

HIERARQUIZAÇÃO DE LOCAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE SINALIZAÇÃO VIÁRIA PARA A PROMOÇÃO DE SEGURANÇA UTILIZANDO A METODOLOGIA MCDA

Antonia Fabiana Marques Almeida

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará
Departamento de Engenharia de Transportes, Campus do Pici - Bloco 703, CEP 60455-760 - Fortaleza, CE
Fone: (+ 55 85) 3366-9488 ramal 218, Fax: (+ 55 85) 3366-9488 ramal 201
fabiana@det.ufc.br

Maria Elisabeth Pinheiro Moreira

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará
Departamento de Engenharia de Transportes, Campus do Pici - Bloco 703, CEP 60455-760 - Fortaleza, CE
Fone: (+ 55 85) 3366-9488 ramal 218, Fax: (+ 55 85) 3366-9488 ramal 201
beth@det.ufc.br

RESUMO

A segurança viária é um problema que os grandes centros urbanos têm enfrentado cada vez mais. Os acidentes de trânsito têm gerado muitas vítimas principalmente nos locais considerados críticos. Para a redução destes acidentes e geração de segurança viária, muitas medidas disponíveis de Engenharia de Tráfego podem ser aplicadas, dependendo da periculosidade do local, do volume veicular, dos meios de controle existentes, dentre diversos outros fatores que influem, direta ou indiretamente, na ocorrência dos acidentes.

Um dos procedimentos mais utilizados para a promoção de segurança de trânsito é a implantação da sinalização viária, através dos elementos horizontais, como as pinturas nos pavimentos de símbolos, legendas, etc., e dos elementos verticais, através das placas, as quais podem servir para advertir, educar, orientar ou regulamentar as vias e os acessos.

Os responsáveis pela implementação de sinalização viária, bem como de outros métodos utilizados para a redução de acidentes de trânsito, são os órgãos gestores, atuantes nas esferas municipal, estadual, ou federal, dependendo da jurisdição da via. Estes órgãos contam com a participação de técnicos formados e capacitados para atuar na engenharia de trânsito.

Diante da escassez de recursos financeira, presente em muitos órgãos gestores, a redução dos acidentes torna-se preocupante, uma vez que não se podem aplicar as medidas de segurança viária em todos os locais onde ocorrem acidentes. Diante deste cenário, este trabalho propõe a estruturação de um modelo de avaliação dos locais identificados como críticos, e a hierarquização para priorizar a implantação de medidas de segurança.

PALAVRAS CHAVE: Sinalização viária, Hierarquização, Segurança de trânsito.

1. INTRODUÇÃO

A segurança viária é uma das principais preocupações dos gestores de trânsito em quaisquer esferas governamentais, por se tratar de um meio que promove a redução de acidentes de trânsito e, conseqüentemente, menos gastos para o poder público. Porém, esta segurança pode não ser, por muitas vezes, a principal preocupação dos órgãos, uma vez que soluções imediatistas são tomadas, ao invés de soluções mais efetivas para a promoção de segurança viária. Tal situação tem gerado um número cada vez maior de acidentes de trânsito e o aumento dos gastos públicos.

Para a redução dos acidentes de trânsito, a segurança viária é um dos métodos mais eficazes, o qual influencia diretamente sobre os usuários da via, sobre a via / meio ambiente, e sobre os veículos. Tal segurança pode abranger diversas técnicas, as quais, quando implantadas corretamente, acarretam em melhorias significativas para os usuários das vias. Porém, a segurança é um problema que os grandes centros urbanos têm enfrentado cada vez mais, sendo, sua preocupação, um assunto relativamente novo nos países em desenvolvimento, principalmente no Brasil, devido ao fenômeno das municipalizações do trânsito, onde os municípios passam a ter jurisdição sobre a malha viária municipal (Brasil, 2007).

Existem várias medidas de segurança de trânsito disponíveis para serem aplicadas, dependendo da periculosidade do local, dos volumes de tráfego, dos meios de controle existentes, dentre diversos outros fatores que influem, direta ou indiretamente, nas ocorrências dos acidentes. Um dos métodos mais utilizados para a promoção de segurança de trânsito é a sinalização viária, composta de elementos horizontais, as pinturas nos pavimentos de símbolos, legendas, etc., as quais fornecem informações mais diretamente ao condutor, e os elementos verticais, as placas, que servem para advertir, educar, orientar, ou regulamentar as vias e os acessos.

Segundo o artigo 88 do Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 2007), “*Nenhuma via pavimentada poderá ser entregue ou reaberta ao trânsito enquanto não estiver devidamente sinalizada*”. Porém, na prática, tal determinação passa a ser desconsiderada. A quantidade de projetos de sinalização viária produzidos pelos corpos técnicos dos órgãos gestores de trânsito, a baixa disponibilidade de recursos, e a pouca viabilidade para a implantação de todos, levam à necessidade de priorizar locais críticos na malha viária dos centros urbanos. Para priorizar, devem ser considerados os diversos fatores que prejudicam a segurança de uma via, ou uma interseção, por exemplo. Ou seja, os locais que apresentam mais problemas de trânsito, conseqüentemente, maior número de acidentes, maior volume veicular, maior movimento de pedestres, necessitam de maior envolvimento dos técnicos, e um conhecimento mais detalhado acerca dos problemas locais.

É importante também observar que, as atividades relacionadas à sinalização viária geram custos aos órgãos gestores, e, portanto, à sociedade (elaboração do projeto, implantação, operação, manutenção, revisões, etc.). Por isso, é importante que os locais críticos sejam identificados e priorizados, para que estes custos sejam mais bem aplicados, e obter um maior benefício das medidas de segurança implantadas. Daí a necessidade da elaboração de um modelo de avaliação de locais críticos, com base em uma metodologia de apoio à decisão (Ensslin, 2001), visto que são poucos os estudos tecnicamente desenvolvidos, para tal finalidade. O que ocorrem são medidas de segurança sendo implantadas pelos órgãos gestores, muitas vezes, sem nenhum critério metodológico, ou, até mesmo, sob intervenções políticas.

Diante deste contexto, este trabalho buscará prover os órgãos gestores de trânsito de um modelo de avaliação para a priorização dos locais mais críticos, que devem receber tratamento de segurança viária, levando em consideração os aspectos julgados importantes pelos técnicos, com experiência na área da Engenharia de Tráfego.

2. METODOLOGIA DO TRABALHO

O modelo de avaliação proposto objetiva fornecer os órgãos gestores de trânsito a identificação e a priorização dos locais considerados mais críticos, com base em uma metodologia multicritério de apoio à decisão – MCDA (Bana e Costa, *et al.*, 1997), de forma a identificar aqueles locais que apresentam maior necessidade de implantação de projetos de sinalização viária. Para estruturação do modelo de avaliação as etapas seguintes foram exercidas:

(i) Realização de uma revisão bibliográfica para analisar outras metodologias utilizadas por outros órgãos gestores para identificar e hierarquizar os locais críticos, e avaliar juntos aos técnicos especialistas na área, se os critérios considerados importantes em tais metodologias, atendem as necessidades de redução de acidentes para fins de inclusão no modelo aqui proposto.

(ii) Realização de entrevistas com técnicos da área da engenharia de trânsito. Foram realizadas reuniões com técnicos com experiência na área da engenharia de tráfego, para levantamento dos aspectos (qualitativos ou quantitativos) que estes julgam relevantes para o tratamento de pontos críticos, e que devam ser considerados na decisão de implantar os projetos de sinalização viária.

(iii) Desenvolvimento de um modelo de avaliação onde foram considerados os aspectos mais importantes na visão dos técnicos para a identificação e priorização de locais críticos. Com base na Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - MCDA (Bana e Costa, *et al.*, 1997), foram identificados, priorizados, quantificados, e ponderados os aspectos considerados na estruturação do modelo de avaliação.

(iv) Após a construção do modelo de avaliação foi realizada sua aplicação em uma área urbana na cidade de Fortaleza-Ce, para identificar dentre os vários locais críticos, quais aqueles que apresentam uma maior necessidade de implantação de projeto de sinalização para redução dos acidentes, levando em consideração o conhecimento dos decisores participantes na área da Engenharia de Tráfego, do Órgão Gestor Municipal.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este estudo propõe a elaboração de um modelo que auxilie na priorização de interseções viárias para a implantação de sinalização no intuito de reduzir a criticidade destes locais. Para isso, foi necessário que se fizesse uma revisão dos métodos utilizados para priorização de cruzamentos, no que se refere à implantação de sinalização nestes pontos.

No entanto, são poucas as metodologias que tratam, especificamente, de cruzamentos viários. Dentre estas existe um manual para o tratamento de locais críticos, que pode muito bem ser aplicada na priorização de um local para implantação de sinalização de trânsito e

conseqüente redução nos acidentes e retorno social (pela redução de acidentes e gastos em decorrência destes), que é o programa de Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito – PARE (Ministério dos Transportes, 2002).

O manual do programa PARE foi desenvolvido pelo Ministério dos Transportes em 2002. Propõe um modelo de tratamento em locais críticos, inclusive interseções viárias. Este tratamento não se restringe às aplicações que os órgãos gestores de trânsito geralmente adotam, mas sim, um conjunto de medidas que, quando implantadas em conjunto, acarretam na redução de acidentes de trânsito. Este método oferece subsídios à tomada de decisão, no que se refere às questões: quais os locais em que há registros de acidentes que merecem atenção especial do poder público; dentre locais críticos como selecionar os que merecem tratamento prioritário, e dentre os locais avaliados quais são os economicamente viáveis do ponto de vista de retorno social (Ministério dos Transportes, 2002).

A metodologia deste programa segue a seguinte ordem: (i) identificação dos locais críticos, de acordo com os acidentes de trânsito; (ii) investigação dos fatores contribuintes dos acidentes, de acordo com as análises dos boletins de ocorrência (BO's), dos estudos “*in loco*”, e de consultas à comunidade; (iii) o diagnóstico final, com base nestas análises; (iv) as recomendações de projetos de engenharia; e (v) o tratamento efetivo do local: a seleção de projetos, avaliação econômica, implantação dos projetos viáveis e monitoração destes locais.

4. CONSTRUÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO DE HIERARQUIZAÇÃO DE INTERSEÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DE SINALIZAÇÃO

O modelo aqui proposto foi elaborado de acordo com as experiências de técnicos na área de engenharia de tráfego do órgão gestor de trânsito da cidade de Fortaleza-Ce, os quais convivem, diariamente, com a necessidade de se priorizar os locais críticos para a aplicação de medidas de segurança de tráfego. Para tanto, aplicou-se a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – MCDA (Bana e Costa, *et al.*, 1992), onde um grupo de decisores, composto por técnicos que trabalham na área de estudo, identificaram os aspectos julgados importantes para a hierarquização de cruzamentos mais críticos, para a implantação de projeto de sinalização viária, para a redução dos acidentes de tráfego, objetivando oferecer segurança aos usuários das vias.

A primeira etapa do desenvolvimento do modelo de avaliação, que compreendeu de uma série de reuniões com técnicos especializados na área de segurança viária, do órgão gestor do município de Fortaleza-Ce, foi utilizada a técnica *brainstorming* (tempestade de idéias) (Osborne, 1948) para a coleta de todas as informações importantes a respeito do assunto pesquisado. É importante salientar que as entrevistas levaram em consideração somente interseções viárias e, portanto, este modelo se restringe à aplicação nestes locais.

A partir das informações obtidas nas seções de *brainstorming*, foi elaborado um mapa cognitivo (Éden, 1989), com aspectos considerados relevantes pelo grupo de decisores, agrupados em quatro áreas de interesse (Figura 1):

- Área de Interesse 1 “*Acidentes de Trânsito*”. Nesta área são tratados os aspectos inerentes à ocorrência de acidentes em cruzamentos que estão sob avaliação, no que tange a quantidade de acidentes ocorridos, a severidade destes acidentes, de acordo

com os valores calculados em UPS (Unidade Padrão de Severidade), e os riscos de ocorrerem de acidentes nos locais críticos.

- Área de Interesse 2 “*Volume de Tráfego*”. Aqui são considerados os aspectos que envolvem os volumes de veículos que passam pelas aproximações do cruzamento, o VMDA (Volume Médio Diário Anual), e os volumes de pedestres que transitam pelo cruzamento, bem como a quantidade e concentração de travessias, e ainda, foi observado como se comporta a circulação dos fluxos existentes no cruzamento.
- Área de Interesse 3 “*Geometria da Via*”. Nesta área, diversos outros aspectos serão considerados, os quais retratam a parte física do cruzamento, levando em consideração as condições e o tipo do pavimento existente, a existência e condição de passeios e canteiros centrais nas vias que formam as interseções em análise, a visibilidade do local de acordo com a existência, ou não, de iluminação pública, a geometria física das vias do cruzamento (presença de curvas horizontais e/ou verticais) que interfere também na visibilidade, os controles do tráfego do cruzamento (“Semáforo”, placa “Dê a preferência”, ou placa “Pare”), o mobiliário urbano existente, e o uso do solo lindeiro (se é do tipo residencial, comercial, outros).
- Área de Interesse 4 “*Solicitações de Implantação*”. Trata-se da quantidade de solicitações de implantação de sinalização que a população já fez para os cruzamentos a serem avaliados. Ou seja, quanto mais solicitações existirem no órgão gestor, para um determinado local crítico, por parte da população e do setor de fiscalização do órgão gestor, mais a segurança do local está comprometida, visto que estes solicitantes têm contato diário, e, às vezes até direto com estes locais. Além das solicitações da população e dos fiscais de trânsito, outro item a ser levado em consideração é a quantidade de solicitações que os membros do próprio órgão fizeram para a interseção, em face à detecção de necessidade de implantação de sinalização para o cruzamento viário.

Como pode ser observado na Figura 1, estão subordinados, a cada área de interesse (segundo nível hierárquico do modelo), os critérios de avaliação, chamados de Pontos de Vista Fundamentais – PVF’s (Ensslin, *et al.*, 2001). Para cada um destes PVF’s pode haver a necessidade de um maior detalhamento no intuito de explicar melhor os PVF’s, (Pontos de Vista Elementares – PVE’s), julgados como importantes no processo de elaboração do modelo de hierarquização.

O detalhamento de cada PVF, considerado no modelo de hierarquização proposto, neste estudo (ver Figura 1), engloba:

- PVF 1 “*Quantidade de Acidentes*”: Neste PVF serão quantificados os acidentes ocorridos em cada cruzamento em análise para que, de acordo como o peso deste parâmetro, seja avaliada a priorização de determinado cruzamento;
- PVF 2 “*Severidade dos Acidentes*”: Este PVF diz respeito às taxas de severidade nos cruzamentos sob análise. Estas taxas de severidade obedecem a um cálculo, com base na quantidade e nos tipos de acidente. Então, quanto maior a severidade de uma interseção, maior pode ser a quantidade de acidentes ou, a quantidade de vítimas fatais, fazendo com que o local possa vir a ter maior prioridade que um outro.

- PVF 3 “*Riscos de Acidentes*”: Aqui, não há uma avaliação quantitativa, e sim qualitativa, no que diz respeito aos riscos de ocorrerem acidentes neste local. Os riscos de acidentes podem ser definidos com a existência, ou não, do risco de ocorrer um acidente em um determinado local, no caso deste estudo, em uma interseção. Este risco pode ser avaliado com a verificação dos comportamentos dos usuários de transporte motorizado no local, e ainda, com a taxa de motoristas alcoolizados que por aí transitam. Também pode ser calculado com a avaliação das velocidades praticadas no local (85% percentil), marcas de freios no pavimento, dentre diversos outros fatores os quais auxiliam na verificação da existência de riscos de acidentes.
- PVF 4 “*Volume Veicular*”: Este PVF trata da quantidade de veículos que trafegam em um determinado cruzamento. Assim, pode-se ter a idéia de quantos usuários seriam beneficiados com a implantação de sinalização no local, que, de preferência, deve ser uma quantidade considerável, de acordo com os decisores.
- PVF 5 “*Volume de Pedestres*”: Aqui, o modelo levará em consideração a quantidade de pedestres que efetuam travessias nas interseções sob análise, pois estes usuários são os que apresentam mais vulnerabilidade no trânsito.
- PVF 6 “*Geometria Física da Via*”: É a avaliação das condições físicas do cruzamento, se possui passeios e se estes apresentam larguras que favoreçam o caminhar dos pedestres, se as vias que compõem o cruzamento possuem canteiro central, para melhor separação de tráfegos opostos e para acomodação de pedestres em travessia.
- PVF 7 “*Pavimento*”: Avaliação da existência, ou não, de pavimentação e, caso exista, qual o tipo e as condições em que este se encontra, pois, é necessário saber que tipo de sinalização seria possível aplicar.
- PVF 8 “*Visibilidade*”: Aqui consta a avaliação da visibilidade da interseção, seja dos veículos, ou até mesmo dos pedestres, pois, é importante saber se um cruzamento é iluminado, ou não, e se existem curvas horizontais ou verticais, que dificultem de alguma forma na visibilidade nas aproximações. No caso da iluminação, na cidade de Fortaleza existem dois tipos de iluminação pública, a saber: lâmpadas a vapor de sódio, 70W, que apresenta feixe amarelado e fraco (este será chamado de “Tipo 1”), e as lâmpadas a vapor de sódio de 100 a 400W, a qual apresenta feixes claros e melhor iluminam (este será chamado de “Tipo 2”).
- PVF 9 “*Controles*”: Aqui é avaliado o tipo de controle do cruzamento, se é semaforizado, ou com placas do tipo “PARE” ou “Dê a Preferência”. Este aspecto torna-se importante para o modelo pois, um cruzamento que seja controlado por meio de semáforo tem prioridade menor que um cruzamento que não possua este tipo de controle, isto ocorre porque o usuário desconhece a preferência de passagem entre as aproximações desta interseção viária.
- PVF 10 “*Mobiliário Urbano*”: Para implantação de uma sinalização deve-se ter conhecimento do mobiliário existente e, se este afeta na visibilidade do cruzamento, como por exemplo, um poste de iluminação no chanfro da esquina, ou uma banca de revista no passeio. Além da visibilidade, um mobiliário urbano mal instalado pode atrapalhar os pedestres, por ocuparem o passeio de maneira incorreta.
- PVF 11 “*Uso do Solo*”: É o conhecimento do uso do solo do entorno das vias que formam a interseção sob análise. Cada uso diferenciado do solo do entorno pontua de forma diferenciada no modelo.
- PVF 12 “*Solicitações de implantação pela população*”: Trata da quantidade de solicitações que a população realizou para implantação de sinalização no local, no mesmo período da análise dos acidentes e dos volumes de tráfego.

- PVF 13 “*Solicitações de implantação do órgão*”: Trata da quantidade de solicitações que os membros do órgão (agentes de trânsito, engenheiros, estagiários, etc) fizeram para implantação de sinalização no local no mesmo período de análise do PVF 11.

Após a construção da do modelo proposto (Figura 1), foram construídas as funções de valor, que é a escala de medida para cada critério analisado no modelo (os Pontos de Vista). Para tanto, foi utilizado o *software* MACBETH SCORES (Bana e Costa e Vasnick, 1995). As tabelas 1 e 2 mostram um exemplo da aplicação das funções de valores extraídos do *software*.

O critério apresentado na Tabela 1 consiste em um parâmetro do tipo quantitativo, referente aos acidentes com vítimas que ocorreram em um dado no período de 9 (nove) meses considerado para esta análise. Este critério foi definido pelos decisores e, juntamente com o parâmetro de acidentes sem vítimas, compõe o PVF 2 “Severidade”. Segundo a avaliação dos decisores, as interseções que apresentassem valores altos de acidentes com vítimas, seriam cruzamentos severos e, conseqüentemente deveriam ser priorizados na escolha para implantação de sinalização.

Já o critério apresentado na Tabela 2 mostra um parâmetro do tipo qualitativo que trata da iluminação do cruzamento. Neste aspecto é observada a existência, ou não, de iluminação no local e, caso exista, é avaliada a condição desta iluminação, ou seja, se é favorável, ou não. Segundo a avaliação dos decisores, em interseções onde não houvesse iluminação, ou avaliada como precária, este cruzamento teria prioridade frente aos demais, devido às condições de risco para os usuários da via. A existência de iluminação no cruzamento sinalizado proporcionaria maior retrorrefletância da sinalização ao motorista, ficando mais atento ao aproximar-se do cruzamento.

Os valores das avaliações dos pontos de vista foram agregados em uma avaliação global por meio das determinações dos indicadores de importância relativa dos aspectos avaliados, que são as taxas de substituição, como mostra a Equação 1.

Equação 1: Função de agregação aditiva do modelo, por meio de soma ponderada

$$V(a) = 0,12.(0,69.V_{PVE1.1} + 0,31.V_{PVE1.2}) + 0,13.V_{PVF2} + 0,11.V_{PVF3} + 0,09.V_{PVF4} + 0,11.V_{PVF5} + 0,08.(0,33.V_{PVE6.1} + 0,67.V_{PVE6.2}) + 0,06.(0,30.V_{PVE7.1} + 0,70.V_{PVE7.2}) + 0,08.(0,33.V_{PVE8.1} + 0,67.V_{PVE8.2}) + 0,06.(0,40.V_{PVE9.1} + 0,60.V_{PVE9.2}) + 0,04.V_{PVF10} + 0,04.V_{PVF11} + 0,05.V_{PVF12} + 0,02.V_{PVF13}$$

(1)

Fonte: Dados do Estudo.

onde:

V (a) é a avaliação global da priorização que se deve dar à interseção avaliada por meio do somatório ponderado das avaliações locais de cada PVF;

$V_{PVF(i)}$ é a avaliação local da interseção sob análise, para identificação da prioridade e posterior implantação de sinalização quanto ao aspecto analisado, ou seja, quanto ao PVF (i) analisado;

$V_{PVE(i)}$ é a avaliação dos PVE's para cada PVF que os possua, de acordo com o peso que cada um desses PVE's exercem ao PVF.

O gráfico apresentado na Figura 3 (anexo) apresenta a ponderação cada ponto de vista fundamental do modelo proposto neste estudo, obtida em decorrência do julgamento dos

decisores. Analisando as ponderações por área de interesse, a área “Acidentes de Trânsito” foi considerada a mais importante dentre as demais, com um peso correspondente a 36,50%, seguida das áreas, “Geometria da Via”, com um peso de 36,12%, “Volume de Tráfego”, com um peso no valor de 19,95% e, por fim, “Solicitações de Implantação” com peso de 7,73%. Quanto aos Pontos de Vista Fundamentais, o aspecto com maior peso no modelo, foi o representado pelo PVF 2, “Severidade dos Acidentes”, com 12,78%.

5. ESTUDO DE CASO

A cidade de Fortaleza – Ce apresenta uma área de aproximadamente 313 km² e uma frota de 500.895 veículos motorizados (IBGE, 2008). Na cidade existem mais de 500 semáforos (dentre estes estão os veiculares, em cruzamentos, e os que estão situados em meio das quadras, para pedestres). De acordo com dados da AMC (2008), em média são sinalizados 1389 cruzamentos por ano.

A divisão do órgão gestor, responsável pela sinalização na cidade de Fortaleza – Ce recebeu durante o ano de 2007, mais de 2.000 solicitações de sinalização viária, mas o órgão não consegue responder a todos, por conta do número limitado de técnicos e recursos físicos como, por exemplo, veículos para o deslocamento dos técnicos. Diante desta situação, é inviável a implantação da sinalização, em tempo hábil, de todas as interseções solicitadas. Portanto, a metodologia aqui apresentada poderá ser utilizada na definição dos locais mais prioritários, a fim de otimizar o tempo de elaboração dos projetos funcionais, programação de implantação destes projetos. Atualmente esta programação é feita sem nenhum respaldo técnico, na grande maioria das vezes. Assim, aplicando-se o modelo proposto nos locais solicitados, identificam-se os mais críticos, com maior necessidade de sinalização viária.

Para exemplificação do modelo aqui proposto foram escolhidas 4 (quatro) interseções viárias localizadas em vias de grande fluxo de veículos, da cidade de Fortaleza – Ce. Os locais escolhidos apresentam conflitos entre veículos motorizados, veículos não motorizados, e pedestres, por estarem situados próximos a Pólos Geradores de Viagens (PGV's) como, mercado público, colégio, *shopping center*, supermercado, banco, etc. São elas: Interseção 1 – Rua General Clarindo de Queiroz x Rua Padre Ibiapina, situada na área central da cidade, com maior concentração de comércio (ver figura 3); Interseção 2 – Rua Barbosa de Freitas x Rua Carolina Sucupira (ver figura 4); Interseção 3 – Rua Nunes Valente x Rua João Carvalho (ver figura 5); e Interseção 4 – Rua Eduardo Bezerra x Rua Tibúrcio Cavalcante (ver figura 6), todas estas na área leste da cidade, com população de maior poder aquisitivo. A tabela 3 mostra a caracterização destas interseções, segundo os critérios propostos pela avaliação.

Para a análise e aplicação do modelo aqui apresentado, os dados coletados são referentes ao período compreendido entre janeiro e setembro de 2007, visto que o órgão municipal de trânsito do município de Fortaleza só dispõe destes valores. Estes dados se referem aos volumes de tráfego, acidentes de trânsito, controles existentes, condições físicas do cruzamento e as condições do pavimento, quantidade de solicitações da população, uso do solo lindeiro, etc.

Utilizando as funções de valor obtidas para cada ponto de vista no modelo proposto, foram determinadas as pontuações locais, por cada área de interesse, para cada uma das interseções. Posteriormente foram realizadas as avaliações globais de cada interseção (Equação 1). A Tabela 4 apresenta estes desempenhos globais.

Os resultados apontaram a interseção 2 (Rua Barbosa de Freitas x Rua Carolina Sucupira) como a mais prioritária para implantação de sinalização, dentre as quatro interseções analisadas, seguida pelas interseções 4 (Rua Eduardo Bezerra x Rua Tibúrcio Cavalcante), 3 (Rua Nunes Valente x Rua João Carvalho) e 1 (Rua General Clarindo de Queiróz x Rua Padre Ibiapina). Porém, na análise por área de interesse, a Interseção 4 foi a que apresentou um maior valor na área “Acidentes de Trânsito”, como pode ser observado na Figura 7. Isso mostra que a avaliação realizada por áreas de interesse, pode não resultar em indicações fiéis e, além disso, mostra que é necessário avaliar todos os parâmetros conjuntamente através do modelo ponderado de agregação aditiva.

6. CONCLUSÃO

Os métodos de análise para implantação de sinalização de trânsito em interseções da malha viária de uma cidade têm a função de identificar quais os locais devem ser priorizados em detrimento dos demais, visto a escassez dos órgãos gestores de trânsito. A priorização de locais para esta avaliação leva em consideração diversos aspectos, sobretudo, com vistas à redução de ocorrência de acidentes.

Pelo fato da literatura na apresentar metodologias com a finalidade de hierarquização de interseções viárias para a implantação de sinalização, este estudo propôs um modelo de avaliação para o apoio à decisão de implantação de sinalização viária. O modelo multicritério elaborado está restrito à aplicação em cruzamentos, quaisquer sejam suas formas de controle de tráfego (semáforo, rotatória, parada obrigatória, ou outros), e irá fornecer subsídios aos decisores, técnicos da área da Engenharia de Tráfego, quando da implantação de sinalização nestes locais.

O modelo proposto representa uma importante ferramenta na tomada de decisão do órgão gestor, uma vez que indica em quais locais os recursos disponíveis sejam utilizados de forma mais eficiente e eficaz otimizando o gerenciamento do trânsito, e a redução de acidentes.

O estudo de caso com a utilização do modelo multicritério em quatro interseções da cidade de Fortaleza – Ce mostrou sua aplicabilidade. Com base nas escalas de preferências definidas pelos decisores foi obtida uma pontuação global para cada interseção analisada, o que permitiu estabelecer uma ordem de prioridade para a implantação da sinalização viária. Estes resultados numéricos são de extrema importância, pois, mostram tecnicamente as reais necessidades de locais a serem sinalizados, impedindo que interesses políticos e pessoais sejam inseridos nestas decisões, o que resulta numa melhor utilização dos recursos públicos financeiros.

A utilização da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) (Bana e Costa, *et al.*, 1997) permitiu a estruturação de um modelo com base nas discussões entre os decisores, o que gerou uma melhor compreensão do problema estudado. Ou seja, estas discussões resultaram em processos de aprendizagem entre os membros do grupo de decisores,

auxiliando-os na identificação de muitos aspectos relevantes a serem considerados na avaliação de interseções para implantação de sinalização. Este processo construtivista concedeu um modelo técnico com credibilidade dos resultados obtidos com as análises de interseções.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMC (2008) Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e Cidadania de Fortaleza. <http://www.amc.fortaleza.ce.gov.br/modules/wfchannel/index.php?pagenum=51>. Acesso em 01/maio/2008.

Bana e Costa , C. A. (1992) *Structuracion, Construction et Exploitation d'un modele d'aide à la decisión, PhD Thesis*. Universidade Técnica de Lisboa – Portugal.

Bana e Costa, C. A.; Vasnick, J. C. (1995) *Uma Nova Abordagem ao Problema de Construção de uma Função de Valor Cardinal: MACBETH. Investigação Operacional*, v. 15, p. 15-35.

Bana e Costa, C. A., Ensslin, L., Corrêa, E. (1997) *Decision Support Systems in Action* (artigo convidado). Final Program of XV EURO and XXIV INFORMS – Join International Meeting (Invited Sections). Barcelona, Espanha.

Brasil, Código de Trânsito Brasileiro (2007) Código de Trânsito Brasileiro instituído pela Lei nº 9.503, de 23/09/1997 – 2ª edição – DENATRAN, 1008 páginas Brasília – Brasil.

EDEN, C. (1989) *SODA and Cognitive Mapping in Practice*. In: ROSENHEAD, J. *Rational Analysis for a Problematic World*. Wiley, p.43-70.

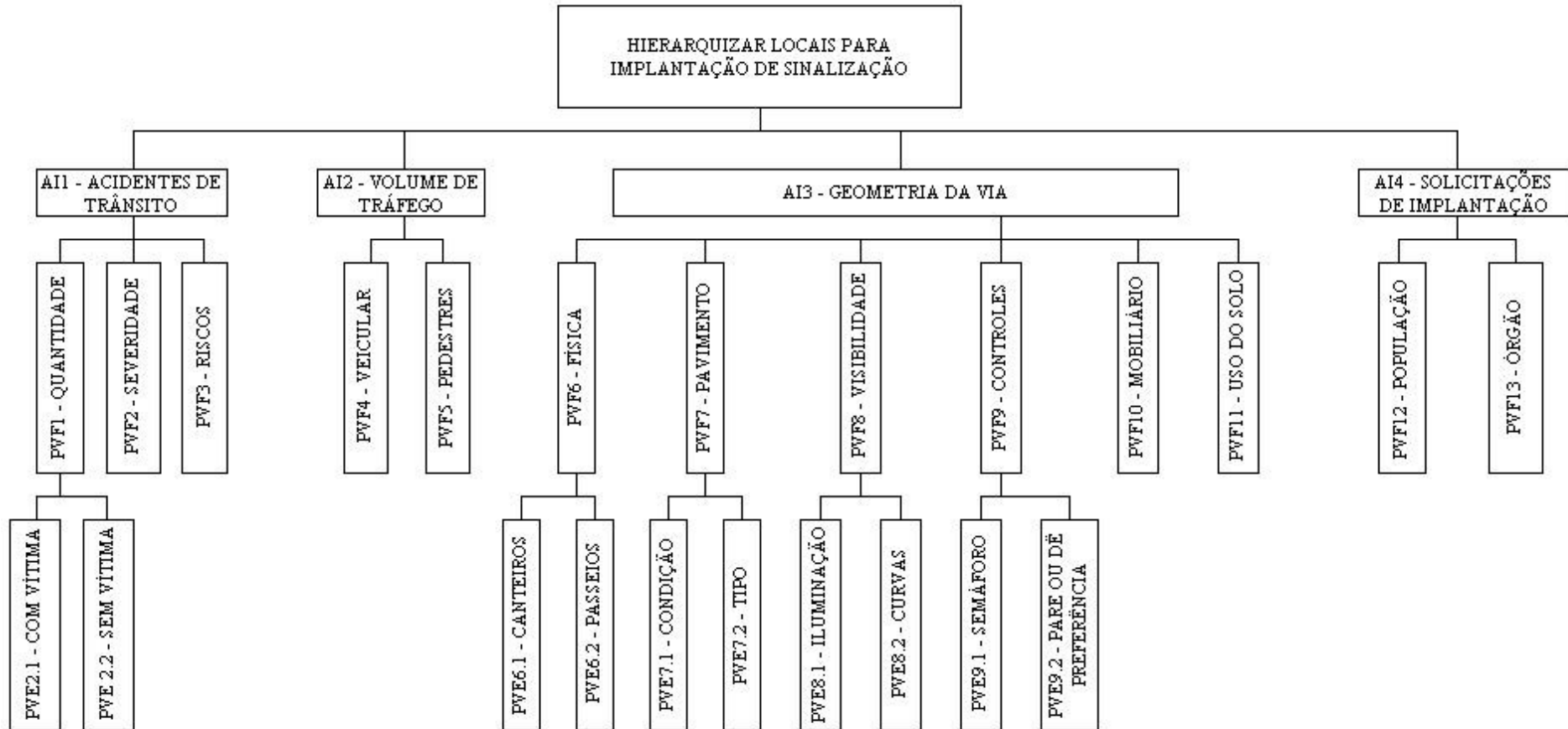
Ensslin, L., Montibeller Neto, G., Noronha, S. M. (2001) *Apoio à Decisão : Metodologia para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas*. Editora Insular, Florianópolis, SC – Brasil.

IBGE (2008) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 01/maio/2008.

Ministério dos Transportes (2002) *Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito – Programa PARE*. Ministério dos Transportes, CEFTRU – Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes e DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. Brasil.

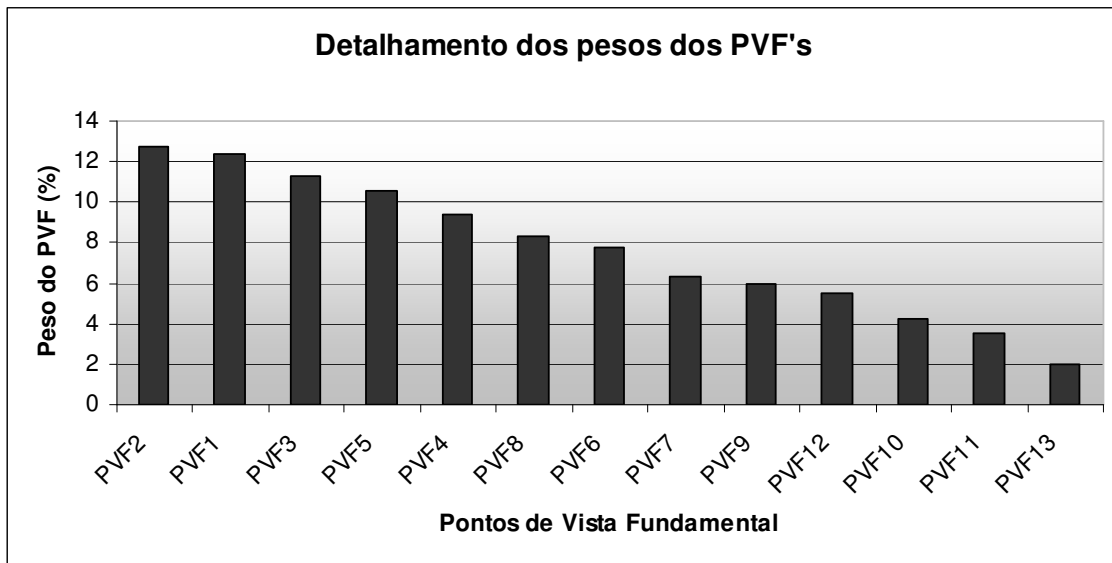
Osborn, A. F. (1948) *Your Creative Power*. C. Scribner's sons. Nova York – EUA.

Figura 1: Estrutura do Modelo de Hierarquização de Cruzamentos para implantação de sinalização



Fonte: Dados do Estudo

Figura 2: Detalhamento dos pesos dos PVF's calculados pelo software MACBETH.



Fonte: Dados do Estudo.

Figura 3: Interseção 1 – Rua General Clarindo de Queiroz x Rua Padre Ibiapina.



Fonte: Dados do Estudo.

Figura 4: Interseção 2 – Rua Barbosa de Freitas x Rua Carolina Sucupira.



Fonte: Dados do Estudo.

Figura 5: Interseção 3 – Rua Nunes Valente x Rua João Carvalho.



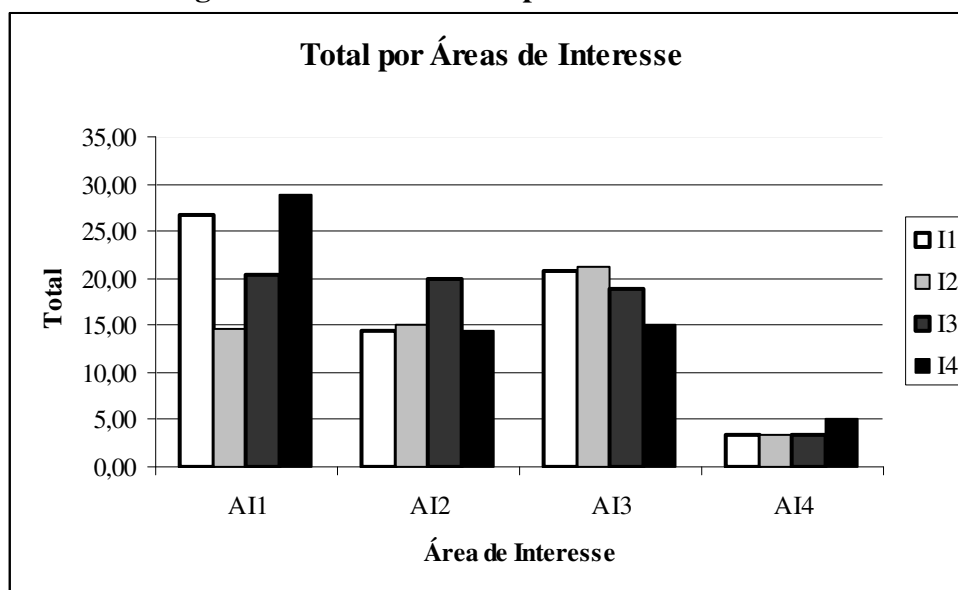
Fonte: Dados do Estudo.

Figura 6: Interseção 4 – Rua Eduardo Bezerra x Rua Tibúrcio Cavalcante.



Fonte: Dados do Estudo.

Figura 7: Valores obtidos por Área de Interesse



Fonte: Dados do Estudo.

Tabela 1: PVE2.1 - Acidentes “Com vítima” que ocorreram no cruzamento sob análise.

Nível de Impacto	Detalhamento do Descritor	Função de Valor
N ₁ (Bom)	Acima de 35%	100
N ₂	Entre 10 e 35%	42,86
N ₃ (Neutro)	Abaixo de 10%	0

Fonte: Dados do Estudo

Tabela 2: PVE “Iluminação” – Existência, ou não, de iluminação no cruzamento.

Nível de Impacto	Detalhamento do Descritor	Função de Valor
N ₁ (Bom)	Não existe iluminação no cruzamento	100
N ₂	Existe iluminação no cruzamento do tipo 2	57,14
N ₃ (Neutro)	Existe iluminação no cruzamento do tipo 1	0

Fonte: Dados do Estudo

Tabela 3: Caracterização das interseções segundo os critérios do modelo de avaliação

	PVF	PVE	INTERSEÇÃO	INTERSEÇÃO	INTERSEÇÃO	INTERSEÇÃO
			1	2	3	4
AI 1	Quantidade	Com vítima	Abaixo de 10%	Acima de 35%	Entre 10 e 35%	Acima de 35%
		Sem vítima	Abaixo de 35%	Entre 35 e 70%	Acima de 70%	Abaixo de 35%
	Severidade	-	Vítimas ilesas	Vítimas feridas	Vítimas feridas	Vítimas feridas
	Risco	-	Nas duas vias	Nas duas vias	Nas duas vias	Nas duas vias
AI 2	Veicular	-	Entre 500 e 1000 veic/h	> 1000 veic/h	> 1000 veic/h	> 1000 veic/h
	Pedestres	-	> 100 ped/h	Entre 50 e 100 ped/h	> 100 ped/h	Entre 50 e 100 ped/h
AI 3	Física	Canteiros	Não existem	Não existem	Não existem	Não existem
		Passeios	Passeio < 2m	Passeio > 2m	Passeio > 2m	Passeio > 2m
	Pavimento	Condição	Sem deformidade	Sem deformidade	Sem deformidade	Com deformidade
		Tipo	Rev. asfáltico	Rev. asfáltico	Rev. asfáltico	Rev. asfáltico
	Visibilidade	Iluminação	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1
		Curvas	Não existem	Não existem	Não existem	Não existem
	Controles	Semáforos	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui
		Pare / Dê a Preferência	Possui	Possui	Possui	Possui
	Mobiliário Urbano	-	Existe e atrapalha	Existe e atrapalha	Existe e não atrapalha	Existe e atrapalha
	Uso do Solo	-	Comercial	Misto	Misto	Residencial
AI 4	População	-	Entre 30 e 75%	Entre 30 e 75%	Entre 30 e 75%	> 75 %
	Órgão	-	Entre 25 e 70%	Entre 25 e 70%	Entre 25 e 70%	< 25%

Fonte: Dados do Estudo.

Tabela 4: Desempenho Total da Avaliação das Interseções por Áreas de Interesse

Área de Interesse	Interseção 1	Interseção 2	Interseção 3	Interseção 4
Acidentes de Trânsito	14,72	26,71	20,33	28,78
Volume de Tráfego	15,11	14,38	20,00	14,38
Geometria da Via	21,22	20,84	18,84	15,04
Solicitações de Implantação	3,50	3,50	3,50	5,00
Avaliação Global	54,55	65,43	62,67	63,19

Fonte: Dados do Estudo.