição relativa dos veículos em cada brecha (a faixa de tráfego correspondente), criando diversas configurações distintas que motivam comportamentos também distintos dos pedestres.

Em princípio, os trabalhos preliminares mostraram que a primeira alternativa é mais simples, embora não elimine totalmente o problema referido acima.

3.2.3. Seleção das Travessias Críticas

Dada a caracterização, anteriormente vista (tipologias de travessias para pedestres), decidiu-se focar a análise apenas nas travessias críticas de uma dada interseção.

O critério utilizado para caracterizar uma interseção como crítica foi a ausência de tempo específico para a travessia de pedestres nas saídas e existência de travessias concorrentes de pedestres com movimentos veiculares. Dessa forma, não foram consideradas as travessias nas linhas de retenção das aproximações.

Este, naturalmente, poderia ser objeto de estudo em trabalhos posteriores sobre a aplicação dos mesmos conceitos.

3.2.4. Procedimento para o Estudo de Campo

A fonte de dados para o estudo foi obtida através de uma filmagem realizada de um ponto selecionado (a cobertura de um prédio), a partir do qual se obteve uma ampla visão das travessias e de onde se pôde identificar a movimentação de pedestre e de veículos. A observação dos focos semaforicos também é conveniente mas dificilmente pode ser obtida nos ensaios realizados em campo.

Para cada registro de pedestre foram identificados:

a) movimentação ou não-movimentação:

(i) esperando; notação: 'P' (parado);

(ii) atravessando; notação: 'T' (travessia); e

(iii) desistência; notação: 'b' ("back").

b) categorias de pedestres:

- (i) criança;
- (ii) jovem;
- (iii) adulto;
- (iv) idoso; e
- (v) deficiente.

c) tipo de movimentação de pedestre, origem/destino:

- (i) por sentido (exemplo, 13=origem em 1 e destino em 3)

d) localização do pedestre, ao longo da via:

- (i) primeira parte da travessia; notação: 'r'. Essa notação foi retirada da palavra "reaching" – *alcançar* em relação à movimentação conflitante entre veículos e pedestres, que é a metade mais próxima das chegadas veiculares;
- (ii) segunda parte da travessia; notação: 'l'. Essa notação foi retirada da palavra "leaving"- *partir* em relação à movimentação conflitante entre veículos e pedestres, que é a metade mais afastada das chegadas veiculares; e
- (iii) alteração de trajetória; notação: 'z'. Essa notação retrata a mudança de localização em relação à travessia, primeira para segunda parte e vice-versa.

e) localização do pedestre, em relação às faixas de tráfego:

- (i) faixas I ou II ou III (da esquerda para a direita)

Para cada registro de veículos foram identificados:

a) categorias de veículos:

- (i) automóvel (carro de passeio); notação: 'A'.;
- (ii) ônibus; notação: 'O';
- (iii) moto; notação: 'M'; e
- (iv) caminhão; notação: 'C'.

b) localização transversal:

- (i) faixas; notação: 'I' ou 'II' ou 'III', e
- (ii) alteração de faixa; notação representada pela alteração na seqüência de anotação das faixas.

c) localização longitudinal (em relação ao cruzamento e à travessia):

- (i) na aproximação; notação: 'i';
- (ii) no cruzamento; notação: 'x';
- (ii) alcançando a primeira parte da travessia; notação: 'r';
- (iii) o eixo veicular sobre a travessia; notação: 'n'; e
- (iv) deixando a segunda parte da travessia; notação: 'l'.

3.2.5. Procedimento de Análise dos Dados.

A análise proposta está baseada na contagem direta das oportunidades de travessia e de conflito e na comparação com os conflitos ou com as travessias efetivamente realizadas segundo a avaliação da sua segurança. Estes dados primários devem ser correlacionados entre si e a relação entre as contagens obtidas e as variáveis de tráfego e de controle semafórico ou sua correlação com as variáveis de comportamento e de aceitação de brecha deve ser investigada.

Tomando o conceito mais exigente de oportunidade de conflito (OC4 ou OCT) ou as travessia menos segurança como base de comparação, a análise deve buscar determinar o conceito mais simples que permita caracterizar o grau de insegurança manifesta em uma travessia. Esta análise deve ser feita em duas etapas:

- analisando a correlação entre a insegurança e as oportunidades de travessia (segundo seu grau de adequação);
- analisando a correlação entre a insegurança e as oportunidades de conflito (para aprimorar a primeira análise).

A frequência de oportunidades de travessia e de conflito pode ser relacionada com as medidas de insegurança ou com medidas teóricas (discutidas no capítulo anterior, que podem ser deduzidas das variáveis de tráfego e de controle semafórico). Este trabalho selecionou uma estratégia de análise fundamentalmente empírica como opção de investigação fazendo a comparação com as medidas de insegurança.

A frequência de aceitação ou não das oportunidades de travessia deve também ser estudada, buscando-se relacioná-la com o tipo de pedestre envolvido.

Deve-se, entretanto, observar que os estudos preliminares indicaram uma participação quase nula dos pedestres de tipos extremos. Neste caso, uma metodologia baseada em entrevistas realizadas fora da via poderia ser um complemento indispensável.

3.2.6. Uma Nota sobre os Procedimentos de Aplicação.

Embora este trabalho tenha objetivos de análise empírica dos dados sobre a segurança das travessias de pedestres e sua relação com as medidas de oportunidade de travessia e de conflito, vale uma nota sobre a forma como os procedimentos estudados poderiam ser aplicados nos trabalhos profissionais.

Ainda que este estudo envolva levantamentos e análises trabalhosas sobre os movimentos de veículos e pedestres na espera e na travessia, os resultados obtidos visam estabelecer relações entre as medidas de oportunidades de travessia e de conflitos com a segurança das travessias de pedestres.

Obtendo-se um método de mensuração que proporcione resultados positivos (isto é, uma relação válida e clara entre as medidas de oportunidade e a segurança dos pedestres), os trabalhos profissionais poderão avaliar a segurança dos pedestres através das medidas intermediárias de oportunidades de travessia e/ou de conflitos.

As medidas de oportunidades de travessia normalmente exigirão apenas dados de tráfego sobre os fluxos veiculares ao longo do ciclo (observados em alguns ciclos de campo ou obtidos por modelos analíticos ou de simulação a partir dos dados de demanda de tráfego e de programação semafórica), além dos requisitos de travessia segura e risco aceitável para cada tipo de pedestre em análise.

A medida de oportunidade de conflitos normalmente exigiria dados de tráfego semelhantes, eventualmente complementados pelo perfil de chegada e travessia dos

pedestres caso seu padrão não seja uniforme ao longo do ciclo. Neste caso, a mensuração em campo seria mais trabalhosa.

No entanto, a utilização de modelos analíticos ou de simulação seria o aspecto potencialmente mais complexo, dependendo dos conceitos selecionados e das variáveis de comportamento distinguidas (por exemplo, a transgressão dos pedestres e/ou veículos, a espera na via, ...).

Este último aspecto pode ser avaliado analisando as formulações para definição e estimativa de oportunidades de conflito revisadas no capítulo anterior e notando a ausência de formulações correspondentes para medidas de oportunidade de conflito mais complexas (OC4 ou OCT).

O ponto importante a ressaltar é que, em qualquer caso, a aplicação seria bastante mais simples que os estudos relatados a seguir, dada a identificação das medidas de oportunidade de travessia e de conflito relacionadas com a segurança dos pedestres.

CAPÍTULO 4 -

ESTUDO DE CASO EM TRAVESSIAS EM INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS

O objetivo do presente capítulo é apresentar o Estudo de Caso realizado para determinação das Oportunidades de Travessia para Pedestres e Oportunidades de Conflito entre Pedestres e Veículos dentro do contexto de uma interseção urbana semaforizada da zona oeste na cidade de São Paulo.

Inicialmente são descritas as características do local escolhido e a identificação das travessias analisadas (as duas travessias mais críticas do cruzamento). Os dados resumidos da operação semafórica e dos fluxos de veículos e pedestres no ciclo semafórico do período analisado também são fornecidos.

Em seguida, são apresentados os critérios utilizados para análise das oportunidades de travessias e das oportunidades de conflito e para qualificação das travessias. Foram identificadas oportunidades de travessias e travessias efetivas por nível de risco (inaceitável, aceitável e ideal). As oportunidades de conflito foram medidas no conceito agregado OC1 e nos conceitos microscópicos OC2 e OC3 (não foi possível identificar oportunidades de conflito OC4 e conflitos de tráfego OCT).

Por fim, são sumarizados os resultados obtidos e é analisada a relação entre o risco nas travessias e as medidas de oportunidade de travessia e de conflito obtidas.

4.1. Especificidades do Local

A localidade escolhida foi a interseção da Av. Faria Lima com R. Teodoro Sampaio, apresentada de forma esquematizada na Figura 4.1, adiante.

A movimentação de veículos dá-se em via de mão dupla na Av. Faria Lima e de mão única para a R. Teodoro Sampaio. Constitui-se em uma área de comércio intenso e com forte presença de prestação de serviços. A presença do Terminal Urbano de ônibus intensifica a atração de movimentação de pedestres.

A localidade apresenta canalizações para pedestre por meio de gradis. As travessias em questão são resultantes das transgressões das canalizações.

Foram estudadas as duas travessias críticas do cruzamento, destacadas na Figura 4.2, que identifica a simbologia de referência utilizada, segundo as movimentações de pedestres e as aproximações veiculares.

Ambas as travessias nas saídas críticas das aproximações, seguindo os critérios das discussões feitas nos capítulos anteriores, foram eleitas para aplicação da metodologia.

A travessia da R. Teodoro Sampaio (TS ou 13/31) tem os movimentos 13 (sentido leste-oeste) e 31 (sentido oeste-leste), e a travessia da Av. Faria Lima (FL ou 24/42) tem os movimentos 24 (sentido sul-norte) e 42 (sentido norte-sul).

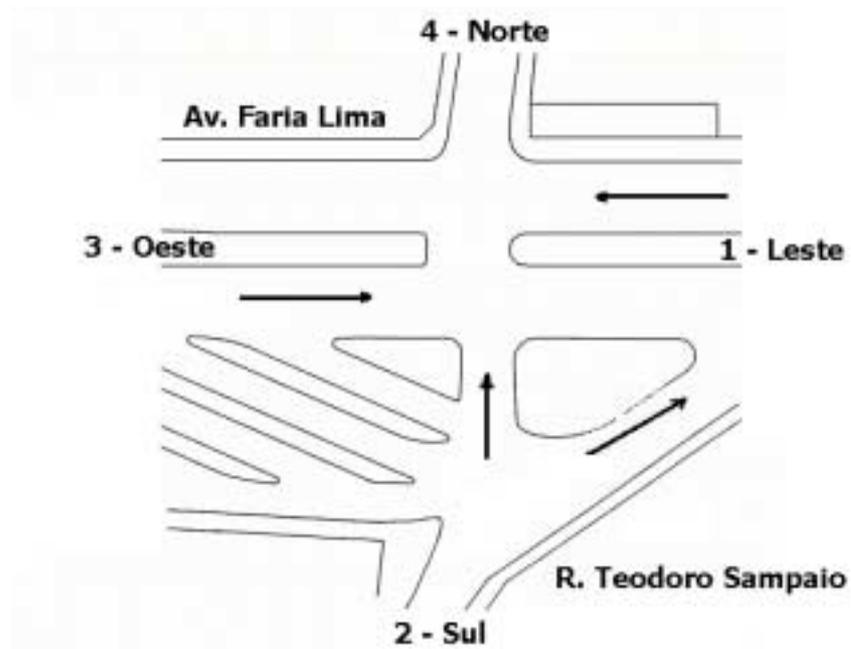


Figura 4.1 – Configuração geométrica da Av. Faria Lima com R. Teodoro Sampaio.

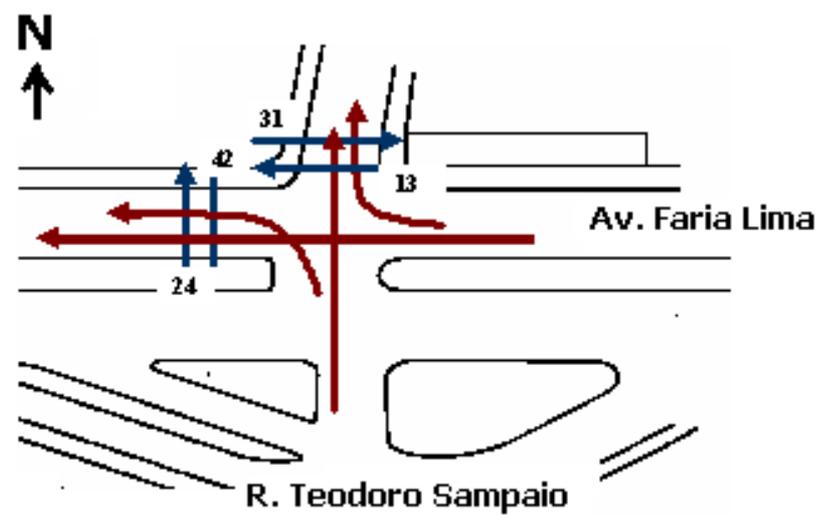


Figura 4.2 – Travessias estudadas da Av. Faria Lima com R. Teodoro Sampaio e as movimentações conflitantes veiculares e de pedestres.

Ao contrário da travessia de saída da Av. Faria Lima, onde tem de ser vencida toda a extensão, os pedestres da travessia de saída da R. Teodoro Sampaio normalmente aguardam na primeira faixa. Observando o padrão de brechas da primeira faixa, percebe-se que não existe movimentação veicular freqüente, com apenas uma movimentação veicular no ciclo analisado. Tal fato pode ser atribuído ao uso da referida faixa para estacionamento adiante (cerca de 200m do local de travessia).

Pode-se, então dizer que as travessias resultam das descon siderações da canalização dos pedestres.

As movimentações ocorrem em seqüência, sem estágio exclusivo para os pedestres. O estágio 1 (E1) corresponde ao movimento da R. Teodoro Sampaio, que é radial e recebe a maior proporção do verde (superior a 60%), e o estágio 2 (E2) corresponde ao movimento da Av. Faria Lima.

Outro ponto importante a salientar é de que como as travessias não são de aproximação e não há tempo específico para pedestres; as travessias diante de filas paradas não ocorrem.

Em relação às travessias de pedestres 13 e 31, a aproximação da Av. Faria Lima, posicionada a Leste origina uma movimentação veicular de conversão à direita, V14 (sentido oeste-norte) que conflita com as travessias de pedestres 13 (sentido leste-oeste) e a 31 (sentido oeste-leste) localizadas na saída da R. Teodoro Sampaio. A movimentação veicular de fluxo direto, V24, originária da aproximação da R. Teodoro Sampaio, conflita com as travessias de pedestres 13 (leste-oeste) e 31 (sentido oeste-leste).

Em relação às travessias de pedestres 24 e 42, a aproximação da R. Teodoro Sampaio, posicionada ao Sul, origina a movimentação veicular, V23, de conversão à esquerda, que conflita com as travessias de pedestres 24 (sentido sul-norte) e a 42 (sentido norte-sul) localizadas na saída da Av. Faria Lima. A movimentação veicular de fluxo direto,

V13, originária da aproximação da Av. Faria Lima conflita com as travessias de pedestres 24 e 42, de forma similar.

Observe-se que os pedestres de 42 vêem o fluxo de conversão pela frente enquanto os pedestres de 24 recebem tal fluxo de conversões pelas costas, o que é relevante face à velocidade dos veículos. Observe-se, ainda, como característica específica desta travessia, a forte presença de ônibus na movimentação veicular, V23, de conversão à esquerda interferindo nos valores das brechas. Assim, o pedestre é levado a subestimar o tempo de ocupação real dos ônibus sobre a faixa da travessia.

4.2. Definição do Procedimento de Medição

A decisão de fazer uma análise microscópica tem por finalidade entender como desenvolve-se a interação entre pedestres e veículos ao longo do ciclo semafórico.

Os dados foram obtidos a partir de filmagens realizadas no dia 28 de agosto de 2002, nos períodos da manhã, meio-dia e tarde. A área havia passado por uma recente reestruturação, entre diversas ocorridas no período. Esta é uma das razões pelas quais os dados sobre acidentes seriam inadequados para avaliar o local.

A situação existente na data do levantamento corresponde a uma transição entre projetos alternativos. As faixas de pedestres não estavam delimitadas e as travessias ocorriam apesar de restringidas pela presença de gradis.

A medição foi realizada registrando a cada um segundo o posicionamento de veículos e de pedestres identificando as etapas do ciclo: tempo de verde, tempo de amarelo, tempo de vermelho.

Com base nos dados de campo, descritos no capítulo anterior, foi possível registrar o posicionamento dos pedestres e dos veículos, em uma porção da travessia de pedestre (metade mais próxima ou mais afastada do cruzamento) durante o transcorrer do ciclo semafórico. O posicionamento considerado foi denominado como sendo

respectivamente 'r' e 'l', e é tomado como referência para medir a situação dos veículos e dos pedestres.

Dessa forma, foi registrado o instante, em segundos, no ciclo em que cada veículo e pedestre se posicionaram na porção 'l' da travessia (largura aproximada de 2 metros) e em sua respectiva faixa de tráfego durante o deslocamento. (Ver no Anexo B – Posicionamento de pedestres e veículos, ao longo do ciclo (segundos), na área 'l' da faixa de pedestre e dispostos nas faixas de tráfego veicular).

O ciclo da interseção variou de 94 a 105 segundos, tendo para a aproximação da R. Teodoro Sampaio (V24 e V23) um tempo entre 58 e 75 segundos e para Av. Faria Lima (V13 e V14) um tempo entre 21 e 43 segundos, segundo o horário do dia. Os intervalos de amarelo são de 4 segundos.

Os dados de movimentação veicular e de pedestres estão apresentados no Quadro 4.1, adiante.

Tomando como exemplo o ciclo 1, o volume de pedestres na saída da R. Teodoro Sampaio é de 67 pedestres, sendo que: 54 pedestres no sentido oeste-leste (31) e 13 pedestres no sentido leste-oeste (13). Destes, 52 atravessaram no sentido 31 (2 desistiram) e 12 no sentido 13 (1 desistiu). Na saída da Av. Faria Lima o volume total de pedestres atravessando é de 12 pedestres, sendo que: 7 pedestres no sentido norte-sul (42) e 5 pedestres no sentido sul-norte (24). Destes, 6 pedestres atravessaram no sentido 42 (1 desistiu) e todos os pedestres do sentido 24 desistiram. As desistências podem representar travessias em outros locais (o que não foi possível observar).

As movimentações veiculares são de 38 veículos em V24 (1 na faixa 1; 25 na faixa 2; e 13 na faixa 3), 6 veículos em V14 (2 na faixa 2; e 4 na faixa 3), 9 veículos em V23 (todos na faixa 2) e 8 veículos em V13 (3 na faixa 1; 4 na faixa 2; e 1 na faixa 3).

Tabela 4.1 – Dados Gerais das Travessias nos Ciclos Semafóricos Estudados

Ciclo Horário	Estágios			FL-Ped		FL-Veic/Faixa			TS-Ped		TS-Veic/Faixa				
	E	t(s)	t(%)	P24	P42	Tipo	f1	f2	f3	P31	P13	Tipo	f1	f2	f3
1 07h45	E1	63	0,66	3	7	V23-ConvE	0	9	0	27	9	V24-Direto	1	25	13
	E2	33	0,34	2	0	V13-Direto	3	4	1	27	4	V14-ConvD	0	2	4
2 07h47	E1	75	0,69	4	3	V23-ConvE	2	4	0	24	4	V24-Direto	2	32	13
	E2	23	0,21	0	0	V13-Direto	4	7	0	2	0	V14-ConvD	0	1	1
3 07h50	E1	63	0,75	1	0	V23-ConvE	6	7	0	24	2	V24-Direto	2	21	10
	E2	21	0,25	0	0	V13-Direto	3	3	0	7	1	V14-ConvD	0	0	2
4 07h55	E1	63	0,61	2	4	V23-ConvE	1	2	0	8	2	V24-Direto	1	12	18
	E2	41	0,39	0	3	V13-Direto	5	8	4	9	2	V14-ConvD	0	1	2
5 13h15	E1	62	0,61	5	0	V23-ConvE	0	3	0	4	4	V24-Direto	1	17	10
	E2	40	0,39	1	4	V13-Direto	8	13	9	6	5	V14-ConvD	0	3	5
6 13h17	E1	62	0,61	9	2	V23-ConvE	6	10	9	2	1	V24-Direto	0	8	10
	E2	40	0,39	0	1	V13-Direto	0	5	0	11	6	V14-ConvD	0	2	5
7 13h23	E1	63	0,66	11	4	V23-ConvE	0	0	1	8	7	V24-Direto	1	17	16
	E2	33	0,34	1	14	V13-Direto	8	12	5	8	2	V14-ConvD	1	4	5
8 17h30	E1	62	0,59	4	1	V23-ConvE	5	11	5	3	5	V24-Direto	0	1	7
	E2	43	0,41	0	6	V13-Direto	0	7	0	6	11	V14-ConvD	0	11	7
9 17h32	E1	67	0,64	7	3	V23-ConvE	1	4	1	4	12	V24-Direto	0	8	12
	E2	38	0,36	0	0	V13-Direto	8	12	4	7	4	V14-ConvD	0	0	4
10 17h34	E1	67	0,65	3	11	V23-ConvE	1	4	2	4	13	V24-Direto	0	10	7
	E2	36	0,35	0	4	V13-Direto	14	9	9	5	5	V14-ConvD	0	2	4
11 17h37	E1	68	0,69	8	7	V23-ConvE	1	6	0	6	17	V24-Direto	0	10	9
	E2	30	0,31	0	5	V13-Direto	6	6	4	4	8	V14-ConvD	0	1	5
12 17h40	E1	58	0,62	3	7	V23-ConvE	1	3	0	5	11	V24-Direto	1	8	14
	E2	36	0,38	2	4	V13-Direto	6	6	6	2	8	V14-ConvD	0	7	3

Obs.: Os fluxos de pedestres em negrito ocorrem no tempo de verde do estágio de fluxo direto na via paralela à travessia de pedestre (onde não há faixa de pedestre). Os tipos de fluxo veicular são: Direto = fluxo veicular direto, ConvD = fluxo veicular de conversão à direita, e ConvE = fluxo veicular de conversão à esquerda.

Analisando todos os ciclos, pode-se ver que a travessia da R. Teodoro Sampaio é mais solicitada tanto em termos de fluxo veicular quanto de pedestres.

Não foi possível examinar as categorias de pedestres nestes ciclos devido à ausência de pedestres idosos e crianças. A distinção entre jovens e adultos é mais arbitrária e também mais difícil de ser examinada a partir de filmagens.

4.2.1. Qualificação das Travessias Observadas

Como o critério de validação dos conceitos e medidas propostas é a comparação com a segurança efetiva das travessias de pedestres observadas, a qualificação das travessias é muito importante e fornece parâmetros que devem ser utilizados de forma consistente na identificação das oportunidades de travessia e de conflito.

A interação entre pedestres e veículos foi analisada como a coexistência do veículo e do pedestre na mesma faixa de tráfego no mesmo instante do ciclo. Considerando que a velocidade do veículo é significativamente superior à do pedestre, a interação só é considerada de risco se o pedestre estiver adiante do veículo na mesma faixa de tráfego veicular ou se a proximidade transversal for considerada crítica.

Como a análise é realizada dentro do ciclo, é importante identificar quais os instantes em que não existe a presença do pedestre e nem a do veículo. Para a análise das travessias, assim como para a mensuração das Oportunidades de Travessia ou Oportunidades de Conflito, os registros da movimentação de veículos e pedestres foram realizados a cada 1 segundo (ver Anexo B).

Durante cada segundo do ciclo pode-se contabilizar a ocorrência dos eventos de interesse (as travessias efetivas, as oportunidades de travessia e as oportunidades de conflito). Dessa forma, para cada pedestre é possível identificar a quantidade de brechas ou instantes de exposição em relação a cada evento descrito acima.

Para a classificação qualitativa das travessias efetivas realizou-se uma análise exploratória preliminar de dois ciclos semaforicos onde se observou em quais condições de tráfego os pedestres aceitavam realizar a travessia. Os parâmetros selecionados foram apresentados no capítulo anterior e resumidos a seguir.

Identificou-se um intervalo de corte de 2 a 3 segundos, ou seja, com intervalos livres disponíveis inferiores a 2 segundos os pedestres, em sua grande maioria, não aceitavam realizar a travessia e com intervalos livres acima de 3 segundos os pedestres passavam a avaliar e a pretender realizar a travessia (obviamente considerando as condições favoráveis para o desenvolvimento no sentido da travessia desejada), sendo a travessia por etapas, avaliada faixa a faixa.

No caso de pedestres posicionados lateralmente aos veículos, o critério usual na análise de conflitos de tráfego de ponderar situações de risco iminente para o pedestre, em função do pequeno tempo de reação existente em uma situação desta natureza foi também considerado. Em meio urbano, pelo menos na cidade de São Paulo, é usual observar pedestres e veículos coexistindo lateralmente, mesmo em uma mesma faixa onde estas não são estreitas, sendo necessário estabelecer um parâmetro mais específico para distinguir uma situação de risco efetivo na proximidade com movimentação veicular conflitante.

As distâncias de até 0,5m na proximidade entre o pedestre e os veículos conflitantes, no sentido transversal, foi muitas vezes exercida pelo pedestre, ao avaliar as brechas e ao atravessar. Esta foi, então, a distância de corte utilizada para qualificar as travessias efetivas.

Os parâmetros selecionados exigem, naturalmente, um estudo muito mais apurado para a determinação de valores adequados. A análise exploratória não pretendeu, portanto, estabelecer parâmetros válidos de forma geral mas apenas selecionar valores razoáveis para analisar a aplicação dos conceitos estudados neste trabalho.

Desta forma, as travessias foram classificadas em Travessias com Riscos Inaceitáveis – TRI, Travessias com Risco Aceitáveis – TRA e Travessias Ideais – TI ponderando-se os tempos livres remanescentes no sentido longitudinal e a distância mínima transversal entre o pedestre e o veículo, conforme pode ser resumido na Tabela 4.2:

Tabela 4.2 – Parâmetros de Avaliação das Travessias Efetivas

Qualificação de risco na travessia	Distância transversal	Tempo livre remanescente
Risco Inaceitável (TRI)	<0,5m	até 1seg
Risco Aceitável (TRA)	>0,5m	2-3 seg
Travessia Ideal (TI)	calçada	≥4seg

Deve-se notar que estes parâmetros, além de considerarem a avaliação subjetiva das situações observadas em campo, buscaram aproximar-se dos valores usualmente mencionados nos trabalhos previamente revisados.

4.2.2. Identificando as Oportunidades de Travessia

Para cada pedestre presente no sistema foi levantado seu deslocamento durante o ciclo, na porção 'l' da faixa de travessia e por faixa de tráfego veicular.

Decidiu-se pela opção de identificação das oportunidades de travessias por faixa apenas (e não pela brecha integral), o que se deu pela observação de que os pedestres efetivamente realizam a travessia por etapas. Partindo-se da análise por faixa de tráfego, estipulou-se como representativa da travessia a etapa mais crítica, ou seja, a mais restritiva durante a trajetória do pedestre, a favor da segurança.

Como discutido no capítulo anterior, a análise das Oportunidades de Travessia visa também demonstrar a possibilidade de mensurar o atendimento aos diferentes tipos de pedestres, exemplificado com o pedestre usual (passo normal ou moderado e comportamento prudente diante de riscos) e também com os pedestres rápido/ousado ou vagaroso/conservador.

Os procedimentos realizados para identificar as oportunidades de travessia por faixa serão descritas a seguir.

Inicialmente, identificaram-se brechas por faixa de tráfego considerando a presença do tráfego veicular em questão durante o transcorrer do ciclo. Selecionou-se em cada instante do ciclo a brecha crítica em relação ao tráfego veicular conflitante e sua proximidade diante ao tráfego veicular conflitante, dada a cadência da travessia correspondente ao tipo de pedestre em análise, ou seja, durante o desenvolvimento da travessia. Segundo o comportamento de cada pedestre-tipo, adotou-se:

(1) pedestre moderado/prudente (considerado normal ou mais comum): cadência de 2 segundos por faixa (1,4 m/s em uma faixa de 2,8 m); instante é uma NOT se um veículo conflitante fica a 0 ou 1 seg do pedestre na travessia, é uma OTRI se fica a 2 seg do pedestre, é uma OTRA se fica a 3 ou 4 seg do pedestre, e é uma OTI se fica a 5 seg ou mais; este pedestre aceita esperar na faixa mas não entre faixas com fluxo veicular;¹

(2) pedestre rápido/ousado: cadência de 1 segundo por faixa (2,8 m/s em uma faixa de 2,8 m); este pedestre aceita esperar na faixa e entre faixas, não havendo instantes ou brechas NOT, portanto, para este pedestre; um instante é uma OTRI se o veículo conflitante fica a 0 ou 1 seg do pedestre na travessia, é uma OTRA se fica a 2 ou 3 seg e é uma OTI se fica a 4 seg ou mais do pedestre;

(3) pedestre vagaroso/conservador: cadência de 3 segundos por faixa (0,9 m/s em uma faixa de 2,7 m); este pedestre não aceita esperar na faixa (muito menos entre faixas) e exige uma brecha integral de calçada a calçada; um instante é uma NOT se o veículo conflitante fica a 0, 1 ou 2 seg do pedestre na travessia, é uma OTRI se fica a 3 seg do pedestre, é uma OTRA se fica a 4, 5 ou 6 seg do pedestre, e é uma OTI se fica a 7 seg ou mais.

O instante é classificado pela avaliação da Oportunidade de Travessia iniciada neste instante. Com a resolução de 1 segundo adotada para a tabulação dos dados, as Oportunidades de Travessia resultam automaticamente medidas em segundo ou em

¹ No processamento dos dados para o pedestre moderado/prudente, foi adicionada uma espera máxima nas faixas de 3 segundos para tornar a avaliação menos trabalhosa (este critério não altera fundamentalmente os resultados obtidos).

pedestres-segundo ao longo do período analisado (isto é, cada ciclo). Os resultados podem também ser medidos em brechas por período. Neste caso, um critério para uma dada brecha é avaliar como uma Oportunidade de Travessia correspondente ao seu instante mais favorável (como se as travessias ocorressem no início da brecha).²

Deve-se notar que as cadências de travessia (inverso das velocidades) foram ajustadas para ficarem compatíveis com a resolução de 1 segundo adotada para a tabulação dos dados. Maior precisão é possível mas torna o procedimento mais trabalhoso e foi dispensada neste estudo exploratório. A largura das faixas não pode ser avaliada com precisão pois o pavimento recapeado não havia sido sinalizado adequadamente mas a largura da pista permite faixas com 3,0 m ou mais (as velocidades enunciadas acima estão, portanto, levemente subestimadas).³

No caso de travessias em etapas, vencida a primeira faixa, avalia-se o intervalo remanescente da brecha para atravessar a faixa seguinte na oportunidade utilizada, repetindo-se o procedimento (o que foi realizado também na última faixa). A OT é classificada em função da OT da faixa crítica. No caso de travessia integral, este tipo de consideração não é necessária.

Cada Oportunidade de Travessia corresponde, portanto, a um pedestre do tipo analisado que posicionou se na faixa em um instante em que a brecha remanescente (“lag”) definia que a travessia poderia se dar. A Figura 4.3 ilustra o procedimento.

² O tempo entre o veículo conflitante e um pedestre potencial é medido como tempo livre. Portanto, um tempo 1 corresponde ao veículo e o pedestre potencial em instantes imediatamente sucessivos no tempo e um tempo 0 corresponde à coexistência do veículo e do pedestre potencial na mesma faixa.

³ Uma forma de análise alternativa também considerada tomou o valor da brecha como tempo de travessia para uma dada situação. Partiu-se, então para o cálculo da velocidade como definição da categoria de pedestre em questão, utilizando a velocidade de 1,4m/s considerada para o pedestre adulto, com limite superior, e 0,90 m/s como limite inferior e a largura da faixa 2,8m. Ponderando a velocidade em que a travessia poderia ocorrer, as velocidades possíveis inferiores a 0,90m/s foram consideradas como OTIs - Oportunidades de Travessias Ideais, as velocidades possíveis bem próximas a 1,2 m/s foram consideradas OTRAs até o limite de 1,4 m/s, as travessias em velocidades possíveis superiores a 1,4m/s foram consideradas OTRIs – Oportunidades de Travessias com Risco Inaceitáveis.

As letras A, O e M identificam veículos (simbolizando autos, ônibus e motos) e os números indicam a oportunidade de travessia correspondente a cada instante (que podem ser vistos como “ pedestres potenciais”, pois não correspondem a chegadas efetivas de pedestres). As letras X indicam posições não aceitas pelo pedestre-tipo.

Para o pedestre com passo normal/moderado e comportamento de risco prudente (a), o instante 10 exige uma espera inicial de 1 segundo, que pode ocorrer na faixa 1, antes de iniciar a travessia com a cadência de 2 segundos por faixa. O instante 11 é uma oportunidade inicial para prosseguir a travessia iniciada no instante 10 ou para o início de uma travessia no instante 11. No entanto, todas as travessias iniciadas nos instantes de 10 a 15 seriam abortadas no instante 18 pela necessidade de esperar na faixa entre fluxos de tráfego (situação que este pedestre-tipo não admite), o que transforma todos estes instantes em NOT (não oportunidades de travessia). O instante 16 não pode ser utilizado imediatamente para iniciar a travessia porque a separação em relação ao veículo conflitante ficaria igual a 1 segundo (situação que este pedestre-tipo não admite). Após uma espera na faixa 1, existe uma oportunidade inicial que inclui as travessias potencialmente iniciadas nos instantes de 16 a 19 e que pode ser concluída após a moto M. Dada a separação em relação ao veículo conflitante na faixa crítica (não representado na Figura 4.3), a Oportunidade de Travessia identificada seria classificada em OTRI, OTRA ou OTI.

Instante	Calçada	Veículo faixa 1		Veículo faixa 2		Veículo faixa 3		OT>>
10	10	10	X		X		A	NOT
11	11	10-11	A		A			NOT
12	12	10-12			X			NOT
13	13	10-13	X		O			NOT
14	14	10-14	A		o		X	NOT
15	15		10-15				A	NOT
16	16	16	10-15					OT
17	17	16-17	X	10-15	X			OT
18		16-18	A	X	A			OT
19			<u>16-19</u>					OT
20			<u>16-19</u>					
21					<u>16-19</u>		X	
22					<u>16-19</u>		M	

a. pedestre moderado/prudente (x=posição não admitida pelo usuário)

Instante	Calçada	Veículo faixa 1		Veículo faixa 2		Veículo faixa 3		OT>>
10	10		<u>10</u>				A	OTRI
11	11	11	A	10	A			OTRA
12	12		<u>11-12</u>		<u>10</u>			OTRA
13	13		<u>13</u>	11-12	O		<u>10</u>	OTRI
14	14	14	A	11-13	o			OTRA
15	15		<u>14-15</u>		<u>11-13</u>		A	OTRA
16	16		<u>16</u>		<u>14-15</u>		<u>11-13</u>	OTRI
17					16		<u>14-15</u>	
18			A		A		<u>16</u>	

b. pedestre rápido/ousado (x=posição não admitida pelo usuário)

Instante	Calçada	Veículo faixa 1		Veículo faixa 2		Veículo faixa 3		OT>>
10	10	X	X	X	X	X	A	NOT
11	11	X	A	X	A	X		NOT
12	12	X	X	X	X	X		NOT
13	13	X	X	X	O	X	X	NOT
14	14	X	A	X	o	X	X	NOT
15	15	X		X		X	A	NOT
16		X	X	X	X	X		NOT
17		X	X	X	X	X		NOT
18		X	A	X	A	X		NOT
19		X		X		X		NOT
20	20	X	<u>20</u>	X		X	X	OT
21		X	<u>20</u>	X		X	X	
22		X	<u>20</u>	X		X	M	
23		X		X	<u>20</u>	X		
24		X		X	<u>20</u>	X		
25		X		X	<u>20</u>	X		

c. pedestre vagaroso/conservador (x=posição não admitida pelo usuário)

Figura 4.3 – Identificação das Oportunidades de Travessia

Para o pedestre de passo rápido e comportamento ousado (b) não existem não oportunidades (NOT), dado que ele admite esperar entre faixas com fluxo de veículo. Por admitir a travessia diante do veículo conflitante, o instante 10 corresponde a uma Oportunidade de Travessia admitida por este pedestre-tipo que é, entretanto, classificada como de Risco Inaceitável (OTRI) por gerar uma separação mínima de 1 segundo em relação ao veículo conflitante na faixa crítica (neste caso, ambas as faixas 1 ou 2, associada a um erro de avaliação do pedestre). Os instantes 11 a 13 também são Oportunidades de Travessia identificadas mas a classificação de risco é distinta: 11 e 12 são OTRA (pois a separação mínima é 2 segundos na faixa 1) enquanto 13 é OTRI (separação mínima de 1 segundo também na faixa 1). O mesmo ocorre com os instantes 14 e 15 (que são OTRAs) comparado com o instante 16 (que é OTRI). Note a cadência de 1 segundo por faixa adotada para o passo rápido.

Para o pedestre de passo vagaroso e comportamento conservador (c), as Oportunidades de Travessia são bastante mais reduzidas, inclusive por não admitir a espera na faixa de tráfego em nenhuma circunstância. A primeira Oportunidade de Travessia, com a cadência de 3 segundos por faixa e separação mínima de 2 segundos, seria identificada apenas no instante 20, se nenhum outro veículo chega até o instante 30 (se ocorrer a chegada exatamente neste instante, mesmo assim seria uma OTRI, associada a um erro de avaliação desse pedestre-tipo).

Os resultados obtidos são naturalmente expressos em segundos (ou pedestre-segundo) diante de cada tipo de oportunidade. Ambos os sentidos de travessia são analisados (pois os resultados são distintos para cada sentido da travessia).

Por exemplo, para o pedestre rápido/ousado, o exemplo mostra 3 segundos de OTRI e 4 segundos de OTRA (não mostra segundos de OTI ou NOT). A alternativa de medir as Oportunidades de Travessia em brechas identificaria uma OT associada ao instante 10, que seria do tipo OTRI (se não há outra mais favorável na mesma brecha, em um instante anterior), outra associada aos instantes 11 a 13, que seria do tipo OTRA (o mais favorável, correspondente a travessia iniciada em 11 ou 12), e assim por diante.

Toda a análise das Oportunidades de Travessia é repetida ao longo dos 12 ciclos semaforicos estudados. Note que é necessário ter o perfil de chegadas dos veículos mas não dos pedestres. Este ponto é importante porque a aplicação do procedimento em trabalhos profissionais pode ser bastante simplificada nesta análise.

4.2.3. Identificando Oportunidades de Conflito

As oportunidades de conflitos só ocorrem quando da presença de pelo menos um veículo e de um pedestre.

As situações em que ocorrem oportunidades de conflito são:

- 1) pedestre esperando e veículo deslocando (conceito OC2);
- 2) pedestre atravessando em curso normal diante de um veículo deslocando-se em curso normal com separação (ou proximidade) arriscada (conceito OC3);
- 3) pedestre e veículo interagindo (o veículo cede passagem ao pedestre ou o pedestre cede passagem ao veículo, com desvio, frenagem, ...) em função das trajetórias em curso de acidente (conceito OC4).

Estas situações estão apresentadas em ordem crescente de exigência de risco de conflito e podem eventualmente excluir os casos em que os intervalos entre veículos são tão pequenos que eliminam a possibilidade de um pedestre considerar a decisão de travessia (que ocorre na dissipação de veículos em filas).

Portanto, para que haja oportunidades de conflito é necessário identificar as situações que em o pedestre está na calçada esperando (esperando o veículo passar e após um certo distanciamento atravessar), pedestre atravessando e pedestre interagindo com o veículo.

Nos levantamentos realizados em campo, a tentativa de caracterizar as situações correspondentes ao conceito OC4 não foi considerada clara. A análise das Oportunidades de Conflito considera apenas o pedestre normal (embora possa ser feita

por pedestres-tipo também). Por este motivo, diferenças no comportamento dos pedestres teriam de ser introduzidas como variações aleatórias, impossibilitando a aplicação manual (seria interessante fazê-lo com um modelo de simulação). Fica, então, excluído também o conceito OC3b-3 apresentado no capítulo anterior.

Por este motivo, a discussão feita a seguir e os resultados apresentados adiante limitam-se à aplicação dos conceitos OC2a, OC2b-3 e OC3a-3 (além de OC1, que é calculado com base apenas nos fluxos de veículos e pedestres). A definição operacional adotada para estes conceitos é a seguinte:

(1) Oportunidades de Conflito OC2a, medidas pela coexistência de pedestres e veículos, correspondem à presença de pedestres esperando diante de veículos em fluxo à sua frente e aos pedestres atravessando com veículos aproximando-se a até 4 segundos na situação mais crítica (instante e faixa críticos);

(2) Oportunidades de Conflito OC2b-3, medidas pela coexistência de pedestres e veículos com brechas de uso possível pelos pedestres, correspondem à presença de pedestres esperando diante de veículos em fluxo ou atravessando à sua frente a até 4 segundos na situação mais crítica (instante e faixa críticos) mas, no caso da espera, as brechas menores de até 3 segundos (ou 1 segundo em cada faixa) são desprezadas como travessias não consideradas viáveis pelo pedestre; portanto são desprezados os períodos em que a brecha entre veículos ou o tempo livre até o veículo aproximando-se é de 0, 1 ou 2 segundos; e

(3) Oportunidades de Conflito OC3a-3, medidas pela proximidade entre pedestres atravessando e veículos aproximando-se a até 3 segundos na situação mais crítica (instante e faixa críticos); portanto, não são consideradas conflitivas os instantes ou brechas em que as travessias ficam a 4 segundos ou mais do veículos aproximando-se em todas as faixas percorridas (embora não tenha que seguir critérios consistentes, este valor corresponde ao limite entre OTRA e OTI anterior).

Em qualquer dos casos discutidos acima, as Oportunidades de Conflito podem ser medidas em veículos passando diante de pedestres (esperando ou atravessando), em pedestres (esperando ou atravessando) diante de veículos passando (de forma correspondente às medidas de Oportunidades de Travessia em brechas). Se optar-se por

ponderar a duração de tempo dos períodos em exposição, as medidas podem ser feitas em pedestre-segundo (esperando ou atravessando) diante de veículos passando. Neste caso, OC2a inclui o atraso médio dos pedestres e OC2-3 inclui o atraso médio diante de brechas elegíveis mas rejeitadas pelos pedestres.

A Figura 4.4 adiante ilustra a aplicação dos critérios estabelecidos, que considera apenas o pedestre normal (embora possa ser feita por pedestres-tipo também).

No conceito da medida OC2a (a), as Oportunidades de Conflito ocorrem nas esperas do par de Autos nas faixas 2 e 3, e do Ônibus e Auto na faixa 1, diante do Auto na travessia da faixa 1 (pois o veículo aproximando-se está a 2 segundos) e da faixa 2 (pois o veículo aproximando-se está a 3 segundos). No caso da medida em veículos diante de pedestres, tem-se 5 veículos como Oportunidade de Conflito (a medida em pedestre-segundo diante de veículos pondera o número de pedestre durante a espera, nas brechas rejeitadas, e durante a travessia, na brecha aceita).

No conceito da medida OC2b (b), as Oportunidades de Conflito ocorrem na espera do par de Autos nas faixas 2 e 3 apenas (visto que o Ônibus e o Auto chegam em pelotão, na faixa 1), além da travessia da faixa 1 (pois o veículo aproximando-se está a 2 segundos) e da faixa 2 (pois o veículo aproximando-se está a 3 segundos), agora com 3 veículos diante de pedestres como Oportunidade de Conflito (a medida em pedestre-segundo diante de veículos elimina os períodos correspondentes).

No conceito da medida OC3a (c), as Oportunidades de Conflito ocorrem apenas durante a travessia da faixa 1 (pois o veículo aproximando-se está a 2 segundos) e da faixa 2 (pois o veículo aproximando-se está a 3 segundos), com 2 veículos diante de pedestres como Oportunidade de Conflito (a medida em pedestre-segundo diante de veículos pondera pelo número de pedestre durante a travessia).

Note que na medida em veículos, a espera considera somente os veículos diante dos pedestres (não são considerados os veículos laterais ao mais próximo) e inclui o veículo em aproximação, o que modifica o critério inicialmente recomendado pelo U.S.FHWA.

Instante	Calçada	Veículo faixa 1	Veículo faixa 2	Veículo faixa 3	OC(v)	OC(ps)
10	P1				0	1
11			A	A	1	1
12	P2				0	1
13		O		A	1	1
14		o	A		0	1
15					0	2
16		A			1	2
17					0	2
18				M	1	2
19					0	2
20					1	2
21		A			0	0
22			A		0	0

a. Oportunidades de Conflito OC2a

Instante	Calçada	Veículo faixa 1	Veículo faixa 2	Veículo faixa 3	OC(v)	OC(ps)
10	P1				0	1
11			A	A	1	1
12	P2				0	0
13		O		A	0	0
14		o	A		0	0
15					0	0
16		A			0	0
17					0	2
18				M	1	2
19					0	2
20					1	2
21		A			0	0
22			A		0	0

b. Oportunidades de Conflito OC2b

Instante	Calçada	Veículo faixa 1	Veículo faixa 2	Veículo faixa 3	OC(v)	OC(ps)
10	P1				0	0
11			A	A	0	0
12	P2				0	0
13		O		A	0	0
14		o	A		0	0
15					0	0
16		A			0	0
17					0	2
18				M	1	2
19					0	2
20					1	2
21		A			0	0
22			A		0	0

c. Oportunidades de Conflito OC3a-3

Figura 4.4 – Identificação das Oportunidades de Conflito

As Oportunidades de Conflito (OC1) são obtidas de forma mais simples, através da raiz do produtos dos fluxos médios de pedestres e veículos na hora.

Tomando o ciclo 1 como exemplo, o fluxo médio para as movimentações V14 e V24 é de 1653v/h e para os pedestres 13 e 31 é de 2241 ped/h. Obtendo-se Oportunidade de Conflito, OC1a, igual a 1924,6 e o fluxo médio para as movimentações veiculares V13 e V32 é de 588v/h e para os pedestres 24 e 42 é de 257 ped/h . Obtendo-se para a travessia a $OC1a = 388,8$ (mais genericamente, esta medida deveria ter coeficientes calibrados empiricamente para determinar constantes e expoentes da medida usada). A medida com fluxos médios por ciclo foi chamada de OC1a, enquanto a medida OC1b utiliza os fluxos por estágio e pondera a proporção do estágio no ciclo (para esta estimativa, os pedestres são associados ao estágio na chegada).

As Oportunidades de Conflito (OC2) referentes à espera do pedestre diante da movimentação veicular dá-se pela identificação das brechas faixa a faixa, visto que em geral o pedestre não realiza a travessia integral. Portanto, durante a espera ele rejeitou todas as brechas parciais, ou seja, não houve uma oportunidade de travessia que se realizasse por etapas, faixa a faixa.

As Oportunidades de Conflito (OC3) referentes às travessias são dadas pela identificação da presença na mesma faixa a menos de 4 segundos. Para cada pedestre coexistindo - **criticamente** com o veículo foi considerado uma Oportunidade de Conflito OC3, examinando faixa a faixa na travessia.

4.3. Apresentação dos Resultados Obtidos em Campo

A Tabela 4.3 mostra os resultados gerais da tabulação da qualificação das travessias (TRI=travessia de risco inaceitável, TRA-travessia de risco aceitável e TI=travessia ideal, além das NT=não travessias, que correspondem aos pedestres que se aproximaram da posição de travessia mas abandonaram o trecho sem realizá-la).

Estes dados foram obtidos inicialmente por movimento (31 e 13 na travessia da R. Teodoro Sampaio, 24 e 42 na travessia da Av. Faria Lima) e por estágio (E1, da R. Teodoro Sampaio, e E2, da Av. Faria Lima). Dados agregados (por travessia e estágio, por movimento e ciclo, por travessia e ciclo) foram também obtidos.

A Tabela 4.4 mostra os resultados gerais da tabulação das oportunidades de travessia (OTRI=oportunidades de travessia com risco inaceitável, OTRA-oportunidades de travessia com risco aceitável, OTI=oportunidades de travessia ideal, além das NOT=não oportunidades de travessia nos períodos onde não é possível realizá-las).

Estes resultados estão divididos em três partes correspondentes a cada pedestre-tipo para demonstrar a possibilidade de considerar os aspectos peculiares de comportamento de cada grupo de pedestres, apresentando: na parte (a) os pedestres com passo normal ou moderado e comportamento de risco prudente; na parte (b) os pedestres com passo rápido e comportamento ousado; na parte (c) os pedestres com passo vagaroso e comportamento conservador.

Os resultados da parte (a) são utilizados nas análises de correlação discutidas adiante, enquanto os resultados das partes (b) e (c) são utilizadas apenas para a análise comparativa da sensibilidade aos grupos de pedestres,.

Pode-se ver com clareza a capacidade das medidas de Oportunidades de Travessia para representar a vantagem de mobilidade para os pedestres mais rápidos e ousados ou a drástica redução os pedestres com menor velocidade e maior conservadorismo.

A Tabela 4.5 mostra os resultados gerais das tabulações das oportunidades de conflito (OC1b=baseado nos fluxos agregados por estágio, OC2a=em espera e travessia, OC2b=em espera sem pelotões e travessia, OC3a=em travessia).

Dentro do conceito OC1, selecionou-se a apresentação apenas do medida OC1b porque os valores mostraram-se bastante próximos e os resultados na análise de correlação discutida adiante foram melhores.

Entre as diferentes formas de medida discutidas para OC2 e OC3 foram apresentados dois valores: a parte em veículos diante de pedestres e pedestre-segundo de pedestres diante de veículos.

Além destas, são apresentadas as medidas obtidas segundo as recomendações do U.S.FHWA (veículos diante de pedestres em espera).

A parte (a) apresenta os valores de OC1b e de OC2a, OC2b, OC3a em pedestre-segundo que foram utilizadas na análise de correlação discutida adiante.

A parte (b) apresenta os valores de OC-FHWA e de OC2a, OC2b, OC3a em veículos apenas para uma análise comparativa.

Tabela 4.3 – Qualificação das Travessias Efetivas nos Ciclos Semafóricos

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	TI	TRA	TRI	NT
1	1	31	9	10	13	2	3
1	2	31	4	5	17	4	0
1	1	13	27	0	8	0	0
1	2	13	27	0	4	0	0
1	1	24	3	0	0	0	4
1	2	24	2	0	0	0	2
1	1	42	7	5	0	1	1
1	2	42	0	0	0	0	0
2	1	31	4	4	19	0	0
2	2	31	0	4	0	0	0
2	1	13	24	1	0	3	0
2	2	13	2	0	0	0	0
2	1	24	4	3	0	0	1
2	2	24	0	0	0	0	0
2	1	42	3	3	0	0	0
2	2	42	0	0	0	0	0
3	1	31	2	6	5	11	2
3	2	31	1	7	0	0	0
3	1	13	24	0	2	0	0
3	2	13	7	1	0	0	0
3	1	24	1	1	0	0	0
3	2	24	0	0	0	0	0
3	1	42	0	0	0	0	0
3	2	42	0	0	0	0	0
4	1	31	2	0	9	0	1
4	2	31	2	2	6	0	0
4	1	13	8	0	1	1	0
4	2	13	9	0	1	0	0
4	1	24	2	1	0	0	1
4	2	24	0	0	0	0	0
4	1	42	4	4	0	0	0
4	2	42	3	0	2	0	1
5	1	31	4	1	2	1	0
5	2	31	5	5	1	0	0
5	1	13	4	0	4	0	0
5	2	13	6	3	1	1	0
5	1	24	5	5	0	0	0
5	2	24	1	1	0	0	0
5	1	42	0	0	0	0	0
5	2	42	4	3	0	1	0
6	1	31	1	1	1	0	0
6	2	31	6	8	1	3	0
6	1	13	2	0	1	0	0
6	2	13	11	2	1	3	0
6	1	24	9	3	0	0	0
6	2	24	0	3	0	3	0
6	1	42	2	1	0	0	0
6	2	42	1	1	0	1	0

T=Travessia: RI=risco inaceitável, RA=risco aceitável, I=ideal (NT=não travessia)

Tabela 4.3 – Qualificação das Travessias Efetivas nos Ciclos Semafóricos (cont.)

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	TI	TRA	TRI	NT
7	1	31	7	2	3	0	0
7	2	31	2	6	2	0	3
7	1	13	8	0	4	0	0
7	2	13	8	0	4	1	0
7	1	24	11	11	0	0	0
7	2	24	1	0	1	0	0
7	1	42	4	0	0	0	0
7	2	42	14	0	0	0	0
8	1	31	5	0	5	1	0
8	2	31	11	2	1	0	0
8	1	13	3	4	6	1	0
8	2	13	6	2	0	3	0
8	1	24	4	0	0	0	0
8	2	24	0	4	0	0	0
8	1	42	1	1	5	0	0
8	2	42	6	1	0	0	0
9	1	31	12	0	3	0	1
9	2	31	4	6	1	0	0
9	1	13	4	1	3	8	0
9	2	13	7	0	0	4	0
9	1	24	7	6	1	0	0
9	2	24	0	0	0	0	0
9	1	42	3	3	0	0	0
9	2	42	0	0	0	0	0
10	1	31	13	0	3	1	0
10	2	31	5	0	4	0	1
10	1	13	4	8	5	0	0
10	2	13	5	0	5	0	0
10	1	24	3	0	0	0	0
10	2	24	0	0	0	0	0
10	1	42	11	5	3	2	1
10	2	42	4	0	4	0	0
11	1	31	17	2	4	0	0
11	2	31	8	1	3	0	0
11	1	13	6	4	13	0	0
11	2	13	4	0	8	0	0
11	1	24	8	0	0	0	0
11	2	24	0	0	0	0	0
11	1	42	7	3	4	0	0
11	2	42	5	1	4	0	0
12	1	31	11	0	2	1	2
12	2	31	8	0	2	0	0
12	1	13	5	3	5	3	0
12	2	13	2	5	3	0	0
12	1	24	3	2	1	0	0
12	2	24	2	0	1	0	1
12	1	42	7	5	1	0	1
12	2	42	4	0	3	0	1

T=Travessia: RI=risco inaceitável, RA=risco aceitável, I=ideal (NT=não travessia)

Tabela 4.4a – Oportunidades de Travessias nos Ciclos Semafóricos: Moderado/Prudente

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	OTI	OTRA	OTRI	NOT
1	1	31	9	0	9	4	51
1	2	31	4	15	6	3	5
1	1	13	27	6	2	13	43
1	2	13	27	16	8	3	2
1	1	24	3	25	16	15	8
1	2	24	2	11	0	0	17
1	1	42	7	25	18	13	8
1	2	42	0	20	0	1	7
2	1	31	4	7	13	11	44
2	2	31	0	11	2	1	4
2	1	13	24	10	7	3	55
2	2	13	2	11	2	1	4
2	1	24	4	46	15	13	1
2	2	24	0	0	6	5	7
2	1	42	3	49	15	11	0
2	2	42	0	0	0	0	18
3	1	31	2	13	8	2	40
3	2	31	1	19	1	3	6
3	1	13	24	14	5	11	33
3	2	13	7	15	4	4	7
3	1	24	1	30	14	12	7
3	2	24	0	14	0	3	13
3	1	42	0	28	14	7	14
3	2	42	0	16	0	3	11
4	1	31	2	2	20	11	30
4	2	31	2	17	6	3	4
4	1	13	8	9	9	8	37
4	2	13	9	11	8	7	1
4	1	24	2	49	8	6	0
4	2	24	0	0	0	5	25
4	1	42	4	52	6	5	0
4	2	42	3	0	7	11	9
5	1	31	4	0	15	10	28
5	2	31	5	13	5	14	8
5	1	13	4	6	7	6	34
5	2	13	6	11	6	15	8
5	1	24	5	40	8	5	0
5	2	24	1	12	0	1	27
5	1	42	0	40	8	5	0
5	2	42	4	10	0	0	30
6	1	31	1	18	9	7	19
6	2	31	6	25	4	2	9
6	1	13	2	11	16	7	19
6	2	13	11	19	8	3	10
6	1	24	9	39	8	3	3
6	2	24	0	10	0	1	29
6	1	42	2	39	8	3	3
6	2	42	1	8	4	10	18

OT=Oportunidade de Travessia: RI=risco inaceitável, RA=risco aceitável, I=ideal (NOT=não oportunidade)

Tabela 4.4a – Oportunidades de Travessias nos Ciclos Semafóricos: Moderado/Prudente (cont.)

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	OTI	OTRA	OTRI	NOT
7	1	31	7	9	0	2	52
7	2	31	2	5	10	4	11
7	1	13	8	9	9	3	42
7	2	13	8	11	7	6	6
7	1	24	11	57	2	1	3
7	2	24	1	1	3	2	24
7	1	42	4	60	2	1	0
7	2	42	14	2	7	3	18
8	1	31	5	19	8	4	0
8	2	31	11	19	4	3	0
8	1	13	3	20	6	3	20
8	2	13	6	22	11	3	8
8	1	24	4	26	10	8	0
8	2	24	0	13	7	7	0
8	1	42	1	26	10	11	2
8	2	42	6	9	9	4	22
9	1	31	12	18	8	7	22
9	2	31	4	21	12	5	0
9	1	13	4	17	11	20	7
9	2	13	7	24	10	4	0
9	1	24	7	33	13	9	0
9	2	24	0	5	4	1	28
9	1	42	3	40	8	7	0
9	2	42	0	3	7	2	26
10	1	31	13	30	10	8	20
10	2	31	5	10	14	4	3
10	1	13	4	15	24	14	15
10	2	13	5	5	13	9	4
10	1	24	3	39	20	8	1
10	2	24	0	0	1	5	25
10	1	42	11	39	21	8	0
10	2	42	4	0	1	1	29
11	1	31	17	21	9	16	22
11	2	31	8	16	3	2	4
11	1	13	6	20	20	14	14
11	2	13	4	11	8	3	3
11	1	24	8	37	18	10	3
11	2	24	0	13	1	1	10
11	1	42	7	36	13	10	9
11	2	42	5	14	0	0	11
12	1	31	11	17	10	8	27
12	2	31	8	8	6	6	11
12	1	13	5	14	8	9	31
12	2	13	2	8	9	3	11
12	1	24	3	17	11	7	27
12	2	24	2	8	6	6	11
12	1	42	7	14	8	9	31
12	2	42	4	8	9	3	11

OT=Oportunidade de Travessia, RI=risco inaceitável, RA=risco aceitável, I=ideal (NOT=não oportunidade)

Tabela 4.4b – Oportunidades de Travessias nos Ciclos Semafóricos: Rápido/Ousado

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	OTI	OTRA	OTRI	NOT
1	1	31	9	5	22	37	0
1	2	31	4	13	12	7	0
1	1	13	27	6	20	33	5
1	2	13	27	20	7	5	0
1	1	24	3	34	21	9	0
1	2	24	2	16	6	10	0
1	1	42	7	38	17	9	0
1	2	42	0	19	6	7	0
2	1	31	4	12	29	34	0
2	2	31	0	14	5	2	0
2	1	13	24	13	20	41	1
2	2	13	2	14	4	3	0
2	1	24	4	53	15	7	0
2	2	24	0	3	7	11	0
2	1	42	3	54	13	8	0
2	2	42	0	0	9	12	0
3	1	31	2	13	11	39	0
3	2	31	1	20	8	5	0
3	1	13	24	15	10	38	0
3	2	13	7	18	10	5	0
3	1	24	1	34	13	16	0
3	2	24	0	13	2	18	0
3	1	42	0	33	13	17	0
3	2	42	0	15	2	16	0
4	1	31	2	6	28	29	0
4	2	31	2	20	7	6	0
4	1	13	8	6	23	34	0
4	2	13	9	20	10	3	0
4	1	24	2	53	7	3	0
4	2	24	0	1	15	17	0
4	1	42	4	53	7	3	0
4	2	42	3	3	11	19	0
5	1	31	4	10	28	18	0
5	2	31	5	12	18	10	0
5	1	13	4	13	19	24	0
5	2	13	6	13	18	9	0
5	1	24	5	44	9	3	0
5	2	24	1	11	8	21	0
5	1	42	0	44	9	3	0
5	2	42	4	7	2	31	0
6	1	31	1	20	17	14	0
6	2	31	6	21	10	9	0
6	1	13	2	20	17	14	0
6	2	13	11	26	8	6	0
6	1	24	9	39	6	6	0
6	2	24	0	8	6	26	0
6	1	42	2	39	6	6	0
6	2	42	1	6	20	14	0

OT=Oportunidade de Travessia: RI=risco inaceitável, RA=risco aceitável, I=ideal (NOT=não oportunidade)

Tabela 4.4b – Oportunidades de Travessias nos Ciclos Semafóricos: Rápido/Ousado (cont.)

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	OTI	OTRA	OTRI	NOT
7	1	31	7	2	23	38	0
7	2	31	2	11	16	6	0
7	1	13	8	5	24	34	0
7	2	13	8	13	10	10	0
7	1	24	11	60	2	1	0
7	2	24	1	5	5	23	0
7	1	42	4	60	2	1	0
7	2	42	14	7	7	19	0
8	1	31	5	26	11	15	0
8	2	31	11	25	9	10	0
8	1	13	3	22	11	19	0
8	2	13	6	25	11	8	0
8	1	24	4	28	15	9	0
8	2	24	0	16	10	18	0
8	1	42	1	28	16	8	0
8	2	42	6	10	15	19	0
9	1	31	12	14	22	22	0
9	2	31	4	26	8	4	0
9	1	13	4	16	22	20	0
9	2	13	7	26	8	4	0
9	1	24	7	40	13	5	0
9	2	24	0	8	6	24	0
9	1	42	3	44	9	5	0
9	2	42	0	10	9	19	0
10	1	31	13	25	23	20	0
10	2	31	5	21	10	5	0
10	1	13	4	23	26	19	0
10	2	13	5	16	12	6	0
10	1	24	3	47	14	7	0
10	2	24	0	0	7	27	0
10	1	42	11	47	14	7	0
10	2	42	4	0	4	30	0
11	1	31	17	18	15	14	21
11	2	31	8	15	4	4	5
11	1	13	6	24	23	21	0
11	2	13	4	16	7	5	0
11	1	24	8	38	14	8	8
11	2	24	0	12	2	3	11
11	1	42	7	43	15	10	0
11	2	42	5	14	5	9	0
12	1	31	11	24	15	23	0
12	2	31	8	10	9	15	0
12	1	13	5	21	24	17	0
12	2	13	2	12	9	13	0
12	1	24	3	24	15	23	0
12	2	24	2	10	9	15	0
12	1	42	7	21	24	17	0
12	2	42	4	12	9	13	0

OT=Oportunidade de Travessia, RI=risco inaceitável, RA=risco aceitável, I=ideal (NOT=não oportunidade)

Tabela 4.4c – Oportunidades de Travessias nos Ciclos Semafóricos: Vagaroso/Conservador

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	OTI	OTRA	OTRI	NOT
1	1	31	9	0	0	0	64
1	2	31	4	0	0	0	26
1	1	13	27	12	7	3	42
1	2	13	27	3	7	3	13
1	1	24	3	2	5	2	55
1	2	24	2	7	5	0	14
1	1	42	7	52	6	1	5
1	2	42	0	23	3	0	0
2	1	31	4	4	0	0	71
2	2	31	0	6	3	1	5
2	1	13	24	3	1	1	70
2	2	13	2	7	3	1	4
2	1	24	4	22	12	6	35
2	2	24	0	0	0	0	15
2	1	42	3	22	15	6	32
2	2	42	0	0	0	0	15
3	1	31	2	6	3	2	52
3	2	31	1	8	10	0	9
3	1	13	24	6	3	2	52
3	2	13	7	2	10	0	15
3	1	24	1	12	7	5	39
3	2	24	0	1	10	0	16
3	1	42	0	20	6	2	35
3	2	42	0	7	10	0	10
4	1	31	2	0	0	2	61
4	2	31	2	1	5	3	18
4	1	13	8	0	4	2	57
4	2	13	9	4	4	2	17
4	1	24	2	30	8	4	21
4	2	24	0	0	0	0	27
4	1	42	4	36	7	3	17
4	2	42	3	0	0	0	27
5	1	31	4	0	0	0	50
5	2	31	5	3	3	2	32
5	1	13	4	0	3	2	45
5	2	13	6	0	6	2	32
5	1	24	5	21	8	4	17
5	2	24	1	9	0	0	31
5	1	42	0	21	8	4	17
5	2	42	4	7	0	0	33
6	1	31	1	7	5	2	36
6	2	31	6	9	7	2	22
6	1	13	2	4	3	2	41
6	2	13	11	7	5	4	24
6	1	24	9	22	8	2	18
6	2	24	0	7	0	0	33
6	1	42	2	22	8	2	18
6	2	42	1	5	0	0	35

OT=Oportunidade de Travessia: RI=risco inaceitável, RA=risco aceitável, I=ideal (NOT=não oportunidade)

Tabela 4.4c – Oportunidades de Travessias nos Ciclos Semafóricos: Vagaroso/Conservador (cont.)

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	OTI	OTRA	OTRI	NOT
7	1	31	7	2	3	0	58
7	2	31	2	0	0	3	24
7	1	13	8	1	3	1	58
7	2	13	8	1	4	2	20
7	1	24	11	52	4	2	5
7	2	24	1	0	0	0	27
7	1	42	4	52	5	1	5
7	2	42	14	0	1	1	25
8	1	31	5	8	6	2	30
8	2	31	11	18	1	2	23
8	1	13	3	9	6	2	29
8	2	13	6	16	3	2	23
8	1	24	4	8	9	3	26
8	2	24	0	6	3	2	33
8	1	42	1	8	9	3	26
8	2	42	6	2	3	2	37
9	1	31	12	1	6	3	42
9	2	31	4	1	9	4	24
9	1	13	4	0	5	3	44
9	2	13	7	7	8	3	20
9	1	24	7	22	4	2	24
9	2	24	0	0	2	1	35
9	1	42	3	27	4	2	19
9	2	42	0	2	0	0	36
10	1	31	13	11	9	4	44
10	2	31	5	0	4	1	23
10	1	13	4	2	6	5	55
10	2	13	5	0	2	3	23
10	1	24	3	10	12	6	40
10	2	24	0	0	0	0	28
10	1	42	11	12	10	6	40
10	2	42	4	0	0	0	28
11	1	31	17	0	8	5	55
11	2	31	8	7	3	1	11
11	1	13	6	5	7	5	51
11	2	13	4	0	3	3	16
11	1	24	8	10	13	6	39
11	2	24	0	7	0	0	15
11	1	42	7	15	12	5	36
11	2	42	5	8	0	0	14
12	1	31	11	5	5	2	50
12	2	31	8	0	1	1	26
12	1	13	5	0	3	3	56
12	2	13	2	0	2	2	24
12	1	24	3	5	5	2	50
12	2	24	2	0	1	1	26
12	1	42	7	0	3	3	56
12	2	42	4	0	2	2	24

OT=Oportunidade de Travessia, RI=risco inaceitável, RA=risco aceitável, I=ideal (NOT=não oportunidade)

Tabela 4.5a – Oportunidades de Conflito nos Ciclos Semafóricos para Análise

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	OC1b	OC2aPS	OC2bPS	OC3bPS
1	1	31	9	702,6	494	187	21
1	2	31	4	183,7	107	56	28
1	1	13	27	1216,9	160	58	10
1	2	13	27	477,3	11	4	2
1	1	24	3	194,9	10	9	0
1	2	24	2	150,0	5	2	0
1	1	42	7	297,6	9	8	1
1	2	42	0	0,0	0	0	0
2	1	31	4	503,7	446	218	14
2	2	31	0	0,0	0	0	0
2	1	13	24	1233,8	30	16	0
2	2	13	2	73,5	0	0	0
2	1	24	4	180,0	43	41	0
2	2	24	0	0,0	0	0	0
2	1	42	3	155,9	8	10	4
2	2	42	0	0,0	0	0	0
3	1	31	2	348,2	131	57	33
3	2	31	1	60,6	6	3	0
3	1	13	24	1206,1	32	8	0
3	2	13	7	160,4	0	0	0
3	1	24	1	154,5	2	2	0
3	2	24	0	0,0	0	0	0
3	1	42	0	0,0	0	0	0
3	2	42	0	0,0	0	0	0
4	1	31	2	272,6	190	156	7
4	2	31	2	84,8	7	4	3
4	1	13	8	545,1	54	46	7
4	2	13	9	179,9	3	3	0
4	1	24	2	84,8	36	36	0
4	2	24	0	0,0	2	2	0
4	1	42	4	119,9	36	36	0
4	2	42	3	247,2	24	9	0
5	1	31	4	373,5	10	10	2
5	2	31	5	223,2	14	8	4
5	1	13	4	373,5	3	3	3
5	2	13	6	244,5	28	17	12
5	1	24	5	136,7	0	0	0
5	2	24	1	193,3	0	0	0
5	1	42	0	0,0	1	3	3
5	2	42	4	386,6	0	0	0
6	1	31	1	149,7	28	29	9
6	2	31	6	228,7	3	3	0
6	1	13	2	211,8	17	20	13
6	2	13	11	309,7	0	0	0
6	1	24	9	529,4	18	18	12
6	2	24	0	0,0	0	0	0
6	1	42	2	249,6	5	2	2
6	2	42	1	78,9	0	0	0

OC=Oportunidade de Conflito: 1=fluxo, 2a=espera/travessia, 2b=idem, sem pelotão, 3=travessia

Tabela 4.5a – Oportunidades de Conflito nos Ciclos Semafóricos para Análise (cont.)

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	OC1b	OC2aPS	OC2bPS	OC3bPS
7	1	31	7	702,6	494	187	21
7	2	31	2	183,7	107	56	28
7	1	13	8	1216,9	160	58	10
7	2	13	8	477,3	11	4	2
7	1	24	11	194,9	10	9	0
7	2	24	1	150,0	5	2	0
7	1	42	4	297,6	9	8	1
7	2	42	14	0,0	0	0	0
8	1	31	5	503,7	446	218	14
8	2	31	11	0,0	0	0	0
8	1	13	3	1233,8	30	16	0
8	2	13	6	73,5	0	0	0
8	1	24	4	180,0	43	41	0
8	2	24	0	0,0	0	0	0
8	1	42	1	155,9	8	10	4
8	2	42	6	0,0	0	0	0
9	1	31	12	348,2	131	57	33
9	2	31	4	60,6	6	3	0
9	1	13	4	1206,1	32	8	0
9	2	13	7	160,4	0	0	0
9	1	24	7	154,5	2	2	0
9	2	24	0	0,0	0	0	0
9	1	42	3	0,0	0	0	0
9	2	42	0	0,0	0	0	0
10	1	31	13	272,6	190	156	7
10	2	31	5	84,8	7	4	3
10	1	13	4	545,1	54	46	7
10	2	13	5	179,9	3	3	0
10	1	24	3	84,8	36	36	0
10	2	24	0	0,0	2	2	0
10	1	42	11	119,9	36	36	0
10	2	42	4	247,2	24	9	0
11	1	31	17	373,5	10	10	2
11	2	31	8	223,2	14	8	4
11	1	13	6	373,5	3	3	3
11	2	13	4	244,5	28	17	12
11	1	24	8	136,7	0	0	0
11	2	24	0	193,3	0	0	0
11	1	42	7	0,0	1	3	3
11	2	42	5	386,6	0	0	0
12	1	31	11	149,7	28	29	9
12	2	31	8	228,7	3	3	0
12	1	13	5	211,8	17	20	13
12	2	13	2	309,7	0	0	0
12	1	24	3	529,4	18	18	12
12	2	24	2	0,0	0	0	0
12	1	42	7	249,6	5	2	2
12	2	42	4	78,9	0	0	0

OC=Oportunidade de Conflito: 1=fluxo, 2a=espera/travessia, 2b=idem, sem pelotão, 3=travessia

Tabela 4.5b – Oportunidades de Conflito nos Ciclos Semafóricos em Veículos

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	OCFHWA	OC2aV	OC2bV	OC3bV
1	1	31	9	39	33	7	2
1	2	31	4	4	4	2	4
1	1	13	27	23	22	5	3
1	2	13	27	5	5	2	1
1	1	24	3	1	1	1	0
1	2	24	2	3	3	1	0
1	1	42	7	2	2	2	1
1	2	42	0	0	0	0	0
2	1	31	4	42	15	4	4
2	2	31	0	0	0	0	0
2	1	13	24	15	12	4	0
2	2	13	2	0	0	0	0
2	1	24	4	3	3	3	0
2	2	24	0	0	0	0	0
2	1	42	3	2	2	2	1
2	2	42	0	0	0	0	0
3	1	31	2	20	17	6	4
3	2	31	1	2	2	2	0
3	1	13	24	9	8	4	0
3	2	13	7	0	0	0	0
3	1	24	1	0	0	0	0
3	2	24	0	0	0	0	0
3	1	42	0	0	0	0	0
3	2	42	0	0	0	0	0
4	1	31	2	29	20	16	3
4	2	31	2	1	1	1	1
4	1	13	8	28	25	19	5
4	2	13	9	0	0	0	0
4	1	24	2	1	1	1	0
4	2	24	0	0	0	0	0
4	1	42	4	1	1	1	0
4	2	42	3	12	10	2	0
5	1	31	4	4	3	2	1
5	2	31	5	4	4	2	1
5	1	13	4	2	1	0	2
5	2	13	6	5	4	3	4
5	1	24	5	0	0	0	0
5	2	24	1	0	0	0	0
5	1	42	0	4	2	1	1
5	2	42	4	0	0	0	0
6	1	31	1	4	4	3	3
6	2	31	6	1	1	1	0
6	1	13	2	2	2	1	6
6	2	13	11	0	0	0	0
6	1	24	9	3	2	2	2
6	2	24	0	0	0	0	0
6	1	42	2	2	2	0	1
6	2	42	1	0	0	0	0

OC=Oportunidade de Conflito: 1=fluxo, 2a=espera/travessia, 2b=idem, sem pelotão, 3=travessia

Tabela 4.5b – Oportunidades de Conflito nos Ciclos Semafóricos em Veículos (cont.)

Ciclo	Estágio	Movimento	Pedestres	OCFHWA	OC2aV	OC2bV	OC3Bv
7	1	31	7	39	33	7	2
7	2	31	2	4	4	2	4
7	1	13	8	23	22	5	3
7	2	13	8	5	5	2	1
7	1	24	11	1	1	1	0
7	2	24	1	3	3	1	0
7	1	42	4	2	2	2	1
7	2	42	14	0	0	0	0
8	1	31	5	42	15	4	4
8	2	31	11	0	0	0	0
8	1	13	3	15	12	4	0
8	2	13	6	0	0	0	0
8	1	24	4	3	3	3	0
8	2	24	0	0	0	0	0
8	1	42	1	2	2	2	1
8	2	42	6	0	0	0	0
9	1	31	12	20	17	6	4
9	2	31	4	2	2	2	0
9	1	13	4	9	8	4	0
9	2	13	7	0	0	0	0
9	1	24	7	0	0	0	0
9	2	24	0	0	0	0	0
9	1	42	3	0	0	0	0
9	2	42	0	0	0	0	0
10	1	31	13	29	20	16	3
10	2	31	5	1	1	1	1
10	1	13	4	28	25	19	5
10	2	13	5	0	0	0	0
10	1	24	3	1	1	1	0
10	2	24	0	0	0	0	0
10	1	42	11	1	1	1	0
10	2	42	4	12	10	2	0
11	1	31	17	4	3	2	1
11	2	31	8	4	4	2	1
11	1	13	6	2	1	0	2
11	2	13	4	5	4	3	4
11	1	24	8	0	0	0	0
11	2	24	0	0	0	0	0
11	1	42	7	4	2	1	1
11	2	42	5	0	0	0	0
12	1	31	11	4	4	3	3
12	2	31	8	1	1	1	0
12	1	13	5	2	2	1	6
12	2	13	2	0	0	0	0
12	1	24	3	3	2	2	2
12	2	24	2	0	0	0	0
12	1	42	7	2	2	0	1
12	2	42	4	0	0	0	0

OC=Oportunidade de Conflito: 1=fluxo, 2a=espera/travessia, 2b=idem, sem pelotão, 3=travessia

4.4. Análise Estatística dos Dados

A análise estatística visa avaliar a adequação das medidas de oportunidades de travessia ou de conflitos para caracterizar a segurança de pedestres nas travessias estudadas, adotando a qualificação das travessias como critério de validação.

Entre as variáveis obtidas sobre as travessias de pedestres efetivamente observadas, o total de travessias classificadas como de risco inaceitável (TRIs) foi a medida selecionada (TRIs).

Com esta estratégia, foram feitas duas análises: da correlação das TRIs com as medidas de oportunidades de travessia ou com de oportunidades de conflito obtidas.

No primeiro caso, verifica-se se as oportunidades de travessia (que são simples de obter) seriam um critério substituto adequado para analisar a segurança dos pedestres nas travessias estudadas. No segundo caso, verifica-se o mesmo para as oportunidades de conflito (que são uma medida potencialmente mais trabalhosa).

Em cada caso, tem de ser selecionado um nível de agregação para análise. Uma exploração preliminar avaliou diversas alternativas e optou-se por apresentar os resultados da análise para o nível mais desagregado (dados por movimento e estágio) e para a maior agregação considerada (travessia e ciclo).

Embora os parâmetros e estatísticas variem em cada caso, os resultados mostram o mesmo padrão qualitativo em boa parte das opções. A apresentação dos extremos servirá, no entanto, para dar uma visão concreta do leque de variação existente.

O procedimento adotado em cada análise estatística é o seguinte:

- é analisada a matriz de coeficientes de correlação entre as variáveis;
- são estimadas equações de regressão linear simples (com uma variável);
- são estimadas equações de regressão linear múltipla candidatas para melhoria.

4.4.1 - Análise da Relação das TRIs com as Oportunidades de Travessia

Na análise da relação entre as TRIs e as Oportunidades de Travessia, deve-se ponderar que as medidas de OTRI, OTRA, OTI e NOT refletem somente as características decorrentes das chegadas veiculares e das necessidades dos pedestres, sem considerar as chegadas dos pedestres e os períodos de espera e travessia.

Por este motivo, após as análises preliminares de correlação e regressão simples, foram estudados modelos mais extensos que incluíram sempre o volume de pedestres em cada contexto (movimento e estágio ou travessia e ciclo, conforme o nível de agregação).

A matriz dos coeficientes de correlação entre as variáveis explicativas relacionadas com as Oportunidades de Conflito e as TRIs estão representadas na Tabela 4.6. A parte (a) corresponde à análise mais desagregada (por movimento e estágio) e a parte (b) refere-se à análise mais agregada (por travessia e ciclo). Pode-se ver com clareza que os padrões qualitativos são semelhantes mas existem diferenças importantes.

Tabela 4.6 – Correlação entre TRIs e Variáveis de Oportunidade de Travessia

	NOT	Pedestres	OTI	OTRA	OTRI	NOT*Ped	Ped*OTI	TRI
NOT	1							
Pedestres	0,232897	1						
OTI	-0,54286	0,035832	1					
OTRA	-0,16004	0,072929	0,259862	1				
OTRI	-0,03793	0,179075	0,121891	0,619657	1			
NOT*Ped	0,650146	0,734117	-0,20729	-0,07075	0,136755	1		
Ped*OTI	-0,19511	0,68232	0,591992	0,190743	0,139278	0,235447	1	
TRI	0,179714	0,050884	-0,04485	0,040453	0,034468	0,087405	0,017219	1

a. Dados Desagregados (por movimento e estágio)

	NOT	Pedestres	OTI	OTRA	OTRI	NOT*Ped	Ped*OTI	TRI
NOT	1							
Pedestres	0,485475	1						
OTI	-0,75607	-0,45565	1					
OTRA	-0,26078	-0,02919	-0,28983	1				
OTRI	-0,1862	-0,03819	-0,35994	0,647087	1			
NOT*Ped	0,76487	0,891619	-0,61874	-0,19379	-	1		
Ped*OTI	-0,07697	0,686417	0,229449	-0,14483	-	0,360731	1	
TRI	0,182419	0,458416	-0,18515	-0,0821	0,0101	0,367048	0,36043	1

b. Dados Agregados (por travessia e ciclo)

Entre as medidas de Oportunidades de Travessia, as correlações com as NOTs são maiores, em ambos os casos. No entanto, em geral as correlações com dados mais agregados são melhores e a correlação com o volume de pedestre fica muitíssimo mais importante com os dados mais agregados (passa a ser a correlação individualmente maior), o que também ocorre com as OTIs. Note que os volumes de pedestres foram também considerados como produto com as NOTs e as OTIs, sem boa correlação.

Os resultados obtidos para as equações de regressão simples e múltipla estão apresentados na Tabela 4.7, partes (a) e (b), respectivamente, apenas para a utilização de dados agregados (cujas estatísticas são melhores).

Tabela 4.7 – Análise de Regressão entre TRIs e Variáveis de Oportunidade de Travessia

Variável	Intercepto	Coefficiente	R-quadrado
NOT	1,135482	0,023731	3,33%
t	0,66	0,87	
Pedestres	-0,00526	0,117434	21,01%
t	0,00	2,42	
OTI	4,278526	-0,02495	3,43%
t	2,01	-0,88	
OTRA	3,342851	-0,02676	0,67%
t	1,46	-0,39	
OTRI	2,407291	0,003876	0,01%
t	1,16	0,05	

a. TRIs - Equações de Regressão Simples com OTs Agregadas (Travessia/Ciclo)

Variáveis	Intercepto	Pedestres	Coefficientes	R-quadrado	
NOT	0,248183	0,123964	-0,00683	21,23%	
t	0,15	2,18	-0,24		
OTI	-0,36755	0,12093	0,004036	21,09%	
t	-0,13	2,17	0,14		
NOT OTI	0,40923	0,123655	-0,00778	-0,0014	21,23%
t	0,08	2,10	-0,19	-0,03	
NOT*Ped	1,290336		0,000871		13,47%
t	1,39		1,85		
Ped*OTI	0,353395		0,001562		12,99%
t	0,26		1,81		

b. TRIs - Equações de Regressão Múltipla com OTs Agregadas (Travessia/Ciclo)

Pode-se ver que os coeficientes de correlação das equações de regressão (mostrados na coluna R-quadrado, que são a porcentagem da variância explicada) são geralmente

baixos, indicando que as oportunidades de travessia não atingem um grau de explicação suficientemente alto da medida de insegurança adotada (as TRIs), pelo menos com as definições atuais. A estatística t é em geral adequada apenas para o volume de pedestres (e, em menor grau, os produtos que incluem os volumes de pedestres). Este resultado sugere que a deficiência fundamental das medidas de Oportunidade de Travessia seria não considerar a interação entre veículos (ou brechas) e as chegadas de pedestres.

Outros aspectos são também relevantes e serão mencionados na discussão adiante.

4.4.2 - Análise da Relação das TRIs com as Oportunidades de Conflito

Na análise da relação entre as TRIs e as Oportunidades de Conflito, deve-se notar que as características decorrentes das chegadas veiculares e das necessidades e chegadas dos pedestres (nos períodos de espera e travessia, conforme o conceito) estão considerados.

Por este motivo, após as análises preliminares de correlação e regressão simples, os modelos mais extensos omitiram o volume de pedestres e veículos em cada contexto (movimento e estágio ou travessia e ciclo, conforme o nível de agregação).

A matriz dos coeficientes de correlação entre as variáveis explicativas relacionadas com as Oportunidades de Conflito e as TRIs estão representadas na Tabela 4.8. Como antes, a parte (a) corresponde à análise mais desagregada (por movimento e estágio) e a parte (b) refere-se à análise mais agregada (por travessia e ciclo). Observe que os coeficientes de correlação dos TRIs agora estão na primeira coluna (e não na última linha).

Tabela 4.8 – Correlação entre TRIs e Variáveis de Oportunidade de Conflito

	<i>TRI</i>	<i>OC1a</i>	<i>OC1b</i>	<i>OC2a</i>	<i>OC2b</i>	<i>OC3a</i>	<i>OCFHWA</i>
TRI	1						
OC1a	0,058022	1					
OC1b	0,158007	0,68193	1				
OC2a	0,189112	0,174195	0,386523	1			
OC2b	0,143398	0,100531	0,324299	0,957553	1		
OC3a	0,629977	0,163836	0,244934	0,597575	0,571677	1	
OCFHWA	0,229362	0,282919	0,561543	0,885076	0,890607	0,549923	1

a. Dados Desagregados (por movimento e estágio)

	<i>TRI</i>	<i>OC1a</i>	<i>OC1b</i>	<i>OC2a</i>	<i>OC2b</i>	<i>OC3a</i>	<i>OCFHWA</i>
TRI	1						
OC1a	0,670874	1					
OC1b	0,678838	0,994899	1				
OC2a	0,3388	0,868738	0,862875	1			
OC2b	0,21972	0,78232	0,77132	0,95195	1		
OC3a	0,720123	0,911961	0,895982	0,768671	0,659617	1	
OCFHWA	0,32586	0,833162	0,832966	0,921077	0,968409	0,693154	1

b. Dados Agregados (por travessia e ciclo)

Em ambos os casos, as correlações entre as TRIs e a medida OC3a é a mais importante, embora a correlação com OC1b (e também OC1a) seja similar nos dados mais agregados. Nos dados mais desagregados (por movimento e estágio), as correlações são normalmente menores e não adicionam nenhuma outra medida. Pode-se ver também a forte correlação entre as medidas OC1a e OC1b ou entre OC2a e OCFHWA em ambos.

Os resultados obtidos para as equações de regressão simples e múltipla estão apresentados na Tabela 4.9, , partes (a) e (b), respectivamente, apenas para dados agregados (cujas estatísticas são melhores novamente).

Tabela 4.9 – Análise de Regressão entre TRIs e Variáveis de Oportunidade de Conflito

Variável	Intercepto	Coeficiente	R-quadrado
OC1a	-1,00187	0,002904	19,89%
t	-0,62	2,34	
OC1b	-0,65522	0,002961	23,32%
t	-0,48	2,59	
OC2a	2,12586	0,00481	11,48%
t	1,80	1,14	
OC2b	2,260825	0,00726	4,83%
t	1,67	0,71	
OC3a	0,759392	0,136249	51,86%
t	0,79	3,28	

a. TRIs - Equações de Regressão Simples com OCs Agregadas (Travessia/Ciclo)

Variáveis	Intercepto	OC3a	Coeficientes	R-quadrado
NOT	0,19058	0,122906	0,012382	52,29%
t	0,09	1,92	0,29	
OTI	-1,65684	0,164823	0,027988	54,95%
t	-0,51	2,95	0,79	
NOT OTI	-7,92448	0,132801	0,065487	0,06574
t	-1,26	2,16	1,16	1,37
NOT*OC3a	1,303416		0,001235	42,39%
T	1,34		2,71	
OC3a*OTI	-0,18278		0,003785	80,02%
t	-0,27		6,33	

b. TRIs - Equações de Regressão Múltipla com OCs Agregadas (Travessia/Ciclo)

Pode-se ver que as regressões múltiplas buscaram avaliar o papel complementar das medidas de Oportunidade de Travessia. Para isso, as melhores medidas de Oportunidade de Travessia identificadas (NOT e OTI) foram utilizadas em conjunto com a melhor medida de Oportunidade de Conflito identificada (OC3a), introduzida em lugar do volume de pedestres. Esta opção foi utilizada porque as medidas de oportunidades de conflito já ponderam as chegadas de pedestres.

As diferentes medidas de oportunidade de conflito não foram consideradas ao mesmo tempo por serem propostas alternativas para mensuração da mesma variável (diferente das medidas de oportunidade de travessias, que são complementares entre si).

Novamente, os resultados são melhores usando oportunidades de conflito. A proximidade dos conceito de TRI e OC3a é uma explicação natural para o resultado.

4.5. Discussão e Avaliação dos Resultados:

Dentro das análises realizadas com as medidas de Oportunidades de Conflito e as Oportunidades de Travessia como medida explicativa para as Travessias com Risco Inaceitáveis observou-se que as Oportunidade de Conflito foram melhores. Isto pode ser atribuído ao efeito da interação do tráfego veicular com os pedestres contemplada pelas Oportunidades de Conflito.

A variação não explicada pode ser relacionada com a omissão de algumas variáveis tais como a composição do tráfego: (1) a ocupação de veículos pesados durante as manobras de conversão – varredura da área destinada à travessia pela ocupação do veículo de grande porte; (2) a velocidade não pode ser percebida, e nem o seu impacto nas travessias visto que o procedimento de campo apenas recupera a posição física do veículo em uma dada posição da via – sabe-se que o desenvolvimento de velocidade maiores por veículos coíbem a realização das travessias.

Salienta-se, aqui, a importância das medidas em si, individualmente. As Oportunidades de Travessia apresentam o perfil das condições de travessias, segundo os critérios especificados para a sua caracterização, ao longo do ciclo, apresentando os momentos e a frequência da existência da Oportunidade de Travessia. As Oportunidades de Travessias podem ser ajustadas segundo o perfil ponderando as categorias de pedestres, observando suas necessidades de mobilidade e avaliando o atendimento pelo controle por semáforo de acordo com sua programação – dimensionamento dos tempos de verdes. O principal ponto ausente das medidas de Oportunidade de Travessia avaliadas é a posição das oportunidades ao longo do ciclo (sua sequência no tempo como vista pelo pedestre). Em geral, os pedestres são acumulados em uma sequência de NOTs e, nas primeiras brechas elegíveis, decidem diante de OTRIs ou OTRAs, antes de terem a possibilidade de atravessar mais confortavelmente (nas OTIs). Este aspecto poderia ser ponderado para melhorar a medida de Oportunidade de Travessia.

Observa-se que para a determinação das Oportunidades de Travessia estabeleceu-se três padrões de comportamentos, salienta-se que a realidade foi bastante simplificada pelo modelo ao restringir-se os padrões; sendo que dois deles caracterizam casos extremos para o comportamento dos pedestres: ousado-rápido e conservador-vagaroso.

A metodologia apresentada é, pelo valor intrínseco, uma ferramenta complementar às análises físicas, de geometria e de controle - sinalização semafórica - para atendimento da demanda de pedestres.

Especialmente em relação às Oportunidades de Conflito, o estudo empírico realizado pode ser também visto como um esforço complementar às formulações teóricas revisadas a partir dos estudos anteriores. A superioridade das medidas de Oportunidade de Conflito baseadas na exposição na travessia, ao invés da exposição na espera, é um resultado demonstrado nas análises estatísticas realizadas (ao apoiar a OC3a).

Diversos pontos poderia ser desenvolvidos e a utilidade da técnica para diagnosticar problemas de segurança desta forma aprimorada (como, por exemplo, o comportamento de veículos e pedestres nos entreverdes).

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES

A seguir são apresentadas as conclusões referentes à aplicação dos conceitos de **oportunidades de travessias** e **oportunidades de conflitos** ao estudo da segurança de pedestres em travessias de interseções semaforizadas obtidas neste trabalho. São também identificados aspectos que merecem um estudo mais aprofundado.

A revisão da literatura técnica mostrou que existem diversos aspectos que afetam a segurança de pedestres, em particular nas interseções semaforizadas. Destacou-se a especificidade dos diferentes grupos de pedestres e a peculiaridade dos diversos contextos observados na operação do tráfego. As recomendações referentes ao uso das diversas medidas como necessidade para proporcionar mobilidade segura ao pedestre, atendendo às suas características específicas, não é muitas vezes precisa e satisfatória. A dificuldade de estudar a segurança de pedestre pode ser relacionada como uma das causas deste estado da técnica.

No aspecto metodológico, foram analisados os trabalhos anteriormente publicados sobre os conceitos de oportunidades de travessia ou oportunidades de conflito, vistos como variáveis instrumentais para caracterizar a segurança de pedestres. Em função da dificuldade de utilizar dados de acidentes, analisou-se também a relação entre os conceitos de interesse e outras variáveis relacionadas que poderiam servir como meio de

comparação e validação. O conceito de conflito de tráfego e a qualificação direta das travessias efetivamente observadas foram selecionadas como interessantes.

Com relação ao conceito de **oportunidade de travessia** verificou-se que, embora as idéias básicas sejam claras, não existem conceituações detalhadas e estudos voltados para relacioná-los mais diretamente com a insegurança dos pedestres.

Sobre o conceito de **oportunidades de conflitos** existem diversos trabalhos anteriores mas voltados em geral para estudar a segurança dos veículos em interseções semaforizadas ou não). Foi identificado apenas um trabalho (Clark et al., 1996) que discutiu e aplicou o conceito ao estudo da segurança de pedestres.

Pelos motivos apontados, o estudo adotou um objetivo exploratório e buscou formular conceitos mais precisos e avaliar a adequação das medidas propostas. O trabalho procedeu a partir da análise detalhada da interação entre pedestres e veículos ao longo dos ciclos semaforicos (registrados através de filmagens), o que trouxe dificuldades.

Embora tenham sido estudadas a comparação com medidas de conflito de tráfego e de qualidade das travessias como critérios, apenas a segunda análise foi possível no trabalho de campo em função da dificuldade de identificar conflitos de tráfego. A análise das necessidades de diferentes tipos de pedestres também foi impossível.

A opção metodológica permitiu, no entanto, definir e medir conceitos operacionais de oportunidades de travessia (para diferentes tipos de pedestres) e de oportunidades de conflito, além de qualificar as travessias efetivamente realizadas.

Os resultados da análise estatística realizada mostraram que a relação entre a segurança dos pedestres e as medidas de oportunidades de travessia ou de conflito não é simples.

As **oportunidades de travessia** foram destacadas como informação relevante (por informarem o perfil de situações a que o pedestre está sujeito) mas parcial por não ponderarem a presença dos pedestres ao longo do ciclo. Os diferentes conceitos estudados são complementares entre si e devem ser ponderados em conjunto. A análise

estatística destacou as NOT (não oportunidades de travessia) e as OTI (oportunidades de travessia ideal) mas exigiu a incorporação, pelo menos, do volume de pedestres.

As **oportunidades de conflito** foram mais adequadas, neste aspecto, resultado que seria esperado por ponderarem a presença dos pedestres ao longo do ciclo e por serem bastante similares às medidas de qualidade na travessia. Os diferentes conceitos estudados refletiram formas alternativas e os resultados apoiaram a associação da oportunidade de conflito com a ameaça ao pedestre na travessia (mais que na espera).

Como foi discutido, a qualidade dos resultados estatísticos também evidencio a importância dos fatores não incorporados à análise. Entre estes foram mencionados a influência dos veículos pesados, das manobras de conversão e das velocidades.

Além da incorporação destas variáveis, outros aspectos interessantes para estudos futuros seriam a análise do comportamento dos pedestres diante de cada oportunidade de travessia elementar e a investigação da associação das medidas de oportunidade com a ocorrência de acidentes com pedestres e seus condicionantes.

LISTA DE REFERÊNCIAS

BRAGA, M.G.C. **Um Método para Escolha do Tipo de Travessia para Pedestres.** 1979. 166p. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. (COPPE-UFRJ). Rio de Janeiro, 1979.

BRAGA, M.G.C.; SCHNEIDER, N.R.; de ARAUJO, G.P. Medidas de Desempenho de Infra-Estrutura para Pedestres. Estudo de Caso: Travessias Semaforizadas na Cidade de São Paulo. **In: Transporte em Transformação III.** Makron Books: São Paulo, 1998. Cap.3, p.31-44.

BRAGA, M.G.C.; FARIA, E.; PORTUGAL, L.S. O Sistema Especialista para o Tratamento de Travessias de Pedestres. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.34, n.1, 2000.

BRASIL. **Novo Código de Trânsito Brasileiro.** São Paulo: IDT, 1997.

BRASIL. **Código Nacional de Trânsito.** 1966.

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. Sinalização de Áreas Escolares, 2000.

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. **Manual de Identificação Análise e Tratamento de Pontos Negros.** Brasília: Ministério da Justiça/DENATRAN, 1982. (Coleção Serviços de Engenharia)

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. **Manual de Segurança de Pedestres.** Brasília: Ministério da Justiça, 1979a. (Coleção Serviços de Engenharia)

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. **Manual de Semáforos**. Brasília: Ministério da Justiça/DENATRAN/CONTRAN, 1979b. (Coleção Serviços de Engenharia)

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. **Legislação de Trânsito**. Brasília: Ministério da Justiça/DENATRAN, 1978.

CHANG, M. Conceptual Development of Exposure Measures for Evaluating Highway Safety. **Transportation Research Record**, Washington D.C., n.847, p.37-42, 1982.

CLARK, K.L.; HUMMER, J.E.; DUTT, N. Field Evaluation of Fluorescent Strong Yellow-Green Pedestrian Signs. **Transportation Research Record**, Washington, D.C., n.1538, p.39-46, 1996.

COFFIN, A.; MORRALL, J. Walking Speeds of Elderly Pedestrians at Crosswalks. **Transportation Research Record**, Washington, D.C., n.1487, p.63-67, 1995.

CUCCI NETO, J. **Aplicações da Engenharia de Tráfego na Segurança de Pedestres**. 1996. 299p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

ESTADOS UNIDOS. Institute of Transportation Engineers. **Guidelines for Urban Major Street Design** – a recommended practice. Washington D.C.: ITE, 1984. (ITE Publication No. RP-010A)

ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. **Alternative Transportation**. City of Tucson, 2003. Disponível em:
<<http://www.ci.tucson.az.us/planning/gateways/alttrans.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2003.

ESTADOS UNIDOS. Oregon Department of Transportation. **Pedestrian Safety**. Oregon, 2003. Disponível em: <<http://www.odot.state.or.us/transafety/Pedestrian.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2003.

ESTADOS UNIDOS. United States Department of Transportation – US DoT. **Pedestrian Crosswalk Case Studies:** Richmond, Virginia; Buffalo, New York; Stillwater, Minnesota. Maclean: FHWA, Aug. 2001. (Report no. FHWA-RD-00-103).

Disponível em:

<<http://www.tfhr.gov/safety/pedbike/pubs/0103.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2003.

ESTADOS UNIDOS. United States Department of Transportation – US DoT. **Pedestrian Compatible** – planning and design guidelines. New Jersey: New Jersey Department of Transportation, 1996. Disponível em:

<http://www.state.nj.us/transportation/publicat/pedest_guide.htm>. Acesso em: 14 jan. 2002.

ESTADOS UNIDOS. United States Department of Transportation – US DoT. **Synthesis of Safety Research** – pedestrians. Washington: FHWA, 1991. (FHWA-SA-91-034)

GOLD, P.A. **Traffic Safety:** using engineering to reduce accidents. Washington D.C.: Inter American Development Bank, 1998 . 221p.

GOLD, P. A. **Melhorando as Condições das Calçadas**, 2003. Nota Técnica. São Paulo: 2003.

FERREIRA, A.B.H. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 2^a ed. Revisada e Ampliada. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1986.

HA, T.-J; BERG, W.D. Development of Safety-Based Level-of-Service Criteria for Isolated Signalized Intersections. **Transportation Research Record**, Washington, D.C., n.1484, p.98-104, 1995.

1995

HOMBURGER, W.S.; KELL, J.H.; PERKINS, D.D. **Fundamentals of Traffic Engineering**. 13 ed. Berkeley: Institute of Transportation Studies, 1992. (UCB-ITS-CN-92-1)

INGLATERRA. The Institution of Highways & Transportation. Pedestrians. In: IHT. **Transport in the Urban Environment**. London: IHT, 1999. p.299-313. 1 CD-ROM

INGLATERRA. Department of Transport. **The Highway Code**. Londres: HMSO Publications, 1990.

KAUB & Associates. **Intersection Accident Prediction with Conflict Opportunity Technology and Traf-Safe Software Architecture, Function & Validation**, 1993. Disponível em: <<http://www.traf-safe.com>>. Acesso em: 30 jun. 2003.

KAUB, A.R.; KAUB, J.K. **Predicting Annual Intersections Accidents with Conflict Opportunities**. In: Urban Street Symposium, Conference Proceedings, Transportation Research Board, June 28-30, Dallas, Texas, USA, 1999.

KELL, J.H.; FULLERTON, I.J. **Manual of Traffic Signal Design**. New Jersey: Prentice Hall, 1982. 259p.

KING, G.F. Pedestrian Delay and Pedestrian Signal Warrantes. **Transportation Research Record**, Washington D.C., n.629, p.7-13, 1977.

KING, M.R. Calming New York Intersections. **Transportation Research E-Circular**, Dallas, n.E-C019, I-3/1- I-3/15, dec. 2000.

KHISTY, C.J. Evaluation of Pedestrian Facilities: beyond the level-of-service concept. **Transportation Research Record**, Washington D.C., n.1438, p.45-50, 1994.

LEE, S.; BERG, W.D. Development of Safety-Based Level-of-Service Parameters for Two-Way Stop-Controlled Intersections. **Transportation Research Record**, Washington D.C., n.1635, p.127-132, 1998.

MAY, A.D. **Traffic Flow Fundamentals**. New Jersey: Prentice-Hall, 1990. 464p.

MOUETTE, D. **Os Pedestres e o Efeito Barreira**. 1998. 257p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

NEUMAN, T.R. Intersection Channelization Design Guide. **Transportation Research Board**, Washington D.C., NHCRR n.279, 1985.

OGDEN, K.W. **Safer Roads**: a guide to road safety engineering. Inglaterra: Avebury Technical, 1996.

PLASS, M. Evaluation of Exposure-Based Accidents Rates. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin –Madison. 1985

PLASS, M.; BERG, W.D. Evaluation of Opportunity-Based Accident Rate Expressions. **Transportation Research Record**, Washington D.C., n.1111, p.42-48, 1987.

SANTOS, Silvana. **Experiência em Interseções Urbanas na Cidade de São Paulo**./Entrevista/ São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego, 2003.

SPECIAL REPORT 209: **Highway Capacity Manual**. TRB. National Research Council, Washington, D.C.,2000.

TOURINHO, L.F.B. **Determinação de Parâmetros para Diagnósticos de Segurança de Pedestres em Interseções Urbanas Semaforizadas com a Análise de Conflitos de Tráfego**. 2002. 146p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

VILANOVA, L.M. **Experiência em Intervenções com Semáforos para Pedestres**./Entrevista/ São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego, 2003.

VILANOVA, L.M. **Dimensionamento do Tempo de Amarelo**. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego, 1985. (Nota Técnica 174).

VIRKLER, M.R. Signal Coordination Benefits for Pedestrians. **Transportation Research Record**, Washington D.C., n.1636, p.77-82, 1998.

VIRKLER, M.R. Pedestrian Compliance Effects on Signal Delay. **Transportation Research Record**, Washington D.C., n.1636, p.88-91, 1998.

ZEGEER, C.V. Pedestrians and Traffic-Control Measures. **Transportation Research Board**, Washington, NCHRP n.139, 1988.

ZEGEER, C.V.; OPIELA, K.S.; CYNECKI, M.J. Effect of Pedestrian Signal and Signal Timing on Pedestrian Accidents. **Transportation Research Record**, Washington D.C., n.847, p.62-72, 1982.

ZEGEER, C.V.; RANDOLPH, D.A.; FLAK, M.A.; BHATACHARYA, R.K. Use of Pedestrian Conflict Analyses for Hazard Assessment in School Zones. **Transportation Research Record**, Washington D.C., n.743, p.4-11, 1979.