JOICY POLONI SILVA

**CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA
MANUTENÇÃO DA SINALIZAÇÃO URBANA**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos, da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de *Mestre em Ciências*,
Programa de Engenharia de Transportes. Área
de Concentração: Planejamento e Operação de
Sistemas de Transportes

Orientador: Prof. Dr. José Reynaldo A. Setti

Orientador *in memoriam*: Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar

VERSÃO CORRIGIDA

São Carlos
Junho
2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

P778c POLONI SILVA, JOICY
Consórcio intermunicipal para manutenção da
sinalização urbana / JOICY POLONI SILVA; orientador
José Reynaldo Anselmo Setti. São Carlos, 2014.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em
Planejamento e Operação de Sistemas de Transporte --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2014.

1. consórcio intermunicipal. 2. sinalização urbana.
3. SIG. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Tecnóloga **JOICY POLONI SILVA**.

Título da dissertação: "Consórcio intermunicipal para manutenção da sinalização urbana".

Data da defesa: 13/08/2014

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Titular **José Reynaldo Anselmo Setti (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADA

Prof. Associado **Antônio Néelson Rodrigues da Silva**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADA

Prof. Dr. **Archimedes Azevedo Raia Junior**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADA

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes:
Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me dar essa oportunidade e me proporcionar força e conforto nos momentos em que mais precisei.

Agradeço ao Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar, em memória, pela idealização desse projeto de pesquisa e orientação.

Agradeço ao Prof. Dr. José Reynaldo Setti pela orientação, compreensão e grande apoio, pois sem eles eu não teria concluído minha dissertação.

Agradeço ao Prof. Dr. Antônio Néelson Rodrigues da Silva pelo apoio e incentivo.

Agradeço aos meus amigos Monique, Cassiano e Andressa pelo apoio, incentivo e grande amizade. Sem eles, essa jornada não teria sido tão agradável.

Agradeço à minha família pelo apoio durante todo esse tempo.

Agradeço, especialmente, à minha mãe, que sempre acreditou em mim e me incentivou, todos os dias, a prosseguir.

RESUMO

POLONI SILVA, J. Consórcio intermunicipal para manutenção da sinalização urbana. 2014. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

Este trabalho visa propor um sistema consorciado para a manutenção da sinalização urbana em municípios de pequeno porte. A viabilidade do uso do consórcio foi verificada através da análise comparativa de custos e da carga operacional de uma central de atendimento para todas as cidades e da instalação de um centro de serviços em cada cidade. Um sistema de informações geográficas (TransCAD) foi usado para simular dois cenários: o serviço de manutenção a partir de uma central que atende todas as cidades *versus* um centro de atendimento em cada cidade. A viabilidade do uso do consórcio intermunicipal proposto é demonstrada através de um estudo de caso compreendendo 18 cidades na região central do estado de São Paulo. Os resultados finais mostram que os objetivos iniciais propostos foram alcançados.

Palavras-chave: consórcio intermunicipal; sinalização urbana; SIG.

ABSTRACT

POLONI SILVA, J. Intercity consortia for the maintenance of traffic signs and road markings. 2014. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

The objective of this research was to propose the use, by small towns, of intercity consortia for the maintenance of traffic signs and road markings at urban intersections. The comparison was made in terms of total costs and operational load for a central service center, as opposed to the costs and operational loads of service centers located in each town. A geographical information system (TransCAD) was used to simulate two scenarios: maintenance services from a central location, serving all participating towns versus the use of a service center in each town. The feasibility of the proposed approach was demonstrated by a case study for 18 towns in the central region of the state of São Paulo. The final results prove that the initial objectives were achieved.

Keywords: intercity consortia; traffic signs; road markings; GIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Exemplos de sinalização de regulamentação.	25
Figura 2.2 – Exemplos de sinalização de advertência.	25
Figura 2.3 – Exemplo de sinalização horizontal.	26
Figura 4.1 – Triângulo do planejamento logístico.....	38
Figura 4.2 – Dados armazenados em camadas (<i>layers</i>).	41
Figura 5.1 – Estrutura proposta para o CIM.	46
Figura 5.2 – Definição da rede urbana.	49
Figura 5.3 – Mapa da rede.	50
Figura 5.4 – Cidade sede do CIM.	59
Figura 5.5 – Exemplo de relatório de roteirização.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Equipe de pintura.....	46
Tabela 5.2 – Equipe de implantação de placas.....	47
Tabela 5.3 – Equipamentos da equipe de pintura.....	47
Tabela 5.4 – Equipamentos da equipe de implantação de placas.....	47
Tabela 5.5 – Características das cidades da região estudada.....	49
Tabela 5.6 – Características das vias urbanas.....	52
Tabela 5.7 – Demanda unitária por tipo de sinalização e via.....	52
Tabela 5.8 – Características das interseções por intensidade de tráfego.....	52
Tabela 5.9 – Demanda da sinalização horizontal por tipo de nó.....	53
Tabela 5.10 – Frequência da manutenção da sinalização horizontal.....	53
Tabela 5.11 – Demanda total da sinalização horizontal.....	54
Tabela 5.12 – Demanda da sinalização vertical por tipo de nó.....	55
Tabela 5.13 – Demanda total da sinalização vertical.....	56
Tabela 5.14 – Tempo unitário de serviço.....	56
Tabela 5.15 – Tempo fixo de serviço.....	57
Tabela 5.16 – Cálculo para estimativa da quantidade de instalações.....	58
Tabela 5.17 – Dias de trabalho utilizados por cidade nos dois cenários.....	61
Tabela 5.18 – Quantidade de dias improdutivos.....	62
Tabela 5.19 – Quilometragem total percorrida (sinalização horizontal).....	63
Tabela 5.20 – Quilometragem total percorrida (sinalização vertical).....	64
Tabela 5.21 – Custo unitário do serviço de manutenção.....	65
Tabela 5.22 – Custo improdutivo diário dos equipamentos.....	65
Tabela 5.23 – Custo de transporte.....	65
Tabela 6.1 – Porcentagem de utilização da capacidade do CIM (sinalização horizontal).....	67
Tabela 6.2 – Porcentagem de utilização da capacidade dos CMM (sinalização horizontal)....	68
Tabela 6.3 – Porcentagem de utilização da capacidade do CIM (sinalização vertical).....	69
Tabela 6.4 – Porcentagem de utilização dos CMM (sinalização vertical).....	69
Tabela 6.5 – Comparativo dos custos totais (sinalização horizontal).....	70
Tabela 6.6 – Comparativo dos custos totais (sinalização vertical).....	71

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	Área de Proteção Ambiental
CIM	Consórcio Intermunicipal
CLM	Council of Logistics Management
CMM	Centro Municipal de Manutenção
CNM	Confederação Nacional dos Municípios
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FTP	Faixa de Travessia de Pedestres
GE	Google Earth
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LRE	Linha de Retenção
MBST	Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito
SDSS	Spatial Decision Support Systems
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNT	Sistema Nacional de Trânsito
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Contextualização	19
1.2 Justificativa do trabalho.....	19
1.3 Objetivo	20
1.4 Organização do texto	20
2 SINALIZAÇÃO	23
2.1 Introdução	23
2.2 Sinalização vertical.....	24
2.3 Sinalização horizontal	26
2.4 Importância da sinalização urbana quanto aos acidentes	27
2.5 Manutenção da sinalização urbana	28
3 PARCERIAS INTERMUNICIPAIS	31
3.1 Introdução	31
3.2 Consórcio Intermunicipal	32
3.3 Formas de estrutura organizacional de consórcios intermunicipais	34
4 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E LOGÍSTICA.....	37
4.1 Introdução	37
4.2 SIG aplicado à logística.....	40
4.3 Localização das instalações	42
4.4 Roteirização de veículos.....	43
5 PROPOSTA DE CIM.....	45
5.1 Estudo de caso	45
5.2 Estrutura, equipe, equipamento e capacidade.....	45
5.3 Região estudada.....	48
5.4 Obtenção de dados para a estimativa da demanda	51
5.4.1 Demanda da sinalização horizontal.....	51
5.4.2 Demanda da sinalização vertical	54
5.5 Obtenção de dados para a estimativa de tempo de serviço.....	56
5.6 Obtenção de dados para estimar a quantidade de centros consorciados.....	57
5.7 Roteirização do serviço de manutenção da sinalização.....	59
5.8 Obtenção de dados para a estimativa de custos	64

6 ANÁLISE OPERACIONAL E ECONÔMICA	67
6.1 Resultados e análise operacional.....	67
6.2 Resultados e análise econômica.....	70
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	73
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
APÊNDICE.....	79

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Os municípios brasileiros, embora tenham autonomia para organizar e prestar os serviços públicos de interesse local, muitas vezes não têm recursos financeiros e humanos para a implantação e manutenção de serviços complexos, sobretudo os municípios de pequeno porte que dependem de grandes municípios e, principalmente, não conseguem obter economia de escala. Desse modo, os municípios devem buscar alternativas para suprir as necessidades do serviço público e cumprir os preceitos constitucionais.

Existem várias maneiras de se firmar parceria intermunicipal, das quais podem ser citadas as associações, as agências, os fóruns, as empresas, as autarquias, as redes e as câmaras municipais e os consórcios intermunicipais. Nessa última forma de parceria, as partes discutem seus problemas em conjunto e racionalizam a gestão de bens e serviços. O consórcio intermunicipal pode ser firmado para atender às diversas atividades de responsabilidade do município.

Nos municípios de pequeno porte, é comum que a sinalização urbana não esteja em bom estado de conservação, ou ainda que haja falta da mesma. A sinalização urbana é um item muito importante para os usuários das vias tomarem decisões adequadas com maior segurança. Portanto, esta pesquisa sugere o estudo de um sistema consorciado para a manutenção da sinalização urbana vertical e horizontal em municípios de pequeno porte.

1.2 Justificativa do trabalho

Segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2010, o Brasil possui 5.565 municípios (IBGE, 2010a), dos quais 4.957 (89%) são municípios de pequeno porte, ou seja, cuja população é de até 50.000 habitantes. Já no estado de São

Paulo, o censo do mesmo ano mostra que estes representam 521 municípios, ou seja, 80% do total de municípios do estado (IBGE, 2010b).

Em vista do grande número de municípios de pequeno porte no país e da necessidade dos mesmos em suprirem as carências do serviço público com a melhor distribuição de recursos possível, este trabalho justifica-se como sendo uma proposta de planejamento dos sistemas consorciados para a manutenção da sinalização urbana auxiliando a tomada de decisão das pequenas prefeituras.

1.3 Objetivo

O objeto desta pesquisa é a manutenção da sinalização urbana horizontal e vertical em municípios de pequeno porte.

A presente pesquisa tem como objetivo principal propor um sistema consorciado para a manutenção da sinalização urbana horizontal e vertical em municípios de pequeno porte e verificar sua viabilidade através da análise comparativa operacional e econômica entre dois cenários, (1) um centro de manutenção intermunicipal atendendo todas as cidades e (2) um centro de manutenção municipal em cada cidade.

Desse modo, esta pesquisa visa propor uma alternativa para a realização do serviço de manutenção da sinalização viária em cidades de pequeno porte através do consórcio intermunicipal no nível estratégico de localização de um centro de manutenção com o auxílio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

1.4 Organização do texto

Nos capítulos seguintes é apresentado o desenvolvimento dessa dissertação. A revisão bibliográfica, abordando aspectos relativos à sinalização urbana vertical e horizontal, aos

consórcios intermunicipais e aos sistemas de informações geográficas, é descrita nos Capítulos 2 a 4.

Na sequência, o Capítulo 5 apresenta a proposta de consórcio intermunicipal para a manutenção da sinalização urbana através do estudo de caso realizado com base em uma região de pequenos municípios.

A análise econômica de comparação de custos é discutida no Capítulo 6, sendo seguida das conclusões e recomendações no Capítulo 7.

2 SINALIZAÇÃO

2.1 Introdução

No Brasil, o Sistema Nacional de Trânsito (SNT) tem por objetivos básicos (1) estabelecer diretrizes da Política Nacional de Trânsito, com vistas à segurança, à fluidez, ao conforto, à defesa ambiental e à educação para o trânsito, e fiscalizar seu cumprimento; (2) fixar, mediante normas e procedimentos, a padronização de critérios técnicos, financeiros e administrativos para a execução das atividades de trânsito; (3) estabelecer a sistemática de fluxos permanentes de informações entre os seus diversos órgãos e entidades, a fim de facilitar o processo decisório e integração do Sistema (BRASIL, 2011).

O Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (MBST), foi elaborado em consonância com o Código de Trânsito Brasileiro pela Câmara Temática de Engenharia de Tráfego de Sinalização e da Via, órgão de assessoramento ao CONTRAN composto por técnicos e especialistas de trânsito de todo o Brasil. O mesmo é dividido em seis volumes, a saber (CONTRAN, 2007a):

- Volume I – Sinalização Vertical de Regulamentação;
- Volume II – Sinalização Vertical de Advertência;
- Volume III – Sinalização Vertical de Indicação (não publicado);
- Volume IV – Sinalização Horizontal;
- Volume V – Sinalização Semafórica;
- Volume VI – Sinalização de Obras e Dispositivos Auxiliares (não publicado).

2.2 Sinalização vertical

No Volume I do MBST (CONTRAN, 2007a) a sinalização vertical é definida como um “[...] subsistema da sinalização viária, que se utiliza de sinais apostos sobre placas fixadas na posição vertical [...] transmitindo mensagens de caráter permanente ou, eventualmente, variável, mediante símbolos e/ou legendas [...]”

No Volume I do MBST ainda se encontra descrita a finalidade da sinalização vertical, que é fornecer informações que permitam aos usuários das vias tomarem decisões adequadas, com maior segurança, além de ordenar os fluxos de tráfego e orientar os usuários (CONTRAN, 2007a).

A sinalização vertical, além de transmitir mensagens educativas, é classificada conforme sua função (CONTRAN, 2007a):

- regulamentação: regulamenta as obrigações, limitações, proibições ou restrições;
- advertência: adverte sobre condições de risco existentes na via ou nas proximidades;
- indicação: indica direções, localizações, pontos de interesse turístico ou serviços.

Os sinais possuem padrões associados ao tipo de mensagem a ser transmitida e todos os símbolos e legendas devem obedecer à diagramação contida no MBST (CONTRAN, 2007a).

Seguem exemplos da sinalização de regulamentação na Figura 2.1 e da sinalização de advertência na Figura 2.2.

Figura 2.1 – Exemplos de sinalização de regulamentação.(Fonte: CONTRAN, 2007a)

Figura 2.2 – Exemplos de sinalização de advertência. (Fonte: CONTRAN, 2007b)

2.3 Sinalização horizontal

O CONTRAN, no MBST, volume IV, define sinalização horizontal como um “subsistema da sinalização viária composto de marcas, símbolos e legendas, apostos sobre o pavimento da pista de rolamento (CONTRAN, 2007c).

Além de possuir as mesmas funções da sinalização vertical, a sinalização horizontal ainda permite canalizar o fluxo de usuários da via, de modo que esse tipo de sinalização tem a propriedade de transmitir mensagens aos condutores e pedestres sem desviar-lhes a atenção da via (CONTRAN, 2007c).

A sinalização horizontal permite o melhor aproveitamento do espaço viário, aumenta a segurança dos usuários e pedestres e contribui para a redução de acidentes. Porém, esse tipo de sinalização possui limitações no que diz respeito à durabilidade de cada tipo de material utilizado, quando sujeita a tráfego intenso, e quanto à visibilidade deficiente, em caso de pavimento molhado ou sujo (CONTRAN, 2007c). Um exemplo de sinalização horizontal num cruzamento de duas vias urbanas pode ser visto na Figura 2.3.

Figura 2.3 – Exemplo de sinalização horizontal. (Fonte: CONTRAN, 2007c)

2.4 Importância da sinalização urbana quanto aos acidentes

Segundo Ferraz, Raia Jr e Bezerra (2008) a falta de segurança no trânsito é um problema muito grave, o qual pode se tornar ainda pior se não forem tomadas providências para a redução da ocorrência e da severidade dos acidentes.

Dados da Organização Mundial da Saúde mostram que em 2002 ocorreram, aproximadamente, 1,2 milhão de mortes devido aos acidentes de trânsito, ou seja, quase 3.300 mortes por dia. Assim, os acidentes de trânsito são a 11ª causa de morte no mundo, mas há previsão de que em 2020 eles sejam a 3ª causa, ficando atrás somente dos problemas cardíacos e da depressão. Já nos países menos desenvolvidos se estima que sejam a 2ª causa, perdendo apenas para a depressão. Além das mortes, houve entre 20 e 50 milhões de feridos, dos quais muitos ficaram com sequelas físicas, mentais ou psicológicas que por vezes os impedem de prosseguir com uma vida normal (WHO, 2004).

Vendrametto (2012) afirma que, mesmo que as atenções da comunidade acadêmica sejam mais voltadas para os grandes centros urbanos e cidades de grande porte, as cidades de pequeno e médio porte também têm problemas no trânsito que são significativos quando somados e, por isso, as mesmas não devem ser desprezadas.

Os dados da CNM (2009) reforçam essa afirmação, pois indicam que, nas cidades brasileiras de pequeno e médio porte, entre os anos de 2005 e 2007, a média de mortes por acidentes de trânsito foi de 60 mortes a cada 100 mil habitantes. Já nas capitais estaduais como São Paulo, por exemplo, a média foi de 14,6 mortes a cada 100 mil habitantes, no mesmo período.

Outro aspecto muito desfavorável dos acidentes de trânsito é o impacto econômico. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2004), o custo financeiro dos acidentes de trânsito devido a ferimentos e mortes em 2002 foi de aproximadamente 518 bilhões de dólares.

No Brasil, segundo Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008), estima-se que o custo dos acidentes de trânsito nas rodovias e cidades, com vítimas fatais ou não, chegue ao total de R\$ 31,42 bilhões.

Mesmo sendo difícil de mensurar, também não se pode deixar de lado o custo ambiental dos acidentes de trânsito que, dependendo da carga transportada, pode ocasionar

danos ao solo, ar, água, fauna, flora, etc. Esses danos, sem dúvidas, trazem prejuízo à população e à sua qualidade de vida (FERRAZ, RAIA JR, BEZERRA, 2008).

A segurança no trânsito, segundo os autores, está fundamentada em três elementos: o ser humano, o veículo e a via ou meio ambiente e que também depende do nível de desenvolvimento socioeconômico, tendo em vista que, nos países menos desenvolvidos, as taxas de mortes por veículo são maiores.

A sinalização, na área da engenharia de tráfego, está entre os principais fatores para a melhoria da segurança no trânsito no que diz respeito à via. A sinalização deve ser adequada, suficiente e bem preservada, pois há três elementos considerados críticos: falta de visibilidade das faixas de divisão do fluxo de veículos e das paradas obrigatórias, falta de elementos verticais refletivos para demarcação de curvas, ilhas ou obras e a falta de avisos quanto à mudança de características da via (FERRAZ, RAIA JR, BEZERRA, 2008).

Portanto, além dos esforços para realizar um bom projeto de engenharia de tráfego é importante manter os elementos de sinalização bem preservados, sendo que o planejamento da manutenção é essencial para a execução de uma boa gestão do trânsito que otimize os recursos e garanta a segurança dos usuários.

2.5 Manutenção da sinalização urbana

Manutenção, segundo a ABNT (1994), é “a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.”

Souza (2007) afirma que as técnicas de manutenção têm por objetivo o aumento do desempenho do equipamento e a diminuição do tempo perdido e dos custos.

De forma geral, a manutenção pode ser uma atividade organizada executada com a aplicação de três conceitos citados por Souza (2007):

- **Manutenção corretiva:** quando um equipamento falha, esta falha pode ocasionar perda total ou parcial da capacidade de atender o propósito a que esse equipamento se destina. A técnica de manutenção corretiva atua depois da ocorrência da falha e, por

isso, prioriza o menor prazo no atendimento do serviço para que o equipamento retorne às atividades, dentro dos padrões de qualidade e segurança exigidos.

- Manutenção preventiva: é uma técnica que auxilia a anterior, e abrange o conhecimento dos equipamentos e suas instalações, bem como planos de inspeção, conservação e limpeza. Em um último momento, pode-se adotar um plano de troca de componentes, porém este representa o maior custo da técnica de manutenção preventiva.
- Manutenção preditiva: essa técnica tem por objetivo acompanhar o funcionamento dos equipamentos e prever quando ocorrerá uma falha. Assim, é possível que o serviço seja executado no momento apropriado.

No caso da manutenção da sinalização urbana, na maioria dos municípios brasileiros de pequeno porte, é comum não haver um órgão específico para esse fim e os serviços serem subordinados a outras secretarias, como por exemplo, secretaria de obras, vias públicas ou serviços públicos (VENDRAMETTO, 2012).

Por causa disso, não há sistema efetivo de fiscalização para a verificação do estado de conservação da sinalização urbana, que pode ser deteriorada pelas ações climáticas, vandalismo, acidentes de trânsito. Sendo assim, o serviço de manutenção é prestado de forma corretiva, ou seja, quando já há riscos à população pela falta da sinalização adequada.

Para aumentar a eficiência do processo de manutenção da sinalização urbana é necessário, portanto, utilizar ferramentas de planejamento que também sirvam de banco de dados para monitoramento e controle dos processos, além de racionalizar a mão de obra especializada e os recursos materiais para que estes não fiquem ociosos.

Em vista disso, esse trabalho de pesquisa analisa a formação de consórcios intermunicipais como forma de racionalização dos recursos para a realização dos serviços de manutenção da sinalização viária urbana, garantindo, assim, uma boa gestão do trânsito e a segurança aos usuários.

3 PARCERIAS INTERMUNICIPAIS

3.1 Introdução

A organização político-administrativa da República Federativa do Brasil compreende a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, todos autônomos, nos termos da Constituição Federal do Brasil de 1988. A Constituição Federal do Brasil, em seu Art. 30, confere competência aos municípios para organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local.

Entretanto, a autonomia concedida aos municípios não significa que os mesmos possuam recursos, tanto financeiros quanto humanos, para a implantação e manutenção de serviços complexos, principalmente os municípios de pequeno porte que dependem de grandes municípios ou municípios-polo (NARUO, 2003).

Segundo Vaz (1997), se os governos estadual e federal assumirem a responsabilidade e realizarem as atividades de responsabilidade do município, isso pode significar uma renúncia à autonomia municipal e a retirada da possibilidade da participação e intervenção dos cidadãos nas ações públicas que lhes dizem respeito. Sendo assim, é dever do município cumprir os preceitos constitucionais, buscando e estabelecendo parcerias com os entes federados para conduzir ações que visem à ampliação da capacidade de atender às demandas referentes à provisão de bens e serviços públicos essenciais (NARUO, 2003).

Existem inúmeras formas de parcerias que podem ser estabelecidas entre os municípios como, por exemplo, as associações, as agências, os fóruns, as empresas, as autarquias, as redes e as câmaras municipais, e os consórcios intermunicipais.

Esta última se difere das demais, pois se trata de uma forma de cooperação horizontal ou cooperação intermunicipal, na qual os poderes locais discutem seus problemas em conjunto, racionalizando, assim, a gestão de bens e serviços. Segundo Naruo (2003), o consórcio intermunicipal tem sido a forma mais adotada de cooperação intermunicipal e por isso será discutido nesse trabalho.

3.2 Consórcio Intermunicipal

As parcerias públicas na forma de consórcio podem ser firmadas apenas no mesmo nível hierárquico, ou seja, município com município, estado com estado, autarquia com autarquia, sendo que as mais comuns são as parcerias firmadas entre municípios, mesmo sendo previstas por lei todas as possibilidades citadas (NARUO, 2003).

Consórcios intermunicipais são definidos por Vaz (1997) como

[...] entidades que reúnem diversos municípios para a realização de ações conjuntas que se fossem produzidas pelos municípios, individualmente, não atingiriam os mesmos resultados ou utilizariam um volume maior de recursos.

Os consórcios intermunicipais são entidades de personalidade jurídica que muitas vezes assumem a figura de sociedade civil. Essa possui estrutura de gestão autônoma e orçamento próprio, sendo que os recursos podem ser obtidos de receitas próprias ou a partir da contribuição dos municípios integrantes. Os municípios podem dar a mesma contribuição financeira, ou esta pode variar em função da receita municipal, do uso dos bens e serviços do consórcio, ou por qualquer outro critério a ser firmado entre os integrantes do consórcio (VAZ, 1997).

As possibilidades de atuação dos consórcios intermunicipais são muito amplas, e podem ser feitas desde ações pontuais até programas de longo prazo que exercem maior influência no futuro dos municípios, pois aumenta a capacidade de atendimento às necessidades dos cidadãos bem como o poder de diálogo das prefeituras junto aos governos estadual e federal (VAZ, 1997).

Como exemplo, é possível citar a parceria firmada para a execução de serviços públicos e obras urbanas, na qual se pode amortizar os custos fixos e os investimentos sobre uma base maior de usuários, reduzindo o custo unitário da produção e distribuição dos bens e serviços (VAZ, 1997).

No estudo realizado por Balke e Voight (2011) se afirma que o conceito de operações regionais na área de transportes é relativamente novo e envolve realocar recursos, processos e procedimentos de uma perspectiva individual de gerenciamento para uma perspectiva

regional, apesar dos direitos e obrigações individuais de cada município membro. Esse mesmo estudo também afirma que, em uma época de orçamentos restritos e recursos, às vezes, insuficientes, as parcerias são uma ótima oportunidade para promover melhorias institucionais e de recursos, talentos, equipamentos e instalações.

A gestão dos consórcios intermunicipais é feita por um Conselho de Administração, composto pelos prefeitos dos municípios integrantes, além de representantes do legislativo municipal e representantes da sociedade civil. Dependendo dos estatutos do conselho, as decisões podem ser tomadas pela maioria, maioria absoluta, maioria qualificada ou unanimidade. Em algumas situações, um município pode ter poder de veto sobre outros, principalmente quando houver um município de maior porte que os demais, ou um município que exerça papel central nas atividades realizadas pelo consórcio (VAZ, 1997).

A gestão operacional do consórcio, na maioria dos casos, exige uma estrutura própria, com um quadro de pessoal próprio ou utilizando servidores cedidos pelas prefeituras integrantes, os quais podem atuar em tempo integral ou parcial. É conveniente, no entanto, dispor de uma equipe técnica própria e de caráter permanente, para que se forme uma equipe especializada com profundo conhecimento da problemática regional (VAZ, 1997).

Além disso, para se instituir um bom consórcio intermunicipal, segundo Balke e Voight (2011) é preciso que as partes integrantes:

- estabeleçam os resultados desejados para as atividades ou serviços desenvolvidos através de metas determinadas no planejamento regional;
- implementem equipamentos, tecnologias, infraestrutura, recursos humanos e/ou sistemas necessários para alcançar os objetivos estabelecidos;
- utilizem ferramentas para a mensuração e monitoramento do desempenho para desenvolver procedimentos e avaliar sua eficiência;
- desenvolvam mecanismos de proteção dos recursos, tanto humanos quanto financeiros e materiais.

A criação de consórcios intermunicipais, segundo Vaz (1997) pode produzir resultados positivos de cinco tipos:

- aumento da capacidade de realização: os governos municipais podem ampliar o atendimento aos cidadãos e o alcance das políticas públicas por conta da disponibilidade maior de recursos e do apoio dos demais municípios;
- maior eficiência do uso dos recursos públicos: o volume de recursos aplicados como investimento e os custos de sua utilização são menores que a soma dos

recursos que seriam necessários a cada um dos municípios para produzir os mesmos resultados;

- realização de ações inacessíveis a uma única prefeitura: pode-se citar a aquisição de equipamentos de alto custo, políticas públicas de âmbito regional para o desenvolvimento econômico local;
- aumento no poder de diálogo, pressão e negociação: a articulação de um consórcio intermunicipal pode criar melhores condições de negociação entre as prefeituras e os governos estadual e federal, além de empresas ou agências estatais, fortalecendo a autonomia municipal;
- aumento da publicidade das decisões públicas: como as decisões tomadas pelos consórcios são em âmbito regional, naturalmente, elas se tornam mais visíveis. Com isso, abre-se espaço para uma maior fiscalização da sociedade sobre a ação dos governos.

3.3 Formas de estrutura organizacional de consórcios intermunicipais

É importante ressaltar que, para o sucesso de um sistema consorciado, é necessário realizar um estudo técnico específico para definir qual tipo de estrutura organizacional deve ser utilizada em cada caso e que seja criada legislação específica que ampare as operações do sistema levando em consideração que o bem comum está acima de interesses políticos unilaterais (NARUO, 2003).

Balke e Voight (2011) afirmam que não existe uma única melhor forma de estrutura organizacional de parceria, porém uma característica comum em todas é o compromisso das partes envolvidas em resolver os problemas cooperativamente.

Na sequência, estão relacionadas algumas formas de estrutura organizacional de parcerias aplicadas ao desenvolvimento de consórcios intermunicipais que visam à melhoria dos serviços de sinalização nos Estados Unidos (Balke e Voight, 2011).

- Colaboração local – serve apenas como fonte de financiamento para o desenvolvimento regional das operações referentes à sinalização;

- Conselho regional de operações – o CIM é apenas responsável por contratar um consultor para o desenvolvimento regional das operações referentes à sinalização;
- Controle compartilhado – similar ao conceito anterior, porém o CIM também é responsável pela implementação dos planos de desenvolvimento regional das operações referentes à sinalização;
- Monitoramento coordenado regional – similar ao conceito anterior, porém o CIM também é responsável pelo monitoramento em tempo real das operações referentes à sinalização;
- Controle regional completo – o CIM consolida algumas, ou todas, as funções de operação e manutenção da sinalização.

Nos Estados Unidos, as parcerias intermunicipais existem desde a década de 1980, porém esse conceito vem ganhando mais força ultimamente em virtude dos esforços dos governos locais para reduzirem os problemas causados pelo aumento da frota de veículos e congestionamentos fazendo uso de recursos cada vez mais limitados (Balke e Voight, 2011).

Dentre as diversas formas de estrutura organizacional, são citados 17 exemplos de parcerias intermunicipais aplicadas às operações de sinalização urbana que se disseminaram por todo o território norte-americano situando-se nos estados da Califórnia, Washington, Nevada, Dakota do Norte, Michigan, Pensilvânia, Colorado, Arizona, Nova York, Missouri e Texas (Balke e Voight, 2011).

4 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E LOGÍSTICA

4.1 Introdução

Na Antiguidade, devido à falta de um sistema de movimentação e armazenagem, as mercadorias que as pessoas consumiam não eram produzidas ou não estavam disponíveis onde e quando as pessoas desejavam. Isso fez com que as pessoas vivessem perto dos centros de produção e consumissem uma pequena variedade de mercadorias (BALLOU, 2001).

Segundo o mesmo autor, quando o sistema logístico se desenvolveu, os centros de produção e de consumo começaram a distanciar-se geograficamente. Cada região se especializou na produção de mercadorias que pudessem ser produzidas com maior eficiência, assim, o excesso de produção poderia ser enviado para outras regiões consumidoras.

Os autores Ballou (2001) e Rogers & Tibben-Lembke (1998), citam que o *US Council of Logistics Management* - CLM (cuja tradução livre é Conselho de Administração Logística dos Estados Unidos da América) define logística como sendo

[...] o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes.

Porém, Ballou (2001) ainda conclui que a definição do CLM parece estender aos profissionais de logística a responsabilidade dos detalhes do processo produtivo e por focar a movimentação de bens, exclui a produção de serviços. Por isso, o autor destaca que “a missão da logística é dispor a mercadoria ou o serviço certo e nas condições adequadas, ao mesmo tempo em que fornece a maior contribuição à empresa”.

A logística empresarial, afirma Ballou (1993), estuda como melhorar o nível de rentabilidade na distribuição de bens e serviços aos clientes e consumidores através de técnicas administrativas. O conceito logístico de agrupar atividades relacionadas com o fluxo

de bens e serviços é uma evolução do pensamento administrativo e é possível conseguir ganhos substanciais nos custos através da coordenação cuidadosa dessas atividades.

A relevância da logística está associada diretamente aos custos de suas atividades. Um sistema logístico eficiente permite que os custos logísticos e de produção e a qualidade do produto ou serviço sejam competitivos com aqueles de quaisquer outras regiões. Isso faz com que os custos logísticos sejam um ponto extremamente importante para estimular o comércio (BALLOU, 1993).

Porém, para que um sistema logístico seja eficiente, é necessário que haja planejamento, organização e controle das atividades. Segundo Ballou (2001), o planejamento é a atividade que mais demanda tempo dos gestores de uma empresa e é necessário ter a visão da empresa, os princípios para alcançá-los e as ferramentas adequadas para a escolha de ações alternativas (BALLOU, 2001).

Um ponto interessante é que os conceitos apresentados sobre logística empresarial não se aplicam apenas ao setor industrial e de comércio, mas também à administração pública, tendo em vista que o governo lida com questões de planejamento, organização e controle, e necessita gerir de maneira eficaz para um melhor aproveitamento dos recursos públicos.

Na gestão logística, o planejamento tem como base um triângulo primário de decisões de localização, estoque e transportes. Os resultados destas decisões são chamados de nível de serviço ao cliente, conforme mostra a Figura 4.1.

Figura 4.1 – Triângulo do planejamento logístico. (Fonte: Ballou, 2001, p. 34)

As decisões de estoque devem ser definidas antes da localização das instalações, pois é necessário que seja analisada a capacidade das instalações para que seja verificada a quantidade de instalações necessárias para atender à demanda dos bens e serviços.

A palavra *capacidade* significa “poder de produção, de execução” e, para Arnold (2009), a definição de capacidade é o volume de trabalho que pode ser feito num período específico de tempo; assim, a *capacidade* é uma taxa de se produzir trabalho e não a quantidade de trabalho feito.

É importante definir três conceitos referentes à capacidade, segundo Arnold (2009):

- capacidade disponível, que é a capacidade de um sistema de fornecer um resultado em um período de tempo;
- capacidade exigida, que é a capacidade necessária a um sistema para fornecer o resultado desejado em um período de tempo; e
- carga, que é a soma dos trabalhos atribuídos a uma empresa em um período de tempo.

O autor ainda afirma que “a administração da capacidade é responsável pela determinação da capacidade necessária para a realização de planos de prioridade [...] fornecimento, monitoração e controle [...] de modo que o plano possa ser realizado”.

As decisões de localização das instalações em um sistema logístico são um item muito importante, pois definem as alternativas que podem ser usadas na operação do sistema. É esse item, então, que dá forma, estrutura e conformidade a todo o sistema, segundo Ballou (2001).

O planejamento deve ter como objetivo a formação da rede logística com uma configuração que minimize os custos totais anuais, e que seja sujeita a um nível de serviço pré-determinado, afirma Wanke (2001).

Ballou (2001) declara que existem fatores a serem considerados para a escolha da localização das instalações como a criticidade de fatores, o número de instalações, agregação de dados e horizonte de tempo.

Com relação ao número de instalações, Wanke (2001) afirma que a localização de uma instalação é consideravelmente diferente que localizar várias instalações, tendo em vista que evita a consideração da competição de demanda entre instalações.

As decisões de transporte estão ligadas à distribuição dos bens e serviços. Segundo Ballou (2001) os custos de transporte variam entre um terço e dois terços do custo logístico total. Assim, a redução do custo dos transportes e melhoria dos trajetos de distribuição podem impactar positivamente a gestão logística.

Porém, essa não é uma tarefa fácil e torna-se um problema frequente de decisão, visto que existe uma variedade de características a serem consideradas nos problemas de roteirização.

Além disso, existem vários casos clássicos de roteirização pura, como por exemplo, caixeiro viajante, carteiro chinês e suas variações. Outros problemas de roteirização ainda trazem restrições quanto ao tempo de atendimento ao cliente, tamanho de rota, quantidade de depósitos, entre outras, que devem ser consideradas na elaboração das rotas viáveis e de menor custo.

Neste contexto, este estudo logístico em nível estratégico de planejamento utiliza-se de uma ferramenta SIG (Sistema de Informação Geográfica), que inclui aspectos de localização de instalações, roteirização e banco de dados. Essa ferramenta é complementada com análise comparativa dos custos totais que servirão como instrumento de apoio à tomada de decisão para o gerenciamento integrado da manutenção da sinalização urbana em municípios de pequeno porte.

4.2 SIG aplicado à logística

Segundo Naruo (2003), o SIG é comumente confundido com a ferramenta computacional, e já que sua evolução aconteceu junto com a evolução dos computadores, é bem compreensível que o enfoque seja dado ao *software*.

ESRI (2009), empresa cujo nome inglês é *Environmental Systems Research Institute*, em seu portal de informação da internet, afirma que dentro de um *software* SIG, cada conjunto de dados tem um sistema de coordenadas, que é usado para integrá-lo com outras camadas (ou *layers*) de dados geográficos dentro de um quadro de coordenadas comuns, como um mapa. Os sistemas de coordenadas permitem integrar conjuntos de dados dentro de mapas, bem como executar várias operações analíticas integradas, como a sobreposição de camadas de dados de diferentes fontes e usos, conforme Figura 4.2.

Figura 4.2 – Dados armazenados em camadas (*layers*). (Fonte: Adaptado de ESRI (2009))

As técnicas essenciais para se trabalhar com um programa SIG, segundo Naruo (2003) são:

- Aquisição de dados: identificação e coleta de dados;
- Pré-processamento: tratamento das informações para a inclusão no SIG;
- Gerenciamento de dados: funções de gerenciamento para a criação e acesso à base de dados (por exemplo: entrada, atualização, exclusão e recuperação de informações);
- Tratamento e análise: operações analíticas do conteúdo da base de dados;
- Geração de produtos: resultados em forma de mapas temáticos, relatórios estatísticos e gráficos.

Birkin et al. (1996) afirmam que é possível obter uma ferramenta eficiente de análise através da integração entre um *software* SIG e métodos baseados em modelos matemáticos. Assim, com a calibração dos modelos e com saídas do *software* SIG mais informativas, os planejadores e tomadores de decisão podem explorar os possíveis cenários, antecipando as consequências antes mesmo da execução da ação.

A aplicação de SIG surgiu nos estudos ambientais e urbanos, porém esse tipo de sistema começou a ser utilizado nas áreas de energia, água, esgoto, saúde, estudos populacionais, marketing e logística (NAZÁRIO, 1998).

Na área de logística, as principais aplicações são no apoio ao *marketing*, localização de instalações, roteirização e análises de sistemas logísticos e o uso de SDSS (*Spatial Decision Support Systems*), que são sistemas de apoio à decisão utilizando dados espaciais e a conjunção de sistemas SIG, afirma Nazário (1998).

A implementação de um sistema SIG em uma organização pode ser feita através de uma empresa terceirizada especializada em um determinado serviço ou através da compra de um *software* e base de dados e da capacitação de profissionais (NAZÁRIO, 1998).

4.3 Localização das instalações

O TransCAD, segundo a Caliper (1996), resolve muitos tipos diferentes de problemas de localização de instalações. Seus modelos são utilizados para identificar a melhor localização que promova o mais alto nível de serviço, minimize os custos, ou maximize o lucro. Suas aplicações servem tanto o setor privado quanto público.

Caliper (1996), afirma que, quando se usa o modelo de localização de instalações para adicionar um número fixo de instalações, o algoritmo trabalha em dois estágios:

- Identifica o conjunto inicial de instalações usando a heurística gulosa (*greedy heuristic*). A heurística gulosa escolhe a próxima melhor instalação através da avaliação de todos os candidatos e selecionando o que melhor atinge os objetivos desejados.
- Busca melhorar o conjunto inicial de instalações trocando os candidatos com instalações escolhidas em uma base emparelhada até que nenhuma melhoria possa mais ser feita.

Quando se usa o modelo de localização de instalações para determinar a quantidade de instalações a serem adicionadas, o algoritmo trabalha em três estágios:

- Determina se é necessário adicionar uma nova instalação usando a heurística gulosa. Se nenhuma instalação é adicionada, o algoritmo para.

- Busca melhorar o conjunto atual de instalações trocando os candidatos com instalações escolhidas em uma base emparelhada até que nenhuma melhoria possa mais ser feita.
- Retorna ao primeiro item e busca adicionar uma nova instalação.

A localização de instalações que maximize o lucro é outra forma de localização de instalações que também pode ser encontrada no tutorial do programa.

Tiago (2002) afirma que o TransCAD, para desempenhar a heurística, faz uso de três algoritmos: problema das p -medianas, problema do p -centro e problema da localização de instalações não-capacitadas.

O problema do p -medianas é um problema cujo espaço de soluções é formado pelos pontos de uma rede e consiste em localizar um número especificado de instalações minimizando as distâncias ponderadas entre as instalações e os demais pontos da rede (TIAGO, 2002).

O problema do p -centro é um problema de soluções infinitas e é utilizado para determinar a localização ótima de uma instalação minimizando as distâncias ponderadas entre a instalação e os demais pontos da rede, sendo que os pesos dos pontos da rede dependem de sua aplicação e podem ser, por exemplo, a população de um município, a volume de carga, etc. (TIAGO, 2002).

O problema da localização de instalações não-capacitadas considera que as instalações podem suprir qualquer número de clientes e seleciona locais de maneira a minimizar o custo para suprir as demandas. Esse problema tem recebido grande atenção devido à sua praticidade operacional e teórica (TIAGO, 2002).

4.4 Roteirização de veículos

Conforme Caliper (1996), seu algoritmo é baseado no algoritmo de Clarke e Wright (1964), que segundo os autores foi desenvolvido para uso computacional, porém também é adequado para cálculos manuais.

Clarke e Wright (1964) afirmam que o número de possíveis rotas aumenta se o número de pontos de entrega também aumenta, porém seu método possibilita uma rápida escolha da rota ótima ou da melhor rota.

Em um cenário em que os veículos da frota partem de um depósito central, percorrem todos os pontos de entrega e retornam ao depósito central, os autores consideram o conceito de “ganho” ao ligar dois pontos de entrega em uma mesma rota.

Na elaboração de um roteiro, para escolher dois pontos de entrega i e j , busca-se selecionar o par com maior valor do ganho de tempo $T_{i,j}$, levando-se em consideração a distância d . Existem casos em que a combinação dos pontos de entrega ultrapassa as restrições de tempo, capacidade do veículo, etc, portanto essa rota passa a ser não executável.

O método, então, é descrito a seguir (RIBEIRO; RUIZ; DEXHEIMER, 2001):

- Calcular os ganhos $e_{i,j}$ para todos os pares i, j ($i \neq j$, $i \neq d$ e $j \neq d$);
- Ordenar os pares i, j na ordem decrescente dos valores do ganho $T_{i,j}$;
- Começar pelo par i, j com maior ganho $T_{i,j}$ e proceder na sequência obtida no segundo item;
- Para um par de nós i, j , correspondente ao $K^{\text{ésimo}}$ elemento da sequência do segundo item verificar se i e j estão ou não incluídos em um roteiro já existente:
 - Se i e j não foram incluídos em nenhum dos roteiros já abertos, então criar um novo roteiro com os nós i e j ;
 - Se exatamente um dos pontos i ou j já pertence a um roteiro pré-estabelecido, verificar se esse ponto é o primeiro ou último do roteiro (adjacente ao nó d , depósito). Se isso ocorrer, acrescentar o arco i, j a esse roteiro. Caso contrário, passar para a etapa seguinte, saltando o par i, j ;
 - Se ambos os nós i e j já pertencem a dois roteiros pré-estabelecidos (roteiros diferentes), verificar se ambos são extremos dos respectivos roteiros (adjacente ao nó do depósito). Se isso ocorrer, acrescentar o arco i, j a esse roteiro. Caso contrário, passar para a etapa seguinte, saltando o par i, j ;
 - Se ambos os nós i e j pertencem a um mesmo roteiro, pular para a etapa seguinte;
- Continuar o processo até que a lista completa de “ganhos” seja exaurida. Se sobrar algum ponto não incluído, em nenhum roteiro, deverão ser formados roteiros individualizados, ligando o depósito a cada ponto e retornando à base.

5 PROPOSTA DE CIM

5.1 Estudo de caso

Neste trabalho é aplicada uma sequência de passos que auxilia na tomada de decisão relacionada a sistemas consorciados para a manutenção da sinalização urbana.

O ambiente de desenvolvimento é uma plataforma SIG, que tem como ferramenta o *software* TransCAD[®], da empresa Caliper. A utilização deste programa computacional é voltada para elaboração de modelos de planejamento, em particular aqueles associados aos sistemas de transporte, como por exemplo, modelos de localização de instalações, roteirização de veículos, entre outros.

Os dados de entrada do TransCAD[®] referentes à rede urbana são definidos no Google Earth[®] e exportados para uma plataforma de desenho assistido por computador, o AutoCAD[®]. O tratamento das informações resultantes do procedimento descrito nos itens subsequentes é feito com o auxílio de planilhas do Microsoft Excel[®].

5.2 Estrutura, equipe, equipamento e capacidade

A estrutura do sistema consorciado proposta nesta pesquisa segue o modelo de Controle Regional Completo (Figura 5.1) no qual o CIM consolida as funções de operação e manutenção da sinalização. Nessa estrutura, as prefeituras das cidades constituintes do CIM elaboram, em conjunto, as políticas de operação da central de atendimento.

As políticas de operação devem conter o planejamento das atividades de acordo com a prioridade de atendimento e seus devidos cronogramas. As prefeituras fiscalizam, cada qual dentro de sua jurisdição, se o serviço está sendo realizado pela central de atendimento, conforme as diretrizes do CIM.

Os custos totais das operações de manutenção da sinalização são rateados entre as prefeituras constituintes de acordo com o nível de participação de cada município no CIM, ou seja, quanto maior a demanda de serviços de manutenção, maior a contribuição do município.

Figura 5.1 – Estrutura proposta para o CIM.

Neste trabalho de pesquisa, a central de atendimento é formada por duas equipes de características diferentes, (1) para o atendimento da demanda da sinalização horizontal, que pode ser vista na Tabela 5.1 e (2) para o atendimento da demanda da sinalização vertical, que pode ser vista na Tabela 5.2, as mesmas utilizadas pelo DNIT (2012) no sistema de custos unitário de referência para serviços de manutenção da sinalização rodoviária devido à falta de referências para serviços de manutenção da sinalização urbana.

Tabela 5.1 – Equipe de pintura.

Equipe	Quantidade
Operador de equipamento especial	1
Pré-marcador	1
Encarregado de turma	1
Servente	7

Fonte: DNIT (2012)

Tabela 5.2 – Equipe de implantação de placas.

Equipe	Quantidade
Encarregado de turma	1
Servente	3

Fonte: DNIT (2012)

Os equipamentos utilizados por cada equipe também são considerados os mesmos utilizados pelo DNIT (2012) no sistema de custos unitário de referência e são informados nas Tabela 5.3 e Tabela 5.4:

Tabela 5.3 – Equipamentos da equipe de pintura.

Equipamento	Quantidade
Caminhão carroceria 4 t	1
Veículo leve – <i>pick-up</i> (4 x 4)	2
Máquina de pintura autopropropulsão	1

Fonte: DNIT (2012)

Tabela 5.4 – Equipamentos da equipe de implantação de placas.

Equipamento	Quantidade
Caminhão carroceria 4 t	1

Fonte: DNIT (2012)

A capacidade das duas equipes é considerada como sendo a quantidade de dias úteis trabalhados em um determinado período. Portanto, levando-se em consideração que um ano tem, em média, 250 dias úteis, a capacidade das equipes para o período estudado de 10 anos é 2500 dias úteis de trabalho.

Os horários de abertura e fechamento da central de atendimento foram adotados como 08:00 e 17:00, respectivamente, considerando carga diária de trabalho de 8 horas e pausa de 1 hora para almoço. Porém, por simplificação, no *software*, o horário da janela de trabalho é adotado como sendo das 08:00 às 16:00.

5.3 Região estudada

Com base no estudo de Naruo (2003) realizado na APA do Corumbataí, este trabalho, a princípio, seria realizado apenas nessa região. Porém, em uma breve análise posterior à escolha da região da APA do Corumbataí foi constatado ser importante considerar a relação socioeconômica das cidades entre si, além do fato das mesmas fazerem parte de uma área de proteção ambiental.

O estudo das regiões de influência do IBGE (2008) visa identificar essa relação socioeconômica e os centros polarizadores da rede urbana, a dimensão da área que estes influenciam e os fluxos que se estabelecem.

Através desse estudo, foi possível identificar que a região de influência da maioria das cidades da APA do Corumbataí pertencia ao município de Jaú: Brotas, Dois Córregos, Mineiros do Tietê, Torrinha e Barra Bonita. Por isso, foram incluídas as demais cidades da região de influência de Jaú: Bariri, Bocaina, Boracéia, Itapuí, Pederneiras e o polo da região, Jaú, totalizando 18 cidades.

A região escolhida é constituída por 17 cidades com menos de 50.000 habitantes e um município de médio porte com mais de 100.000 habitantes, como mostra a Tabela 5.5. Nesta mesma tabela, é possível verificar que, entre as 18 cidades, apenas 4 possuem departamento próprio para a gestão do trânsito (DET), sendo que as demais utilizam os departamentos de Obras, Urbanismo e Serviços Públicos (Outro) para a execução de serviços voltados à sinalização urbana.

Em função de restrições de recursos, o estado de conservação da sinalização urbana dos municípios analisados nesta pesquisa não foi avaliado em campo. Porém, através das imagens de satélite disponíveis no Google Earth[®] (GE), pode-se avaliar a necessidade de manutenção e implantação de sinalização urbana vertical e horizontal nos municípios.

A malha viária urbana de cada cidade e as rodovias que as conectam são obtidas através das ferramentas de delineamento de traçados no GE, conforme ilustrado na Figura 5.2. As ferramentas de traçado do GE são bem simples e permitem apenas o traçado de percursos lineares (segmentos de retas).

Tabela 5.5 – Características das cidades da região estudada.

Item	Cidades	População (2010)	Área territorial (km ²)	Frota Total (2010)	DET	Outro
1	Corumbataí	3.874	278,622	1.857	-	Sim
2	Boracéia	4.268	122,110	1.897	-	Sim
3	Analândia	4.293	326,281	1.558	-	Sim
4	Santa Maria da Serra	5.413	257,188	2.379	-	Sim
5	Ipeúna	6.016	190,010	2.502	-	Sim
6	Torrinha	9.330	310,699	4.985	-	Sim
7	Bocaina	10.859	363,927	4.994	-	Sim
8	Mineiros do Tietê	12.038	213,243	4.425	Sim	-
9	Itapuí	12.173	140,799	4.611	-	-
10	Charqueada	15.085	175,843	6.515	-	Sim
11	Itirapina	15.524	564,183	5.441	-	Sim
12	Brotas	21.580	1.101,385	10.282	-	Sim
13	Dois Córregos	24.761	632,973	11.431	-	Sim
14	Bariri	31.593	444,069	17.410	-	Sim
15	São Pedro	31.662	610,997	16.431	Sim	-
16	Barra Bonita	35.246	149,906	22.094	Sim	-
17	Pederneiras	41.497	729,001	20.759	-	Sim
18	Jaú	131.040	685,762	77.898	Sim	-

Fonte: IBGE (2011)

Figura 5.2 – Definição da rede urbana.

Os arquivos criados no GE não são compatíveis com o TransCAD 4.5, por essa razão é necessária a conversão da extensão dos arquivos. É preciso utilizar um aplicativo disponível na internet e de uso livre, chamado ExpGE (EXPGE, 2008), para abrir os arquivos no AutoCAD.

No AutoCAD, todos os arquivos são unidos em um único *layer* (camada) e salvos como um único arquivo de extensão compatível com o TransCAD. Caso se faça necessário, nessa etapa podem ser efetuadas correções, como por exemplo, ajustar as circunferências que representam as rotatórias com a ferramenta de desenho circular.

O arquivo resultante (Figura 5.3) é aberto e georreferenciado no TransCAD, as interseções (pontos) existentes em uma via contínua são suprimidas e aquelas que definem os cruzamentos são mantidas ou criadas, caso não existam, utilizando as ferramentas de edição de mapas.

Figura 5.3 – Mapa da rede.

Utilizando as ferramentas de seleção do TransCAD, a malha viária é selecionada e classificada como “urbana” ou “rodoviária” para atribuição das velocidades e o cálculo do tempo necessário para percorrer cada arco (via) da rede.

As velocidades da malha urbana e rodoviária são definidas de acordo com as normas gerais de circulação e conduta do Código de Trânsito Brasileiro, sendo 80 km/h para as rodovias e 30 km/h para as vias locais (CTB, 2014).

Assim é feito, então, o cálculo do tempo necessário para percorrer cada arco da rede (rodovia e vias locais) através do comando de fórmulas do TransCAD, conforme equação 1:

$$Time = \frac{60 \cdot Length}{Speed} \quad (1)$$

em que *Time* é tempo em minutos, *Length* é o comprimento do arco (km) e *Speed* é a velocidade (km/h).

Os valores resultantes para cada arco foram utilizados para a roteirização dos veículos no TransCAD.

5.4 Obtenção de dados para a estimativa da demanda

5.4.1 Demanda da sinalização horizontal

Antes de se realizar o cálculo da demanda da sinalização horizontal, admitiu-se que as vias urbanas das cidades eram de mão dupla e compostas por vias arteriais, coletoras e locais, conforme a Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Características das vias urbanas.

Tipo de via	Quantidade de faixas de rodagem (3,5 m)	Quantidade de faixas de estacionamento (2,5 m)	Largura total da via (m)
Arterial	4	2	19,0 m
Coletora	2	2	12,0 m
Local	2	1	9,5 m

O cálculo da demanda da sinalização horizontal por tipo de pintura de sinalização é feito seguindo as instruções do MBST. Para a faixa de travessia de pedestres (FTP) é considerada a largura mínima das faixas (0,30 m), espaçamento de 0,40 m e comprimento de 3,00 m. Para a linha de retenção (LRE) também é considerada a largura mínima (0,30 m) e comprimento igual à metade da largura total da via. Para a legenda “PARE” a altura das letras é considerada a altura de 1,60 m, indicada para vias com velocidade permitida de até 80 km/h. O resumo dos valores obtidos é visto na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Demanda unitária por tipo de sinalização e via.

Tipo de sinalização	Via arterial	Via coletora	Via local
FTP	24,30 m ²	15,30 m ²	12,60 m ²
LRE	2,85 m ²	1,80 m ²	1,50 m ²
“PARE”	-	1,31 m ²	1,31 m ²

Posteriormente, cada interseção é classificada através dos comandos de seleção do TransCAD. A classificação das interseções quanto à intensidade de tráfego é feita atribuindo-se níveis (intensidade alta, média ou baixa) por meio de análise qualitativa subjetiva da observação do volume de veículos na via no momento do registro das imagens de satélite visualizadas no GE. As cidades com menos de 50.000 habitantes, porém, foram classificadas apenas com níveis de intensidade de tráfego média e baixa.

Conforme mostrado na Tabela 5.8, nesta pesquisa, admitiu-se que cada interseção é formada por uma via principal e demais vias secundárias obedecendo à hierarquia viária, de acordo com a classificação e número de aproximações:

Tabela 5.8 – Características das interseções por intensidade de tráfego.

Classificação da intensidade de tráfego	Via principal	Demais vias do cruzamento
ALTA	Arterial (19 m de largura)	Coletoras (12 m de largura)
MÉDIA	Coletora (12 m de largura)	Coletoras (12 m de largura)
BAIXA	Coletora (12 m de largura)	Locais (9,5 m de largura)

A demanda da sinalização horizontal é estimada para cada tipo de nó (interseção) de acordo com a quantidade de arcos conectados em cada nó e a intensidade de tráfego conforme mostra a Tabela 5.9.

A frequência da realização do serviço de manutenção da sinalização horizontal estipulada neste trabalho leva em consideração a duração de 1 ano para pintura feita com tinta de base acrílica emulsionada em água (DNIT, 2012) para as vias classificadas com intensidade de tráfego alta. As demais são adotadas estabelecendo que o tempo de duração da pintura seja 2,5 vezes maior para as vias classificadas com intensidade média e o quádruplo do tempo para as vias classificadas com intensidade baixa, ou conforme mostra a Tabela 5.10:

Tabela 5.9 – Demanda da sinalização horizontal por tipo de nó.

Classificação	Arcos por nó	Tipo da via	Qtde FTP	m²	Qtde LRE	m²	Qtde "PARE"	m²	Subtotal (m²)	TOTAL (m²)
ALTA	3	Principal – 19 m	2	24,30	-	-	-	-	48,60	67,01
		Secundária – 12 m	1	15,30	1	1,80	1	1,31	18,41	
ALTA	4	Principal – 19 m	2	24,30	-	-	-	-	48,60	85,42
		Secundária – 12 m	2	15,30	2	1,80	2	1,31	36,82	
ALTA	5	Principal – 19 m	2	24,30	-	-	-	-	48,60	103,83
		Secundária – 12 m	3	15,30	3	1,80	3	1,31	55,23	
MÉDIA	3	12 m	3	15,30	1	1,80	1	1,31	49,01	49,01
MÉDIA	4	12 m	4	15,30	2	1,80	2	1,31	67,42	67,42
MÉDIA	5	12 m	5	15,30	3	1,80	3	1,31	85,83	85,83
MÉDIA	6	12 m	6	15,30	4	1,80	4	1,31	104,24	104,24
BAIXA	3	Principal – 12 m	2	15,30	-	-	-	-	30,60	46,01
		Secundária – 9,5 m	1	12,60	1	1,50	1	1,31	15,41	
BAIXA	4	Principal – 12 m	2	15,30	-	-	-	-	30,60	61,42
		Secundária – 9,5 m	2	12,60	2	1,50	2	1,31	30,82	
BAIXA	5	Principal – 12 m	2	15,30	-	-	-	-	30,60	76,83
		Secundária – 9,5 m	3	12,60	3	1,50	3	1,31	46,23	

Tabela 5.10 – Frequência da manutenção da sinalização horizontal.

Nível de intensidade de tráfego	Frequência da manutenção
ALTA	1 vez por ano
MÉDIA	1 vez a cada 2,5 anos
BAIXA	1 vez a cada 5 anos

A demanda total, em m², da sinalização horizontal estimada para cada cidade é resumida na Tabela 5.11. Esses valores são obtidos multiplicando-se a quantidade necessária

para atender cada interseção pelo número de vezes que essa interseção deverá ser atendida durante o período estudado de 10 anos, conforme frequência de manutenção estipulada para cada tipo de intensidade de tráfego.

Tabela 5.11 – Demanda total da sinalização horizontal

Cidade	Demanda sinalização horizontal (m²)
Analândia	24568,34
Bariri	98027,94
Barra Bonita	146002,86
Bocaina	42474,06
Boracéia	17712,52
Brotas	102092,82
Charqueada	32670,22
Corumbataí	6270,86
Dois Córregos	64059,12
Ipeúna	24802,64
Itapuí	31551,18
Itirapina	18249,34
Jaú	498000,86
Mineiros do Tietê	15977,76
Pederneiras	149067,52
Santa Maria da Serra	17812,68
São Pedro	96210,94
Torrinha	17506,66
Total Geral	1403058,32

5.4.2 Demanda da sinalização vertical

A demanda da sinalização vertical é estimada para cada tipo de nó (interseção) de acordo com a quantidade de arcos conectados em cada nó. A quantidade de placas de sinalização “PARE” é igual à quantidade de pintura de legenda “PARE”, visto que as duas são utilizadas em conjunto, conforme apresentado na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Demanda da sinalização vertical por tipo de nó.

Classificação	Quantidade de arcos/nó	Tipo da via	Qtde "PARE" (un)	TOTAL (un)
ALTA	3	Principal – 19 m	-	1
		Secundária – 12 m	1	
ALTA	4	Principal – 19 m	-	2
		Secundária – 12 m	2	
ALTA	5	Principal – 19 m	-	3
		Secundária – 12 m	3	
MÉDIA	3	12 m	1	1
MÉDIA	4	12 m	2	2
MÉDIA	5	12 m	3	3
MÉDIA	6	12 m	4	4
BAIXA	3	Principal – 12 m	-	1
		Secundária – 9,5 m	1	
BAIXA	4	Principal – 12 m	-	2
		Secundária – 9,5 m	2	
BAIXA	5	Principal – 12 m	-	3
		Secundária – 9,5 m	3	

Quanto ao tempo de vida útil da sinalização vertical, há estudos em andamento que trabalham com uma estimativa de tempo de 5 a 10 anos (UFSM, 2013). É sabido que este tempo pode variar conforme o tipo de material utilizado, condições climáticas, vandalismo, etc. Neste trabalho, a frequência da realização do serviço de manutenção da sinalização vertical foi estipulada em 1 vez a cada 10 anos.

A demanda total, em unidades, da sinalização vertical estimada para cada cidade é resumida na Tabela 5.13. Esses valores são obtidos multiplicando-se a quantidade necessária para atender cada interseção pelo número de vezes que essa interseção deverá ser atendida durante o período estudado de 10 anos, conforme frequência de manutenção estipulada para cada tipo de intensidade de tráfego.

Tabela 5.13 – Demanda total da sinalização vertical.

Cidade	Demanda sinalização vertical (un)
Analândia	216
Bariri	784
Barra Bonita	1116
Bocaina	331
Boracéia	126
Brotas	740
Charqueada	218
Corumbataí	49
Dois Córregos	506
Ipeúna	199
Itapuí	248
Itirapina	197
Jaú	2453
Mineiros do Tietê	191
Pederneiras	1162
Santa Maria da Serra	136
São Pedro	757
Torrinha	214
Total Geral	9643

5.5 Obtenção de dados para a estimativa de tempo de serviço

A Tabela 5.14 mostra a estimativa do tempo de execução do serviço de manutenção de acordo com o tipo de sinalização, os quais são utilizados pelo DNIT (2012) no sistema de custos unitário de referência.

Tabela 5.14 – Tempo unitário de serviço.

Tipo de serviço	Tempo
Pintura (FTP, LRE, “PARE”)	0,30 min/m ²
Remoção, fornecimento e implantação de placas	25 min/un

Fonte: DNIT (2012)

Além disso, foi estipulado, para esse trabalho, um tempo fixo por parada do veículo. Esse tempo abrange os tempos utilizados para manobra, estacionamento dos veículos em operação, preparação dos equipamentos, conforme pode ser visto na Tabela 5.15.

Tabela 5.15 – Tempo fixo de serviço.

Tipo de serviço	Tempo (min)
Pintura de faixa de pedestre e faixa de retenção	20
Remoção, fornecimento e implantação de placa	20

5.6 Obtenção de dados para estimar a quantidade de centros consorciados

O TransCAD possibilita estabelecer a quantidade de instalações necessárias para se atender a determinado número de clientes e determinada demanda pelo comando “*Facility Location*”. Porém, esse comando está relacionado a restrições de distância ou tempo.

Neste caso, onde a restrição é a capacidade da instalação, foi verificada a demanda total, em dias de trabalho, com o auxílio de planilha do Microsoft Excel, somando o tempo total de serviço, em dias, para atender a demanda de cada cidade (que é a demanda total em m^2 multiplicada pelo tempo de serviço em min/ m^2 e dividida pela carga horária diária de trabalho) ao tempo total de parada, em dias (que é o tempo de parada por interseção, em minutos, multiplicado pelo número de interseções de cada cidade), dividido pela carga horária diária de trabalho, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 5.16 – Cálculo para estimativa da quantidade de instalações.

Cidade	Demanda SH (m²)	Tempo de serviço SH (min/m²)	Tempo de serviço SH (dias)	Qtde de interseções	Tempo de parada por nó (min)	Tempo total de parada (dias)	Total (dias)
Analândia	24568,34	0,30	15	211	20,00	9	24
Bariri	98027,94	0,30	61	730	20,00	30	92
Barra Bonita	146002,86	0,30	91	1021	20,00	43	134
Bocaina	42474,06	0,30	27	298	20,00	12	39
Boracéia	17712,52	0,30	11	131	20,00	5	17
Brotas	102092,82	0,30	64	655	20,00	27	91
Charqueada	32670,22	0,30	20	241	20,00	10	30
Corumbataí	6270,86	0,30	4	46	20,00	2	6
Dois Córregos	64059,12	0,30	40	508	20,00	21	61
Ipeúna	24802,64	0,30	16	175	20,00	7	23
Itapuí	31551,18	0,30	20	289	20,00	12	32
Itirapina	18249,34	0,30	11	237	20,00	10	21
Jaú	498000,86	0,30	311	2669	20,00	111	422
Mineiros do Tietê	15977,76	0,30	10	230	20,00	10	20
Pederneiras	149067,52	0,30	93	1048	20,00	44	137
Santa Maria da Serra	17812,68	0,30	11	126	20,00	5	16
São Pedro	96210,94	0,30	60	893	20,00	37	97
Torrinha	17506,66	0,30	11	240	20,00	10	21
TOTAL	1403058,32		876,91			406	1283

A demanda total estimada de 1283 dias é apenas 51% do total da capacidade da instalação de 2500 dias de trabalho. Sendo assim, foi considerada necessária apenas 1 instalação para atender à demanda das 18 cidades do estudo.

Para determinar a melhor localização da instalação visando minimizar a distância percorrida, ou seja, o custo do transporte, foi utilizado o comando “*Facility Location*” do TransCAD. Todas as cidades foram consideradas candidatas, porém a demanda total de cada cidade foi utilizada como peso de escolha da localização, sendo indicada pelo programa, então, a cidade de Jaú, conforme a Figura 5.4.

Figura 5.4 – Cidade sede do CIM.

5.7 Roteirização do serviço de manutenção da sinalização

A roteirização do trabalho realizado pelo CIM e a roteirização do trabalho realizado por cada centro municipal de manutenção (CMM) de forma independente, é feita do mesmo modo no TransCAD utilizado o comando *Routing/Logistics > Vehicle Routing*:

O início das rotas do CIM se dá no centro geográfico da cidade de Jaú e o início das rotas dos CMM se dá no centro geográfico de cada cidade. Os veículos, no final do expediente de trabalho, devem sempre retornar ao ponto inicial da rota.

Nos dois cenários, para o serviço de manutenção da sinalização horizontal, é feita uma roteirização para atendimento de cada tipo de classificação de intensidade de tráfego (alta, média ou baixa) por cidade, já que cada tipo de classificação tem uma frequência de atendimento diferente. Para o serviço de manutenção da sinalização vertical, é feita uma roteirização para atendimento por cidade, também nos dois cenários.

O resultado da roteirização é demonstrado em relatórios de rota em arquivo *.html* ou em gráficos de rota exibidos sobre a rede em questão. Neste trabalho, são utilizados os relatórios de rota, pois a rede utilizada neste estudo é muito grande e, conseqüentemente, o número de rotas também. Assim, os relatórios se mostram mais apropriados à aplicação neste estudo pela forma proposta, já que é possível verificar a quantidade de rotas, ou seja, dias trabalhados para atender à demanda em cada cenário.

A quantidade de rotas, ou seja, dias trabalhados para atender à demanda do serviço é multiplicada pela frequência de atendimento no período estudado (10 anos) para se obter a quantidade total de dias necessários para atender à demanda de cada cidade nas duas situações sugeridas.

Route 1				
Total Time	7:28			
Capacity	200000.0			
Vehicle Type	1			
Total Distance	86.6			
Depart Load	521.7			
No.	Name	Arrival	Depart	Distance
	Jau		8:00am	
1	Boraceia	8:43am	9:17am	42.4
2	Boraceia	9:18am	9:52am	0.3
3	Boraceia	9:53am	10:27am	0.4
4	Boraceia	10:27am	11:05am	0.1
5	Boraceia	11:06am	11:44am	0.2
6	Boraceia	11:45am	12:23pm	0.1
7	Boraceia	12:23pm	1:02pm	0.1
8	Boraceia	1:02pm	1:36pm	0.1
9	Boraceia	1:36pm	2:10pm	0.1
10	Boraceia	2:10pm	2:44pm	0.0
	END Jau	3:28pm		42.9
Total				86.6
				521.7
Route 2				
Total Time	5:21			
Capacity	200000.0			
Vehicle Type	1			
Total Distance	86.2			
Depart Load	368.5			
No.	Name	Arrival	Depart	Distance
	Jau		8:00am	
1	Boraceia	8:44am	9:22am	42.7
2	Boraceia	9:23am	10:01am	0.1
3	Boraceia	10:01am	10:40am	0.1
4	Boraceia	10:40am	11:18am	0.0
5	Boraceia	11:19am	11:58am	0.3
6	Boraceia	11:58am	12:36pm	0.0
	END Jau	1:21pm		42.9
Total				86.2
				368.5

Figura 5.5 – Exemplo de relatório de roteirização.

No exemplo da Figura 5.5, a roteirização feita para o atendimento do serviço de manutenção da sinalização horizontal classificada como intensidade de tráfego baixa, na cidade de Boracéia, através do CIM, mostra que são necessárias duas rotas, ou seja, dois dias de trabalho. A frequência de atendimento (1 vez a cada 5 anos para as interseções classificadas como intensidade de tráfego baixa) indica que essas rotas deverão ser feitas 2 vezes no período de 10 anos. Assim, a cidade de Boracéia utiliza 4 dias de trabalho do CIM para o atendimento de sua demanda total de serviço de manutenção da sinalização horizontal classificada como intensidade de tráfego baixa.

A Tabela 5.17 mostra a quantidade total de dias de trabalho para atender à manutenção da sinalização horizontal e vertical de cada cidade nos dois cenários propostos. Esses valores são utilizados para se calcular o custo total, em cada situação, possibilitando a análise comparativa dos custos que serão tratados posteriormente.

Tabela 5.17 – Dias de trabalho utilizados por cidade nos dois cenários.

Cidade	Dias de trabalho sinalização horizontal CIM	Dias de trabalho sinalização horizontal CMM	Dias de trabalho sinalização vertical CIM	Dias de trabalho sinalização vertical CMM
Analândia	68	40	37	20
Bariri	168	146	83	72
Barra Bonita	238	218	109	102
Bocaina	72	66	33	31
Boracéia	32	28	14	12
Brotas	168	132	76	61
Charqueada	90	50	38	21
Corumbataí	20	10	9	5
Dois Córregos	112	96	54	47
Ipeúna	74	40	36	18
Itapuí	54	50	25	23
Itirapina	48	30	27	18
Jaú	694	694	227	227
Mineiros do Tietê	26	24	18	17
Pederneiras	248	224	117	107
Santa Maria da Serra	38	30	16	13
São Pedro	234	144	115	71
Torrinha	34	26	23	19
TOTAL	2418	-	1057	-

O cálculo da quantidade de dias improdutivos, ou seja, dias em que os equipamentos da operação ficam ociosos, foi elaborado de duas maneiras diferentes, uma para cada cenário: (1) no cenário em que as cidades utilizam o CIM, para que o custo diário improdutivo dos equipamentos fosse rateado entre as cidades, a quantidade de dias improdutivos foi rateada de acordo com a porcentagem de utilização do consórcio por cada cidade; (2) no cenário em que as cidades utilizam os CMM, a quantidade de dias improdutivos foi calculada subtraindo a quantidade total de dias trabalhados do total de 2500 dias úteis de trabalho, que é a capacidade das equipes para o período de 10 anos. O resultado pode ser visto na Tabela 5.18.

Tabela 5.18 – Quantidade de dias improdutivos.

Cidade	Dias improdutivos sinalização horizontal CIM	Dias improdutivos sinalização horizontal CMM	Dias improdutivos sinalização vertical CIM	Dias improdutivos sinalização vertical CMM
Analândia	2,30	2460	50,50	2480
Bariri	5,70	2354	113,30	2428
Barra Bonita	8,07	2282	148,80	2398
Bocaina	2,44	2434	45,10	2469
Boracéia	1,09	2472	19,10	2488
Brotas	5,70	2368	103,80	2439
Charqueada	3,05	2450	51,90	2479
Corumbataí	0,68	2490	12,30	2495
Dois Córregos	3,80	2404	73,70	2453
Ipeúna	2,51	2460	49,10	2482
Itapuí	1,83	2450	34,10	2477
Itirapina	1,63	2470	36,90	2482
Jaú	23,54	1806	309,90	2273
Mineiros do Tietê	0,88	2476	24,60	2483
Pederneiras	8,41	2276	159,70	2393
Santa Maria da Serra	1,29	2470	21,80	2487
São Pedro	7,94	2356	157,00	2429
Torrinha	1,15	2474	31,40	2481
TOTAL	82	-	1443	-

Além dos dados de rota, para a estimativa de custos de transporte foi obtida, no TransCAD, a quilometragem entre o CIM e os centros geográficos das cidades atendidas. A partir desse valor, a quilometragem por rota foi estimada multiplicando esse valor por dois, ou seja, considerando a quilometragem de ida e a quilometragem de volta para cada rota. A

quilometragem total utilizada para atender à demanda de cada cidade foi obtida multiplicando esse valor pela quantidade total de rotas. Os resultados podem ser vistos na Tabela 5.19, para as rotas de manutenção da sinalização horizontal, e na Tabela 5.20 para as rotas de manutenção da sinalização vertical.

Tabela 5.19 – Quilometragem total percorrida (sinalização horizontal).

Cidade	Distância (km)	Quilometragem rota (km)	Dias trabalhados	Quilometragem total percorrida no período (km)
Analândia	107,82	215,64	68	14663,52
Bariri	34,48	68,96	168	11585,28
Barra Bonita	23,94	47,88	238	11395,44
Bocaina	21,61	43,22	72	3111,84
Boracéia	42,23	84,46	32	2702,72
Brotas	51,99	103,98	168	17468,64
Charqueada	115,52	231,04	90	20793,6
Corumbataí	114,15	228,3	20	4566
Dois Córregos	29,66	59,32	112	6643,84
Ipeúna	128,84	257,68	74	19068,32
Itapuí	22,98	45,96	54	2481,84
Itirapina	84,11	168,22	48	8074,56
Jaú	0	0	694	0
Mineiros do Tietê	21,15	42,3	26	1099,8
Pederneiras	25,02	50,04	248	12409,92
Santa Maria da Serra	70,87	141,74	38	5386,12
São Pedro	95,07	190,14	234	44492,76
Torrinha	53,07	106,14	34	3608,76
TOTAL		2085,02	2418	189552,96

Nesta pesquisa, para o cálculo do custo de transporte, não foi considerada a quilometragem das rotas no cenário em que as cidades fazem uso do CMM. Portanto, o custo do transporte será calculado apenas para o cenário em que as cidades fazem uso do CIM.

Tabela 5.20 – Quilometragem total percorrida (sinalização vertical)

Cidade	Distância (km)	Quilometragem rota (km)	Dias trabalhados	Quilometragem total percorrida no período (km)
Analândia	107,82	215,64	37	7978,68
Bariri	34,48	68,96	83	5723,68
Barra Bonita	23,94	47,88	109	5218,92
Bocaina	21,61	43,22	33	1426,26
Boracéia	42,23	84,46	14	1182,44
Brotas	51,99	103,98	76	7902,48
Charqueada	115,52	231,04	38	8779,52
Corumbataí	114,15	228,3	9	2054,7
Dois Córregos	29,66	59,32	54	3203,28
Ipeúna	128,84	257,68	36	9276,48
Itapuí	22,98	45,96	25	1149
Itirapina	84,11	168,22	27	4541,94
Jaú	0	0	227	0
Mineiros do Tietê	21,15	42,3	18	761,4
Pederneiras	25,02	50,04	117	5854,68
Santa Maria da Serra	70,87	141,74	16	2267,84
São Pedro	95,07	190,14	115	21866,1
Torrinha	53,07	106,14	23	2441,22
TOTAL		2085,02	1057	91628,62

5.8 Obtenção de dados para a estimativa de custos

A estimativa de custos totais é dada utilizando (1) o custo unitário do serviço de manutenção da sinalização, apresentado na Tabela 5.21, (2) o custo improdutivo diário dos equipamentos adquiridos para a realização dos serviços, apresentado na Tabela 5.22e (3) o custo do transporte por quilômetro, apresentado na Tabela 5.23. Não é considerado o custo diário improdutivo da mão de obra ociosa visto que, nos pequenos municípios, a mão de obra utilizada nos serviços de manutenção da sinalização não é exclusiva para esse tipo de serviço e é realocada em outros departamentos do serviço público.

Tabela 5.21 – Custo unitário do serviço de manutenção.

Tipo de serviço	Custo unitário (R\$/un)
Pintura FTP, LRE, “PARE” (m ²)	R\$ 13,39
Remoção, fornecimento e implantação de placas (un)	R\$ 313,32

Fonte: DNIT, 2012.

Tabela 5.22 – Custo improdutivo diário dos equipamentos.

Tipo de serviço	Equipamentos	Custo horário (R\$/h)	Custo diário (R\$/dia)	Custo diário total (R\$/dia)
Pintura FTP, LRE, “PARE”	Caminhão 4 t	R\$ 20,47	R\$ 163,76	R\$ 649,92
	<i>Pick-up</i> (2 un)	R\$ 37,10	R\$ 148,40	
	Máquina para pintura	R\$ 23,67	R\$ 189,36	
Remoção, fornecimento e implantação de placas	Caminhão 4 t	R\$ 20,47	R\$ 163,76	R\$ 163,76

Fonte: DNIT, 2012.

Tabela 5.23 – Custo de transporte.

Tipo de serviço	Equipamentos	Custo (R\$/km)	Custo total (R\$/km)
Pintura FTP, LRE, “PARE”	Caminhão 4 t	R\$ 4,08	R\$ 5,44
	<i>Pick-up</i>	R\$ 1,36	
Remoção, fornecimento e implantação de placas	Caminhão 4 t	R\$ 4,08	R\$ 4,08

Fonte: DNIT, 2013

Por fim, esses dados são utilizados na análise comparativa de custos, considerando duas abordagens: (1) implantação dos CMM em cada cidade; (2) implantação de um centro de manutenção do CIM.

6 ANÁLISE OPERACIONAL E ECONÔMICA

Como resultados iniciais, para cada cenário, temos a quantidade de dias de trabalho necessários para atender à demanda da manutenção de cada tipo de sinalização urbana, a quantidade de dias improdutivos e a quilometragem total percorrida no período estudado.

A análise operacional e econômica foi feita com base nesses dados. A análise operacional é feita através da porcentagem de utilização dos centros de manutenção e a análise econômica é feita através da porcentagem dos custos totais. Ambas as análises são comparativos dos dois cenários abordados.

6.1 Resultados e análise operacional

A quantidade total de dias trabalhados pelo CIM para atendimento da manutenção da sinalização horizontal, conforme visto no Capítulo 5, na Tabela 5.17, é de 2418 dias, restando apenas 82 dias improdutivos (ociosos). Sendo assim, a porcentagem de utilização da capacidade do CIM chega a quase 97% de sua capacidade total de atendimento, conforme Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Porcentagem de utilização da capacidade do CIM (sinalização horizontal).

Operação CIM	Quantidade (dias)	Porcentagem (%)
Trabalhados	2418	96,72
Improdutivos	82	3,28
Capacidade	2500	100,00

A quantidade total de dias trabalhados pelos CMM para atendimento da manutenção da sinalização horizontal é indicada na Tabela 5.17 do Capítulo 5. Considerando a capacidade de 2500 dias para cada cidade, a média da porcentagem de utilização da capacidade de cada CMM é de apenas 5% da capacidade total, conforme a Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Porcentagem de utilização da capacidade dos CMM (sinalização horizontal).

Cidade	Dias trabalhados	Dias Improdutivos	Capacidade (dias)	Porcentagem utilização (%)
Analândia	40	2460	2500	2%
Bariri	146	2354	2500	6%
Barra Bonita	218	2282	2500	9%
Bocaina	66	2434	2500	3%
Boracéia	28	2472	2500	1%
Brotas	132	2368	2500	5%
Charqueada	50	2450	2500	2%
Corumbataí	10	2490	2500	0%
Dois Córregos	96	2404	2500	4%
Ipeúna	40	2460	2500	2%
Itapuí	50	2450	2500	2%
Itirapina	30	2470	2500	1%
Jaú	694	1806	2500	28%
Mineiros do Tietê	24	2476	2500	1%
Pederneiras	224	2276	2500	9%
Santa Maria da Serra	30	2470	2500	1%
São Pedro	144	2356	2500	6%
Torrinha	26	2474	2500	1%
MÉDIA	114	2386	2500	5%

Sendo assim, é possível afirmar que, do ponto de vista operacional, a utilização do CIM traz um grande impacto na porcentagem da utilização da capacidade de atendimento total do centro de manutenção da sinalização horizontal visto que sua utilização chega a quase 100% da sua capacidade total de atendimento, diminuindo a ociosidade dos equipamentos. A quantidade total de dias trabalhados pelo CIM para atendimento da manutenção da sinalização vertical, conforme visto no capítulo 5, na Tabela 5.17, é de 1057 dias, restando 1443 dias improdutivos (ociosos). Sendo assim, a porcentagem de utilização do centro consorciado de manutenção da sinalização vertical é de apenas 42% da sua capacidade total de atendimento, conforme Tabela 6.3. A quantidade total de dias trabalhados pelos CMM para atendimento da manutenção da sinalização vertical, também foi vista no capítulo 5, na Tabela 5.17. Considerando a capacidade total de atendimento de 2500 dias para cada cidade, a média da porcentagem de utilização de cada CMM é de apenas 2% da capacidade total de atendimento, conforme apresentado na Tabela 6.4.

Tabela 6.3 – Porcentagem de utilização da capacidade do CIM (sinalização vertical).

Operação CIM	Quantidade (dias)	Porcentagem (%)
Trabalhados	1057	42,28
Improdutivos	1443	57,72
Capacidade	2500	100,00

Tabela 6.4 – Porcentagem de utilização dos CMM (sinalização vertical).

Cidade	Dias trabalhados	Dias Improdutivos	Capacidade (dias)	Porcentagem utilização (%)
Analândia	20	2480	2500	1%
Bariri	72	2428	2500	3%
Barra Bonita	102	2398	2500	4%
Bocaina	31	2469	2500	1%
Boracéia	12	2488	2500	0%
Brotas	61	2439	2500	2%
Charqueada	21	2479	2500	1%
Corumbataí	5	2495	2500	0%
Dois Córregos	47	2453	2500	2%
Ipeúna	18	2482	2500	1%
Itapuí	23	2477	2500	1%
Itirapina	18	2482	2500	1%
Jaú	227	2273	2500	9%
Mineiros do Tietê	17	2483	2500	1%
Pederneiras	107	2393	2500	4%
Santa Maria da Serra	13	2487	2500	1%
São Pedro	71	2429	2500	3%
Torrinha	19	2481	2500	1%
MÉDIA	49	2451	2500	2%

No caso da equipe de atendimento da manutenção da sinalização vertical, do ponto de vista operacional, pode-se dizer que a utilização do CIM traz impacto na porcentagem da utilização da capacidade de atendimento total da equipe comparada às equipes municipais, porém não resolve completamente o problema da ociosidade dos equipamentos utilizados nessas atividades, sendo necessário um estudo mais completo e complexo para melhor avaliar essa questão.

6.2 Resultados e análise econômica

Os custos totais por cidade e tipo de sinalização, foram calculados para cada cenário somando-se os valores totais dos custos do serviço de manutenção obtidos, ou seja, custo total do serviço de manutenção, custo total do transporte e custo total dos dias improdutivos dos equipamentos. As fórmulas e cálculos são demonstrados nos apêndices de 1 a 4.

Os comparativos dos custos totais, por tipo de sinalização, são demonstrados na Tabela 6.5 e na Tabela 6.6.

Tabela 6.5 – Comparativo dos custos totais (sinalização horizontal).

Cidade	Custo total CIM	Custo total CMM	Economia
Analândia	R\$ 410.238,36	R\$ 1.927.773,27	79%
Bariri	R\$ 1.379.320,81	R\$ 2.842.505,80	51%
Barra Bonita	R\$ 2.022.215,08	R\$ 3.438.095,74	41%
Bocaina	R\$ 587.242,97	R\$ 2.150.632,94	73%
Boracéia	R\$ 252.578,73	R\$ 1.843.772,88	86%
Brotas	R\$ 1.465.755,03	R\$ 2.906.033,42	50%
Charqueada	R\$ 552.555,06	R\$ 2.029.758,25	73%
Corumbataí	R\$ 109.246,66	R\$ 1.702.267,62	94%
Dois Córregos	R\$ 896.362,62	R\$ 2.420.159,30	63%
Ipeúna	R\$ 437.469,99	R\$ 1.930.910,55	77%
Itapuí	R\$ 437.161,69	R\$ 2.014.774,30	78%
Itirapina	R\$ 289.342,20	R\$ 1.849.661,06	84%
Jaú	R\$ 6.683.527,48	R\$ 7.841.987,04	15%
Mineiros do Tietê	R\$ 220.498,17	R\$ 1.823.144,13	88%
Pederneiras	R\$ 2.068.990,05	R\$ 3.475.232,01	40%
Santa Maria da Serra	R\$ 268.649,81	R\$ 1.843.814,19	85%
São Pedro	R\$ 1.535.462,53	R\$ 2.819.476,01	46%
Torrinha	R\$ 254.795,20	R\$ 1.842.316,26	86%
MÉDIA	R\$ 1.103.967,36	R\$ 2.594.573,04	67%

Tabela 6.6 – Comparativo dos custos totais (sinalização vertical).

Cidade	Custo total CIM	Custo total CMM	Economia
Analândia	R\$ 108.501,95	R\$ 473.801,92	77%
Bariri	R\$ 287.551,19	R\$ 643.252,16	55%
Barra Bonita	R\$ 395.326,64	R\$ 742.361,60	47%
Bocaina	R\$ 116.905,63	R\$ 508.032,36	77%
Boracéia	R\$ 47.432,55	R\$ 446.913,20	89%
Brotas	R\$ 281.089,68	R\$ 631.267,44	55%
Charqueada	R\$ 112.619,58	R\$ 474.264,80	76%
Corumbataí	R\$ 25.747,92	R\$ 423.933,88	94%
Dois Córregos	R\$ 183.681,68	R\$ 560.243,20	67%
Ipeúna	R\$ 108.246,97	R\$ 468.803,00	77%
Itapuí	R\$ 87.980,35	R\$ 483.336,88	82%
Itirapina	R\$ 86.291,35	R\$ 468.176,36	82%
Jaú	R\$ 819.322,67	R\$ 1.140.800,44	28%
Mineiros do Tietê	R\$ 66.974,76	R\$ 466.460,20	86%
Pederneiras	R\$ 414.121,76	R\$ 755.955,52	45%
Santa Maria da Serra	R\$ 55.441,31	R\$ 449.882,64	88%
São Pedro	R\$ 352.106,63	R\$ 634.956,28	45%
Torrinha	R\$ 82.152,60	R\$ 473.339,04	83%
MÉDIA	R\$ 201.749,73	R\$ 569.210,05	70%

Nos dois casos, tanto no atendimento da manutenção da sinalização horizontal, quanto no atendimento da manutenção da sinalização vertical, é notável a economia financeira que o sistema consorciado proporciona às cidades constituintes, visto que gera uma economia média de até 70%.

Analisando a cidade sede do sistema consorciado, Jaú, apesar do CIM otimizar a utilização dos equipamentos para a manutenção da sinalização horizontal, passando de 28% para, aproximadamente, 97%, a economia financeira é de apenas 15%. Isso acontece, pois o custo total para a realização dos serviços de manutenção da sinalização da cidade de Jaú é alto, comparado com o das demais cidades, porém seu custo total improdutivo é mais baixo devido à maior demanda e, consequentemente, maior utilização dos equipamentos.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O consórcio intermunicipal, para os municípios de pequeno porte, não chega a resolver completamente o problema da ociosidade dos equipamentos utilizados na manutenção da sinalização urbana, porém mostrou ser melhor do que a situação em que cada município trabalha de forma independente.

O resultado da pesquisa confirmou ser mais vantajosa, do ponto de vista financeiro, a implantação de um sistema consorciado intermunicipal para manutenção da sinalização urbana horizontal e vertical que atenda às dezoito cidades escolhidas do que a implantação de um centro de manutenção da sinalização urbana horizontal e vertical em cada cidade.

O estudo de caso realizado mostrou redução dos custos totais, melhor utilização dos recursos materiais e mão-de-obra e sugere que a manutenção da sinalização urbana seja realizada adequadamente.

De qualquer modo, é importante ressaltar que a implantação desse método em um caso real deve ser realizada de forma bem criteriosa, pois muitos dados utilizados nesse estudo foram estimados ou adotados na ausência dos mesmos. Devido às limitações da pesquisa, as demandas reais podem ser diferentes, bem como os custos totais reais dos serviços de manutenção da sinalização urbana horizontal e vertical e, por consequência, a viabilidade de implantação de um centro intermunicipal para atendimento dos serviços de manutenção da sinalização urbana pode não ser confirmada.

Quanto às ferramentas utilizadas, o programa GE para o delineamento da rede se mostrou boa opção quando não se tem uma rede urbana disponível, porém deve-se observar previamente a qualidade das imagens da região a ser trabalhada já que isso influencia muito a qualidade do trabalho.

Esse estudo não pode ser considerado como estudo completo do consórcio intermunicipal para a manutenção da sinalização urbana, pois existem pontos a serem melhorados em trabalhos futuros. Um exemplo é a alternativa de se incluir mais cidades no consórcio para o atendimento da demanda da sinalização vertical, visto que o problema de ociosidade não foi completamente resolvido.

Como conclusão final, é possível afirmar que o objetivo da pesquisa de analisar o consórcio intermunicipal para a manutenção da sinalização urbana em pequenos municípios foi alcançado através da proposta deste estudo e se mostrou uma alternativa viável.

Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se o estudo da viabilidade do sistema consorciado intermunicipal para manutenção da sinalização urbana horizontal e vertical em pequenos municípios da região central do estado de São Paulo utilizando custos reais para a realização da manutenção da sinalização na malha urbana. Outra sugestão é o estudo da viabilidade do sistema consorciado intermunicipal para manutenção da sinalização urbana horizontal e vertical utilizando dados de demanda reais das cidades. Além disso, visando a melhoria do problema da ociosidade dos equipamentos, sugere-se o estudo da viabilidade do sistema consorciado intermunicipal para manutenção da sinalização urbana com apenas uma equipe para atendimento dos serviços de manutenção da sinalização horizontal e vertical em três turnos de serviço.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

ARNOLD, J. R. T. (2009). **Administração de materiais**. Tradução de Celso Rimoli e Lenita R. Esteves. São Paulo: Atlas.

BALLOU, R. H. (1993). **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. Tradução de Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo: Atlas.

BALLOU, R. H. (2001). **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. Tradução de Elias Pereira. 4.ed. Porto Alegre: Bookman.

BIRKIN, M.; CLARKE, G.; CLARKE, M.; WILSON, A. (1996). **Intelligent GIS: Location decisions and strategic planning**. Cambridge: GeoInformation International.

BALKE, K. N.; VOIGHT, A. (2011). **Operational and institutional agreements that facilitate regional traffic signal operations: a synthesis of highway practice**. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Synthesis 420. Washington, DC, 2011.

BRASIL. Ministério das Cidades, (2011). Sistema Nacional de Trânsito (SNT). Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/snt.htm>>. Acesso em: 16 jun. 2011.

CALIPER CORPORATION (1996). TransCAD Transportation GIS Software. Routing and Logistics with TransCAD 3.0. Newton, Massachusetts, 1996.

CLARKE, G.; WRIGHT, J. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. **Operations Research**, v. 12, p. 568-581, 1964.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS (2009). **Mapeamento das mortes por acidentes de trânsito no Brasil**. Brasília: CNM. Volume 2.

CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO (2014). **Normas gerais de circulação e conduta**. Disponível em: <http://www.ctbdigital.com.br/?p=Artigos&artigo=61&campo_busca=>>. Acesso em: 18 abr. 2014.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN (2007a). **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito** – Volume I – Sinalização Vertical de Regulamentação. 2ed. (Resolução nº 180, de 26 de agosto de 2005). Brasília: CONTRAN.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN (2007b). **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito** – Volume II – Sinalização Vertical de Advertência. (Resolução nº 243, de 22 de junho de 2007). Brasília: CONTRAN.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN (2007c). **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito** – Volume IV – Sinalização Horizontal. (Resolução nº 236, de 11 de maio de 2007). Brasília: CONTRAN+

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES (2012). **Sistema de Custos Rodoviários. Custo Unitário de Referência**. Brasília: DNIT Disponível em < www1.dnit.gov.br/download/sicro/SP1203_RCTR0320.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES (2013). **Orçamento DNIT**. Brasília: DNIT Disponível em <www1.dnit.gov.br/anexo/outros/outros_ edital0180_14-04_0.xls>. Acesso em: 21 abr. 2014.

ESRI (2009). An overview of map projections. USA, Environmental Systems Research Institute (ESRI). Disponível em: <http://webhelp.esri.com/arcgisDEsktop/9.3/index.cfm?TopicName=An_overview_of_map_projections>. Acesso em: 5 out. 2011.

EXPGE Exportar para o Google Earth. (2008). São Luis: Desenvolvido por Neyton. Disponível em: <<http://tbn2.blogspot.com/2008/04/expge.html>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

FERRAZ, A. C. P.; RAIA Jr. A. A.; BEZERRA, B. S. (2008). **Segurança no trânsito**. São Carlos: São Francisco.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2008). **Regiões de influência das cidades 2007. Rio de Janeiro: IBGE**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/PZEE/_arquivos/regic_28.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010a). **Sinopse do Censo Demográfico 2010 - Tabelas - Brasil - Tabela 1.19**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_brasil_zip.shtm>. Acesso em: 23 set. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010b). **Sinopse do Censo Demográfico 2010 - Tabelas - Unidades Federação - São Paulo - Tabela 2_3_20 São Paulo**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_brasil_zip.shtm>. Acesso em: 23 set. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2011). **Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 25.mai. 2011.

NARUO, M. K. (2003). **O estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistema de informações geográficas**. 286 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

NAZÁRIO, P. R. S. (1998). GIS: Definições e aplicações na logística. **Artigos ILOS – COPPEAD, UFRJ, Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://www.ilos.com.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=1144&Itemid=74>. Acesso em: 4 out. 2011.

RIBEIRO, G. M.; RUIZ, M. D. V.; DEXHEIMER, L. *Programa de roteamento de veículos aplicação no sistema de coleta dos correios*, ENEGEP, 2001.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. (1998). Going backwards: reverse logistics trends and practices. Reno: **Reverse Logistics Executive Council**. Disponível em: <<http://www.rlec.org/reverse.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2011.

SOUZA, V. C. (2007). **Organização e gerência da manutenção: Planejamento, programação e controle de manutenção**. São Paulo: All Print Editora.

TIAGO, R. P. (2002). **Estudo de pontos promissores para instalação de terminais intermodais rodoferroviários de contêineres no Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (2013). GEPPASV realiza pesquisa de durabilidade da qualidade das placas de sinalização de trânsito. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/ct/?p=1288>>. Acesso em: 16 mai. 2011

VAZ, J. C. (1997). Consórcios intermunicipais. **Boletim Dicas** – Ideias para a ação municipal. São Paulo, Ação Administrativa, n.97. Disponível em: <http://www.polis.org.br/publicacoes/dicas/dicas_interna.asp?codigo=100>. Acesso em: 16 mai. 2011.

VENDRAMETTO, L. L. (2012). **Produção de banco de dados relacional e georreferenciado para apoio à gestão de trânsito em cidades de pequeno e médio porte**. 158 p. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

WANKE, P. F. (2001). Aspectos fundamentais do problema de localização de instalações em redes logísticas. **Artigos ILOS** – COPPEAD, UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.ilos.com.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=1092&Itemid=182> Acesso em: 28.set.2011.

WHO (2004). World report on road traffic injury prevention. World Health Organization Geneve, Switzerland, 74p.

Apêndice 1 – Tabela custo total do serviço de manutenção da sinalização horizontal realizado pelo CIM no período de 10 anos

Cidade	Demanda do serviço (m²)	Custo do serviço (R\$/m²)	Custo total do serviço (R\$)	Rateio dos dias improdutivos (dia)	Custo dia improdutivo (R\$/dia)	Custo total dia improdutivo (R\$)	Quilometragem total percorrida (km)	Custo de transporte (R\$/km)	Custo total de transporte (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Analândia	8435,76	R\$ 13,39	R\$ 328.970,07	2,30	R\$ 649,92	R\$ 1.498,74	14663,52	R\$ 5,44	R\$ 79.769,55	R\$ 410.238,36
Bariri	30116,24	R\$ 13,39	R\$ 1.312.594,12	5,70	R\$ 649,92	R\$ 3.702,77	11585,28	R\$ 5,44	R\$ 63.023,92	R\$ 1.379.320,81
Barra Bonita	43245,36	R\$ 13,39	R\$ 1.954.978,30	8,07	R\$ 649,92	R\$ 5.245,59	11395,44	R\$ 5,44	R\$ 61.991,19	R\$ 2.022.215,08
Bocaina	12805,31	R\$ 13,39	R\$ 568.727,66	2,44	R\$ 649,92	R\$ 1.586,90	3111,84	R\$ 5,44	R\$ 16.928,41	R\$ 587.242,97
Boracéia	4873,26	R\$ 13,39	R\$ 237.170,64	1,09	R\$ 649,92	R\$ 705,29	2702,72	R\$ 5,44	R\$ 14.702,80	R\$ 252.578,73
Brotas	29397,4	R\$ 13,39	R\$ 1.367.022,86	5,70	R\$ 649,92	R\$ 3.702,77	17468,64	R\$ 5,44	R\$ 95.029,40	R\$ 1.465.755,03
Charqueada	8988,58	R\$ 13,39	R\$ 437.454,25	3,05	R\$ 649,92	R\$ 1.983,63	20793,60	R\$ 5,44	R\$ 113.117,18	R\$ 552.555,06
Corumbataí	1836,29	R\$ 13,39	R\$ 83.966,82	0,68	R\$ 649,92	R\$ 440,81	4566,00	R\$ 5,44	R\$ 24.839,04	R\$ 109.246,66
Dois Córregos	19774,06	R\$ 13,39	R\$ 857.751,62	3,80	R\$ 649,92	R\$ 2.468,51	6643,84	R\$ 5,44	R\$ 36.142,49	R\$ 896.362,62
Ipeúna	7290,59	R\$ 13,39	R\$ 332.107,35	2,51	R\$ 649,92	R\$ 1.630,98	19068,32	R\$ 5,44	R\$ 103.731,66	R\$ 437.469,99
Itapuí	9874,48	R\$ 13,39	R\$ 422.470,30	1,83	R\$ 649,92	R\$ 1.190,18	2481,84	R\$ 5,44	R\$ 13.501,21	R\$ 437.161,69
Itirapina	7255,57	R\$ 13,39	R\$ 244.358,66	1,63	R\$ 649,92	R\$ 1.057,93	8074,56	R\$ 5,44	R\$ 43.925,61	R\$ 289.342,20
Jaú	104364,73	R\$ 13,39	R\$ 6.668.231,52	23,54	R\$ 649,92	R\$ 15.295,97	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 6.683.527,48
Mineiros do Tietê	6695,71	R\$ 13,39	R\$ 213.942,21	0,88	R\$ 649,92	R\$ 573,05	1099,80	R\$ 5,44	R\$ 5.982,91	R\$ 220.498,17
Pederneiras	45599,42	R\$ 13,39	R\$ 1.996.014,09	8,41	R\$ 649,92	R\$ 5.465,99	12409,92	R\$ 5,44	R\$ 67.509,96	R\$ 2.068.990,05
Santa Maria da Serra	5174,36	R\$ 13,39	R\$ 238.511,79	1,29	R\$ 649,92	R\$ 837,53	5386,12	R\$ 5,44	R\$ 29.300,49	R\$ 268.649,81
São Pedro	29875,97	R\$ 13,39	R\$ 1.288.264,49	7,94	R\$ 649,92	R\$ 5.157,43	44492,76	R\$ 5,44	R\$ 242.040,61	R\$ 1.535.462,53
Torrinha	7423,34	R\$ 13,39	R\$ 234.414,18	1,15	R\$ 649,92	R\$ 749,37	3608,76	R\$ 5,44	R\$ 19.631,65	R\$ 254.795,20

Custo total do serviço = Demanda do serviço (m²) x Custo do serviço (R\$/m²)

Custo total dia improdutivo = Rateio dos dias improdutivos (dia) x Custo dia improdutivo (R\$/dia)

Custo total de transporte = Quilometragem total percorrida (km) x Custo de transporte (R\$/km)

CUSTO TOTAL (R\$) = Custo total do serviço (R\$)+ Custo total dia improdutivo (R\$)+ Custo total de transporte(R\$)

Apêndice 2 – Tabela custo total do serviço de manutenção da sinalização horizontal realizado pelos CMM no período de 10 anos

Cidade	Demanda do serviço (m²)	Custo do serviço (R\$/m²)	Custo total do serviço (R\$)	Dias improdutivos (dia)	Custo dia improdutivo (R\$/dia)	Custo total dia improdutivo (R\$)	Quilometragem total percorrida (km)	Custo de transporte (R\$/km)	Custo total de transporte (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Analândia	8435,76	R\$ 13,39	R\$ 328.970,07	2460	R\$ 649,92	R\$ 1.598.803,20	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 1.927.773,27
Bariri	30116,24	R\$ 13,39	R\$ 1.312.594,12	2354	R\$ 649,92	R\$ 1.529.911,68	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 2.842.505,80
Barra Bonita	43245,36	R\$ 13,39	R\$ 1.954.978,30	2282	R\$ 649,92	R\$ 1.483.117,44	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 3.438.095,74
Bocaina	12805,31	R\$ 13,39	R\$ 568.727,66	2434	R\$ 649,92	R\$ 1.581.905,28	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 2.150.632,94
Boracéia	4873,26	R\$ 13,39	R\$ 237.170,64	2472	R\$ 649,92	R\$ 1.606.602,24	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 1.843.772,88
Brotas	29397,4	R\$ 13,39	R\$ 1.367.022,86	2368	R\$ 649,92	R\$ 1.539.010,56	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 2.906.033,42
Charqueada	8988,58	R\$ 13,39	R\$ 437.454,25	2450	R\$ 649,92	R\$ 1.592.304,00	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 2.029.758,25
Corumbataí	1836,29	R\$ 13,39	R\$ 83.966,82	2490	R\$ 649,92	R\$ 1.618.300,80	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 1.702.267,62
Dois Córregos	19774,06	R\$ 13,39	R\$ 857.751,62	2404	R\$ 649,92	R\$ 1.562.407,68	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 2.420.159,30
Ipeúna	7290,59	R\$ 13,39	R\$ 332.107,35	2460	R\$ 649,92	R\$ 1.598.803,20	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 1.930.910,55
Itapuí	9874,48	R\$ 13,39	R\$ 422.470,30	2450	R\$ 649,92	R\$ 1.592.304,00	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 2.014.774,30
Itirapina	7255,57	R\$ 13,39	R\$ 244.358,66	2470	R\$ 649,92	R\$ 1.605.302,40	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 1.849.661,06
Jaú	104364,73	R\$ 13,39	R\$ 6.668.231,52	1806	R\$ 649,92	R\$ 1.173.755,52	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 7.841.987,04
Mineiros do Tietê	6695,71	R\$ 13,39	R\$ 213.942,21	2476	R\$ 649,92	R\$ 1.609.201,92	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 1.823.144,13
Pederneiras	45599,42	R\$ 13,39	R\$ 1.996.014,09	2276	R\$ 649,92	R\$ 1.479.217,92	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 3.475.232,01
Santa Maria da Serra	5174,36	R\$ 13,39	R\$ 238.511,79	2470	R\$ 649,92	R\$ 1.605.302,40	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 1.843.814,19
São Pedro	29875,97	R\$ 13,39	R\$ 1.288.264,49	2356	R\$ 649,92	R\$ 1.531.211,52	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 2.819.476,01
Torrinha	7423,34	R\$ 13,39	R\$ 234.414,18	2474	R\$ 649,92	R\$ 1.607.902,08	0,00	R\$ 5,44	R\$ 0,00	R\$ 1.842.316,26

Custo total do serviço = Demanda do serviço (m²) x Custo do serviço (R\$/m²)

Custo total dia improdutivo = Rateio dos dias improdutivos (dia) x Custo dia improdutivo (R\$/dia)

Custo total de transporte = Quilometragem total percorrida (km) x Custo de transporte (R\$/km)

CUSTO TOTAL (R\$) = Custo total do serviço + Custo total dia improdutivo + Custo total de transporte

Apêndice 3 – Tabela custo total do serviço de manutenção da sinalização vertical realizado pelo CIM no período de 10 anos

Cidade	Demanda do serviço (un)	Custo do serviço (R\$/un)	Custo total do serviço (R\$)	Rateio dos dias improdutivos (dia)	Custo dia improdutivo (R\$/dia)	Custo total dia improdutivo (R\$)	Quilometragem total percorrida (km)	Custo de transporte (R\$/km)	Custo total de transporte (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Analândia	216	R\$ 313,32	R\$ 67.677,12	50,51	R\$ 163,76	R\$ 8.271,82	7978,68	R\$ 4,08	R\$ 32.553,01	R\$ 108.501,95
Bariri	784	R\$ 313,32	R\$ 245.642,88	113,31	R\$ 163,76	R\$ 18.555,70	5723,68	R\$ 4,08	R\$ 23.352,61	R\$ 287.551,19
Barra Bonita	1116	R\$ 313,32	R\$ 349.665,12	148,81	R\$ 163,76	R\$ 24.368,32	5218,92	R\$ 4,08	R\$ 21.293,19	R\$ 395.326,64
Bocaina	331	R\$ 313,32	R\$ 103.708,92	45,05	R\$ 163,76	R\$ 7.377,57	1426,26	R\$ 4,08	R\$ 5.819,14	R\$ 116.905,63
Boracéia	126	R\$ 313,32	R\$ 39.478,32	19,11	R\$ 163,76	R\$ 3.129,88	1182,44	R\$ 4,08	R\$ 4.824,36	R\$ 47.432,55
Brotas	740	R\$ 313,32	R\$ 231.856,80	103,75	R\$ 163,76	R\$ 16.990,76	7902,48	R\$ 4,08	R\$ 32.242,12	R\$ 281.089,68
Charqueada	218	R\$ 313,32	R\$ 68.303,76	51,88	R\$ 163,76	R\$ 8.495,38	8779,52	R\$ 4,08	R\$ 35.820,44	R\$ 112.619,58
Corumbataí	49	R\$ 313,32	R\$ 15.352,68	12,29	R\$ 163,76	R\$ 2.012,06	2054,7	R\$ 4,08	R\$ 8.383,18	R\$ 25.747,92
Dois Córregos	506	R\$ 313,32	R\$ 158.539,92	73,72	R\$ 163,76	R\$ 12.072,38	3203,28	R\$ 4,08	R\$ 13.069,38	R\$ 183.681,68
Ipeúna	199	R\$ 313,32	R\$ 62.350,68	49,15	R\$ 163,76	R\$ 8.048,25	9276,48	R\$ 4,08	R\$ 37.848,04	R\$ 108.246,97
Itapuí	248	R\$ 313,32	R\$ 77.703,36	34,13	R\$ 163,76	R\$ 5.589,07	1149	R\$ 4,08	R\$ 4.687,92	R\$ 87.980,35
Itirapina	197	R\$ 313,32	R\$ 61.724,04	36,86	R\$ 163,76	R\$ 6.036,19	4541,94	R\$ 4,08	R\$ 18.531,12	R\$ 86.291,35
Jaú	2453	R\$ 313,32	R\$ 768.573,96	309,90	R\$ 163,76	R\$ 50.748,71	0	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 819.322,67
Mineiros do Tietê	191	R\$ 313,32	R\$ 59.844,12	24,57	R\$ 163,76	R\$ 4.024,13	761,4	R\$ 4,08	R\$ 3.106,51	R\$ 66.974,76
Pederneiras	1162	R\$ 313,32	R\$ 364.077,84	159,73	R\$ 163,76	R\$ 26.156,83	5854,68	R\$ 4,08	R\$ 23.887,09	R\$ 414.121,76
Santa Maria da Serra	136	R\$ 313,32	R\$ 42.611,52	21,84	R\$ 163,76	R\$ 3.577,00	2267,84	R\$ 4,08	R\$ 9.252,79	R\$ 55.441,31
São Pedro	757	R\$ 313,32	R\$ 237.183,24	157,00	R\$ 163,76	R\$ 25.709,70	21866,1	R\$ 4,08	R\$ 89.213,69	R\$ 352.106,63
Torrinha	214	R\$ 313,32	R\$ 67.050,48	31,40	R\$ 163,76	R\$ 5.141,94	2441,22	R\$ 4,08	R\$ 9.960,18	R\$ 82.152,60

Custo total do serviço = Demanda do serviço (m²) x Custo do serviço (R\$/m²)

Custo total dia improdutivo = Rateio dos dias improdutivos (dia) x Custo dia improdutivo (R\$/dia)

Custo total de transporte = Quilometragem total percorrida (km) x Custo de transporte (R\$/km)

CUSTO TOTAL (R\$) = Custo total do serviço + Custo total dia improdutivo + Custo total de transporte

Apêndice 4 – Tabela custo total do serviço de manutenção da sinalização vertical realizado pelos CMM no período de 10 anos

Cidade	Demanda do serviço (un)	Custo do serviço (R\$/un)	Custo total do serviço (R\$)	Dias improdutivos	Custo dia improdutivo (R\$/dia)	Custo total dia improdutivo (R\$)	Quilometragem total percorrida (km)	Custo de transporte (R\$/km)	Custo total de transporte (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Analândia	216	R\$ 313,32	R\$ 67.677,12	2480	R\$ 163,76	R\$ 406.124,80	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 473.801,92
Bariri	784	R\$ 313,32	R\$ 245.642,88	2428	R\$ 163,76	R\$ 397.609,28	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 643.252,16
Barra Bonita	1116	R\$ 313,32	R\$ 349.665,12	2398	R\$ 163,76	R\$ 392.696,48	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 742.361,60
Bocaina	331	R\$ 313,32	R\$ 103.708,92	2469	R\$ 163,76	R\$ 404.323,44	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 508.032,36
Boracéia	126	R\$ 313,32	R\$ 39.478,32	2488	R\$ 163,76	R\$ 407.434,88	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 446.913,20
Brotas	740	R\$ 313,32	R\$ 231.856,80	2439	R\$ 163,76	R\$ 399.410,64	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 631.267,44
Charqueada	218	R\$ 313,32	R\$ 68.303,76	2479	R\$ 163,76	R\$ 405.961,04	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 474.264,80
Corumbataí	49	R\$ 313,32	R\$ 15.352,68	2495	R\$ 163,76	R\$ 408.581,20	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 423.933,88
Dois Córregos	506	R\$ 313,32	R\$ 158.539,92	2453	R\$ 163,76	R\$ 401.703,28	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 560.243,20
Ipeúna	199	R\$ 313,32	R\$ 62.350,68	2482	R\$ 163,76	R\$ 406.452,32	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 468.803,00
Itapuí	248	R\$ 313,32	R\$ 77.703,36	2477	R\$ 163,76	R\$ 405.633,52	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 483.336,88
Itirapina	197	R\$ 313,32	R\$ 61.724,04	2482	R\$ 163,76	R\$ 406.452,32	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 468.176,36
Jaú	2453	R\$ 313,32	R\$ 768.573,96	2273	R\$ 163,76	R\$ 372.226,48	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 1.140.800,44
Mineiros do Tietê	191	R\$ 313,32	R\$ 59.844,12	2483	R\$ 163,76	R\$ 406.616,08	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 466.460,20
Pederneiras	1162	R\$ 313,32	R\$ 364.077,84	2393	R\$ 163,76	R\$ 391.877,68	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 755.955,52
Santa Maria da Serra	136	R\$ 313,32	R\$ 42.611,52	2487	R\$ 163,76	R\$ 407.271,12	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 449.882,64
São Pedro	757	R\$ 313,32	R\$ 237.183,24	2429	R\$ 163,76	R\$ 397.773,04	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 634.956,28
Torrinha	214	R\$ 313,32	R\$ 67.050,48	2481	R\$ 163,76	R\$ 406.288,56	0,00	R\$ 4,08	R\$ 0,00	R\$ 473.339,04

Custo total do serviço = Demanda do serviço (m²) x Custo do serviço (R\$/m²)

Custo total dia improdutivo = Rateio dos dias improdutivos (dia) x Custo dia improdutivo (R\$/dia)

Custo total de transporte = Quilometragem total percorrida (km) x Custo de transporte (R\$/km)

CUSTO TOTAL (R\$) = Custo total do serviço + Custo total dia improdutivo + Custo total de transporte