

## **Avaliação de opções de transporte para um trecho de leito férreo desativado em Campinas.**

Maria Lucia Galves

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Rua Saturnino de Brito, 224, CEP 13083-889, Campinas - SP, Tel. (19) 3521-2345, e-mail: mlgalves@fec.unicamp.br.

### **SÍNTESE**

O objetivo deste trabalho é o de avaliar opções de transporte para um trecho dos leitos férreos desativados em Campinas, no Estado de São Paulo. Para tanto, utilizou-se o auxílio multicritério à decisão. Quatro alternativas foram avaliadas: sistema viário comum, sistema viário local com ciclovia, BRT e VLT. De acordo com os resultados, recomenda-se a implantação do sistema viário com prioridade para o transporte público.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transporte público, sistema viário, auxílio multicritério à decisão.

### **INTRODUÇÃO**

A cidade de Campinas, com cerca de 1 milhão de habitantes, está localizada no Estado de São Paulo e é sede de uma região metropolitana que contém 19 municípios. No entanto, Campinas carece de infraestrutura de transportes, o que tem levado o poder público a considerar a implantação de modais em leitos férreos desativados.

O interesse do uso dos leitos férreos para o transporte foi claramente explicitado no Plano Diretor Municipal de 1996, sendo confirmado no Plano Diretor Estratégico de 2006, o qual estabelece que os leitos férreos desativados deveriam ser preservados para futuro sistema de transporte de passageiros. O objetivo deste trabalho é o de avaliar opções de transporte para um trecho desses leitos férreos.

### **DIAGNÓSTICO, PROPOSIÇÕES E RESULTADOS**

O leito férreo em estudo está localizado no centro da cidade de Campinas, mais precisamente no bairro Guanabara. As áreas lindeiras são ocupadas, em sua maioria, por residências de pequeno porte e comércios locais, tendo sido constatada, também, a presença de invasões em alguns locais. As principais vias ficam saturadas no horário de pico e a implantação de um novo modal de transporte sobre o leito férreo desativado é visto como uma oportunidade de melhoria do sistema viário existente.

Utilizou-se como suporte metodológico para a realização deste trabalho o auxílio multicritério à decisão (AMCD) que visa a ajudar um indivíduo ou grupos de indivíduos a explorar decisões importantes (BELTON; STEWART, 2002). Com base no modelo de decisão proposto por Simon (1960), o AMCD é um processo composto por três etapas: estruturação do problema, avaliação das alternativas e recomendação da alternativa mais adequada.

A estruturação é uma etapa de grande importância do processo de auxílio à decisão, pois ela visa ao melhor entendimento do problema pela caracterização do contexto de decisão e a identificação dos objetivos fundamentais a serem alcançados. Em outras palavras, o contexto de decisão e os objetivos fundamentais dão forma e conteúdo à estrutura de decisão.

Na etapa de avaliação, os desempenhos das alternativas são agregados por meio de métodos multicritério que consideram explicitamente as preferências dos atores envolvidos no processo de decisão. Na etapa de recomendação, os resultados da avaliação são

analisados para que os atores compreendam as consequências das alternativas propostas e recomendem a mais adequada ao decisor. Apresenta-se, a seguir, a aplicação do AMCD ao problema de escolha do modal de transporte a ser implantado no trecho de leito férreo em estudo.

A estruturação compreende as seguintes atividades: caracterização do contexto decisório, identificação e hierarquização dos objetivos fundamentais dos atores, escolha dos atributos, definição das alternativas e estimativa dos níveis dos atributos por alternativa (GALVES, 2005).

O contexto decisório é caracterizado pelos seguintes elementos: nível de decisão, limites geográficos e temporais, atores e decisor. O nível de decisão pode ser estratégico, abrangendo políticas, planos e programas, ou se referir a um projeto específico. Neste caso, trata-se de um projeto em âmbito municipal. O trecho de leito férreo considerado situa-se entre a estação rodoviária e a Avenida Brasil, com uma extensão de 2,3 km. O prazo adotado para a implantação do projeto é de cinco anos.

Um ator é um indivíduo ou grupo de indivíduos que influencia direta ou indiretamente a decisão, por meio de seu sistema de valores (ROY; BOUYSSOU, 1993). Neste caso, foram considerados os seguintes atores: Secretaria Municipal de Transportes, Secretaria Municipal do Verde e Desenvolvimento Sustentável, população, usuários e empreendedores imobiliários. O secretário municipal de Transportes foi considerado o decisor, pois ele é o responsável pelo gerenciamento do trânsito e dos transportes em Campinas.

Para identificar os objetivos dos atores, adotou-se o procedimento sugerido por Keeney (1992), que consiste em perguntar a um ator quais seriam os objetivos na perspectiva de outro ator. Esse procedimento foi aplicado por um facilitador (a autora) em reuniões com um grupo de três pesquisadores em transportes da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP.

Uma vez obtida a lista de objetivos, é necessário identificar os objetivos fundamentais que expressam as razões essenciais de interesse dos atores no problema de decisão (KEENEY, 1992). Assim, para cada objetivo da lista, perguntou-se ao grupo de pesquisadores: Por que este objetivo é importante? Duas respostas são possíveis: o objetivo é importante para atingir um outro objetivo ou o objetivo é importante por si mesmo. No primeiro caso, trata-se de um objetivo-meio e, no segundo caso, de um objetivo fundamental. Os objetivos fundamentais assim obtidos foram detalhados e organizados em uma hierarquia, apresentada na Figura 1.

Há cinco objetivos fundamentais abaixo do objetivo geral: reduzir impactos ambientais, custos e tempo de viagem, melhorar a segurança e valorizar os imóveis. Impactos ambientais foram subdivididos em emissão de poluentes (ruídos e poluentes locais) e vida em comunidade. Os custos se referem à tarifa e à implantação da infraestrutura e a segurança diz respeito a acidentes, roubos e furtos.

A cada objetivo fundamental do último nível da hierarquia foi associado um atributo, que mede o desempenho desse objetivo. Há três tipos de atributo: natural (ou direto), construído e indireto (KEENEY, 1992). Um atributo natural mede diretamente o objetivo; um atributo construído é desenvolvido especificamente para um dado contexto decisório. Quando não há um atributo natural e não se consegue construir um atributo, recorre-se a um atributo indireto.

Um atributo é caracterizado por um nome, uma escala quantitativa ou qualitativa e dois níveis de referência: o melhor nível viável e o pior nível aceitável. Os atributos definidos neste estudo são apresentados na Tabela 1.

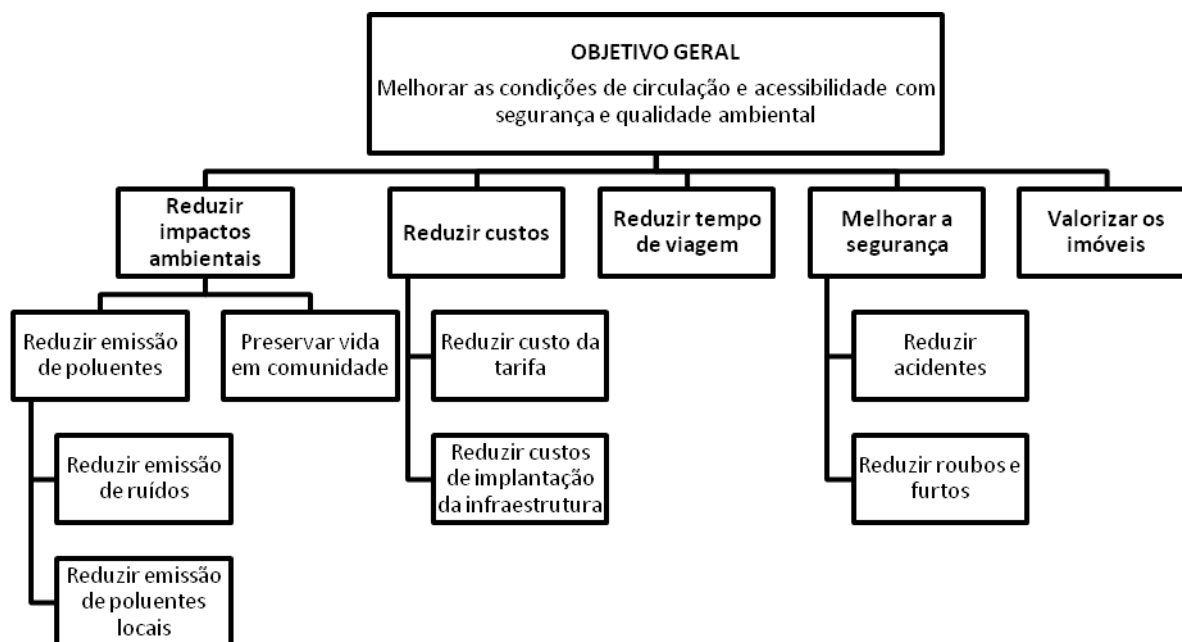


Figura 1. Hierarquia dos objetivos fundamentais.

Tabela 1. Atributos.

Nome do atributo	Tipo	Escala	Melhor nível viável	Pior nível aceitável
Nível de ruído	Direto	Decibel	60	85
Índice de qualidade do ar	Construído	Escala qualitativa	Boa	Regular
Tipo de atividade desenvolvida no espaço público	Construído	Escala qualitativa	A	E
Custo de implantação	Direto	R\$/km	5 milhões	70 milhões
Aumento da tarifa	Direto	%	0%	50%
Tempo de viagem	Direto	Minutos	5	12,5
Acidentes	Construído	Escala qualitativa	A	E
Diminuição de roubos e furtos	Direto	%	20%	0%
Valorização dos imóveis	Direto	%	30%	0%

O atributo nível de ruído foi definido com base na norma NBR 10.151 (ABNT, 2003). Para o índice de qualidade do ar, utilizou-se a escala da CETESB (2013), que varia de boa a péssima. Neste trabalho, adotaram-se apenas dois níveis para a qualidade do ar: boa e regular.

Para medir o objetivo “preservar a vida em comunidade”, foi construído um atributo que considera as atividades desenvolvidas nos espaços públicos para manter e até melhorar a interação entre a comunidade e seu entorno (Tabela 2).

Tabela 2. Tipo de atividade desenvolvida no espaço público.

Nível	Descrição	
A	Atividades de entretenimento planejadas (ex., Centro de Convivência de Campinas)	Melhor nível
B	Atividades de recreação e brincadeiras (praças com parquinhos, bancos, banca de jornal)	
C	Atividades de curta permanência (paradas e pausas – esperar ônibus, sentar em bancos etc.)	
D	Atividades de passear (caminhada pela área)	
E	Atividades de deslocamento (somente ir e vir)	Pior nível

Os níveis dos custos de implantação da infraestrutura foram estimados a partir de valores médios utilizados pela Secretaria Municipal de Infraestrutura de Campinas. Para o aumento da tarifa, admitiu-se que o melhor nível é aquele em que a tarifa se mantém no mesmo valor atual após a implantação do projeto. Para o pior nível, considerou-se um aumento de até 50%, resultado de mudanças de tecnologia das alternativas a estudadas.

O tempo de viagem foi estimado considerando velocidades médias para diferentes modos de transporte (ônibus em sistema viário comum, BRT e VLT) e a distância percorrida no trecho. Dessa forma, obteve-se o tempo de 5 minutos para o melhor nível do atributo e 12,5 minutos para o pior nível.

Para medir o objetivo “reduzir acidentes”, foi construído um atributo que combina a redução dos atropelamentos e das colisões na área do projeto (Tabela 3).

Tabela 3. Acidentes.

Nível	Atributo	
A	Nenhum atropelamento e redução de 30% nas colisões	Melhor nível
B	Nenhum atropelamento e redução de 20% nas colisões	
C	Nenhum atropelamento e redução de 15% nas colisões	
D	0% de redução nos atropelamentos e de 10% nas colisões	
E	0% de redução nos atropelamentos e de 5% nas colisões	Pior nível

A diminuição de roubos e furtos foi estimada com base nos dados fornecidos pela Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo para a cidade de Campinas entre 2000 e 2012. A partir desses dados, adotou-se uma diminuição de 20% nos roubos e furtos (quantidade de delitos para cada 100 mil habitantes) como o melhor nível e nenhuma diminuição para o pior nível do atributo.

Estudos realizados nos EUA e Canadá indicam que a implantação de infraestrutura de transporte coletivo aumenta os valores de imóveis residenciais entre 5% e 10% e de imóveis comerciais entre 10% e 30% ao longo do eixo de transportes (DOHERTY, 2004). Assim,

adotou-se uma valorização imobiliária no entorno do empreendimento de 30% para o melhor nível e o pior nível corresponde a não haver valorização dos imóveis.

As seguintes alternativas foram propostas: sistema viário comum, sistema viário local com ciclovia, *bus rapid transit* (BRT) e veículo leve sobre trilhos (VLT). A implantação de um sistema viário comum segue as orientações para diretrizes viárias da Secretaria de Planejamento de Campinas. Assim, supondo uma largura de 25 m para toda a faixa ferroviária, propõe-se a implantação de uma via com duas faixas por sentido de 3,5 m cada, separadas por canteiro central de 4 m com calçadas de 3,5 m de cada lado. Não há prioridade para o transporte público, apenas a instalação de pontos de ônibus junto às calçadas.

No sistema viário local com ciclovia, propõe-se a implantação de uma via com uma faixa por sentido de 3,5 m cada, mais ciclovia de 1,5 m por sentido e estacionamento local com 2 m; as faixas são separadas por canteiro central de 4 m. Neste sistema viário não está prevista a passagem de transporte público.

O sistema BRT compreende um corredor de ônibus com especificidades na sua infraestrutura, nos veículos e na tecnologia de monitoramento; configura-se como um sistema de média capacidade, podendo, em alguns casos, atender até 40 mil passageiros por hora por sentido. A proposta de implantação de um BRT neste eixo somente se justifica, do ponto de vista da demanda, se fizer parte de um eixo maior de transporte.

O VLT é um sistema de transporte coletivo de média capacidade, que atende à demanda de até 20 mil passageiros por hora por sentido, sobre trilhos, de forma compartilhada com o tráfego ou em vias segregadas. Destaca-se por utilizar energia elétrica e, portanto, sem emissão de poluentes locais.

Essas alternativas foram avaliadas utilizando-se o método da função de valor multiatributo na forma aditiva, expresso pela equação 1.

$$V(A) = w_1.v_1(A) + w_2.v_2(A) + w_3.v_3(A) + \dots + w_n.v_n(A) \quad (1)$$

onde:

$V(A)$  é o valor global da alternativa A.

$v_1(A), v_2(A), \dots, v_n(A)$  são os valores da alternativa A nos atributos 1, 2, ..., n.

$w_1, w_2, \dots, w_n$  são as constantes de escala dos atributos 1, 2, ..., n.

n é o número de atributos.

Uma função de valor expressa as preferências de um ator em relação a níveis de um atributo. As constantes de escala expressam as preferências entre os atributos e transformam valores locais (isto é, em cada atributo) em valores globais. Na função de agregação aditiva, a somatória das constantes de escala é igual a um. As funções de valor e as constantes de escala foram obtidas em reuniões com o grupo de pesquisadores.

O método utilizado para a construção das funções de valor foi o da pontuação direta (ENSSLIN *et al.*, 2001). Ao melhor e ao pior níveis de cada atributo associam-se os valores 100 e zero, respectivamente. Pede-se ao decisor que expresse numericamente o valor de outros níveis do atributo entre estes extremos. Um exemplo de função de valor é apresentado na Figura 2.

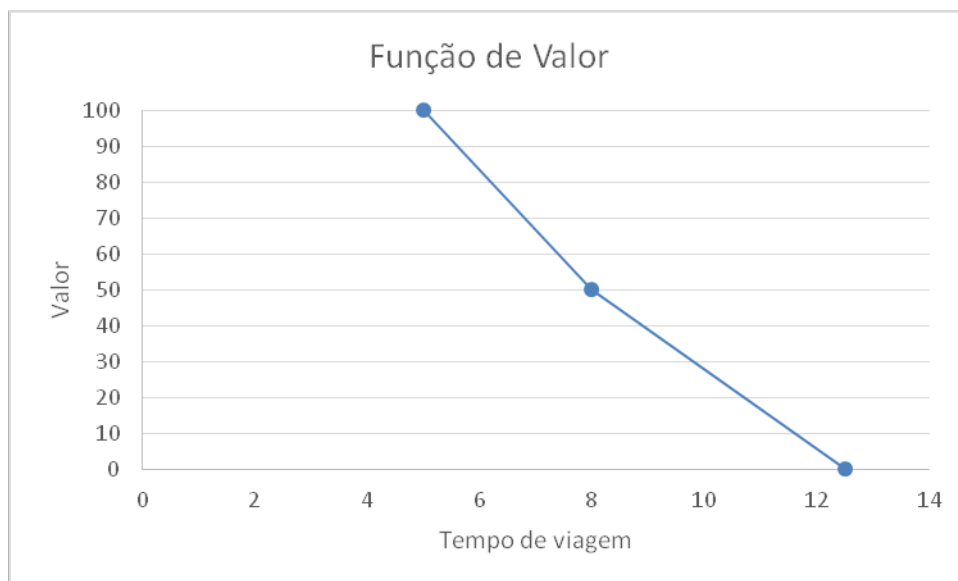


Figura 2. Função de valor para o atributo tempo de viagem.

Para a obtenção das constantes de escala, adotou-se o método *swing weights* (ENSSLIN *et al.*, 2001). Inicialmente, considera-se que todos os atributos estejam em seu pior nível. Pede-se que o decisor escolha um atributo que ele gostaria de passar para o melhor nível. A este salto (*swing*) atribuem-se 100 pontos. Em seguida, pergunta-se ao decisor qual atributo ele passaria do pior para o melhor nível em segundo lugar e quanto valeria este salto. Repete-se o procedimento até que se definam os saltos para todos os atributos. As magnitudes dos saltos são medidas em relação ao primeiro. Finalmente, normalizam-se os saltos, obtendo-se as constantes de escala. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Constantes de escala.

Nível da hierarquia	Atributo	Salto	Constante de escala (w)
3º Nível	Nível de ruído	100	0,56
	Índice de qualidade do ar	80	0,44
2º Nível	Emissão de poluentes	100	0,62
	Tipo de atividade no espaço público	60	0,38
2º Nível	Custo de implantação	100	0,57
	Aumento da tarifa	75	0,43
2º Nível	Diminuição de roubos e furtos	90	0,48
	Acidentes	100	0,52
1º Nível	Impactos ambientais	80	0,20
	Custos	90	0,23
	Tempo de viagem	100	0,25
	Segurança	75	0,19
	Valorização dos imóveis	50	0,13

Uma vez definidas as funções de valor, é preciso estimar os níveis dos atributos por alternativa para obter o valor de cada alternativa em cada atributo (avaliação local) por interpolação na respectiva função de valor. Os níveis dos atributos e as avaliações locais são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5. Níveis dos atributos e avaliações locais por alternativa.

Atributo	Sistema viário comum		Sist. viário local com ciclovia		BRT		VLT	
	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor	Nível	Valor
Nível de ruído	75	35	65	70	81	18	74	38
Índice de qualidade do ar	Regular	0	Bom	100	Regular	0	Bom	100
Tipo de atividade desenvolvida no espaço público	D	25	A	100	C	50	B	80
Custo de implantação	R\$5 milhões	100	R\$5 milhões	100	R\$10 milhões	90	R\$70 milhões	0
Aumento da tarifa	10%	70	15%	55	0%	100	50%	0
Acidentes	B	80	A	100	D	20	C	40
Diminuição de roubos e furtos	20%	100	15%	60	10%	48	10%	48
Valorização dos imóveis	20%	70	0%	0	10%	50	30%	100
Tempo de viagem	8,3	47	12,5	0	6	85	5	100

As avaliações locais foram agregadas a partir do terceiro nível da hierarquia dos objetivos fundamentais, multiplicando-se os valores dos atributos por alternativa (Tabela 5) pelas constantes de escala (Tabela 4). Em seguida, a agregação foi feita no segundo nível da hierarquia e, finalmente, no primeiro nível.

Os resultados da avaliação no primeiro nível foram organizados em um perfil de impacto (Figura 3) e os valores globais são apresentados na Tabela 6. Observa-se, na Figura 3, que o sistema viário comum e o BRT apresentam bom desempenho em vários objetivos fundamentais e não possuem desempenho nulo em nenhum dos objetivos.

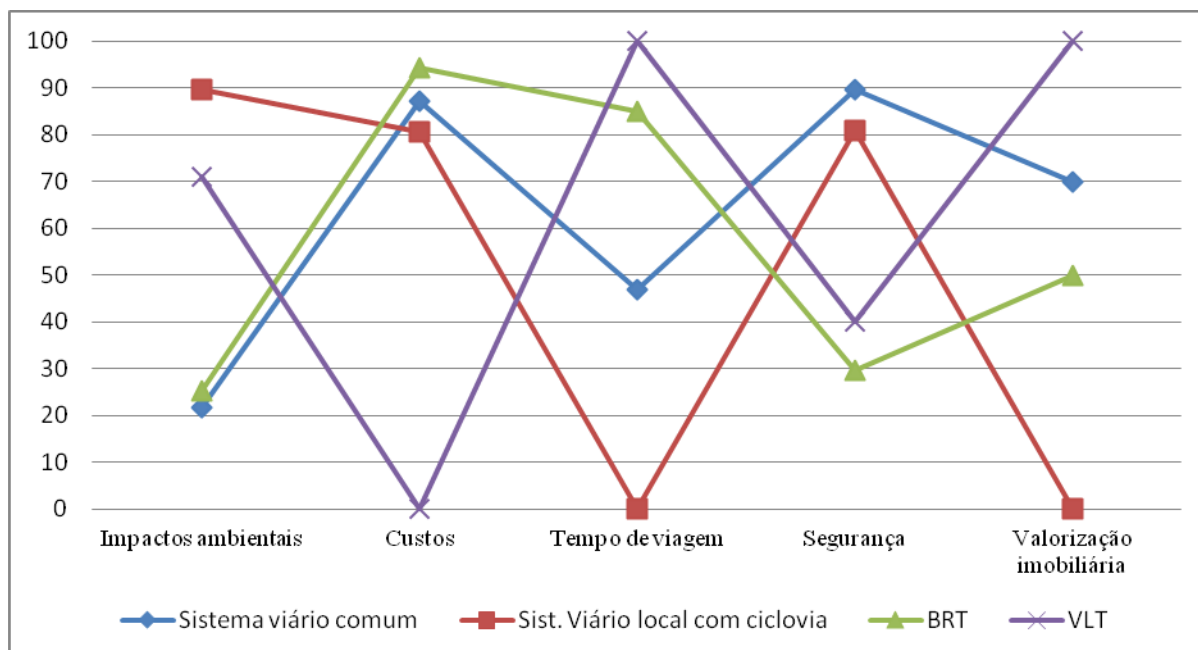


Figura 3. Perfil de impacto das alternativas no primeiro nível da hierarquia.

Tabela 6. Avaliação global das alternativas.

Alternativa	Valor global
Sistema viário comum	62,2
BRT	60,1
VLT	59,8
Sist. viário local com ciclovias	51,8

A avaliação global deve ser interpretada em relação à diferença de valor entre pares de alternativas. Por exemplo, a diferença entre o sistema viário comum, que é a alternativa com maior valor global, e o BRT é de 2,1 pontos.

## CONCLUSÕES

O trabalho enfatiza a necessidade de se estruturar adequadamente um problema em que diversos atores estão envolvidos com interesses distintos. O auxílio multicritério à decisão é uma metodologia muito útil nesses casos, pois permite que todos os interesses sejam explicitamente considerados ao longo do processo de decisão.

Campinas e seus espaços ferroviários possuem relações complexas entre si, colocando o assunto em destaque ao se discutir o crescimento da cidade e do transporte urbano. Estes espaços abrangem grandes extensões que possuem características próprias e, muitas vezes, distintas.

Os leitos férreos desativados de Campinas, que inicialmente possuíam linearidade e coesão, com o passar do tempo e com as rápidas mudanças na matriz de transporte (do



ferroviário para o rodoviário), tornaram-se decadentes, deixando uma área importante do centro da cidade abandonada.

Este trabalho, que analisa um trecho desses leitos férreos, localizado no centro da cidade, apresenta como melhor alternativa a implantação de um sistema viário comum, partindo da estação rodoviária até o encontro com a Avenida Brasil. Tal proposta, dentro do contexto decisório, se destacou em atributos como custo de implantação, tarifa e segurança, contribuindo para o desenvolvimento da região.

No entanto, devido à pequena diferença entre o valor global dessa alternativa e o valor global do BRT e do VLT, recomenda-se que seja explorada outra alternativa, combinando o sistema viário comum com o transporte público, estruturado em um corredor exclusivo ou prioritário junto ao canteiro central. Essa alternativa permitiria melhorias no desempenho ambiental e no tempo de viagem, não implicando grandes aumentos de custos de implantação e melhorando a operação do transporte público.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BELTON, V.; STEWART, T. J. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Padrões de qualidade do ar**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/>. Acesso em 11/11/2013.

DOHERTY, M. **Funding public transport development through land value capture programs**. 2004. Disponível em: <http://www.cooperativeindividualism.org/doherty-matthew-land-value-capture.pdf>. Acesso em: 11/11/2013.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M. **Apoio à decisão. Metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001.

GALVES, M. L. Structuring decision situations: a brief overview. In: **Advances in multicriteria decision aid** (J.-P. Barthélemy e P. Lenca, Eds.), p. 32-40. Brest: GET/ENST Bretagne, 2005.

KEENEY, R. L. **Value-focused thinking: a path to creative decisionmaking**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1992.

ROY, B; BOUYSSOU, D. **Aide multicritère à la décision: méthodes et cas**. Paris: Economica, 1993.

SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <http://www.ssp.sp.gov.br/novaestatistica/Pesquisa.aspx>.

SIMON, H. A. **The new science of management decision**. New York: Harper & Row, 1960.