MARCUS VINICIUS LISBOA

**CONTRIBUIÇÃO PARA TOMADA DE DECISÃO NA
CLASSIFICAÇÃO E SELECÇÃO DE ALTERNATIVAS
DE TRAÇADO PARA RODOVIAS EM TRECHOS
URBANIZADOS**

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

São Paulo

2002

MARCUS VINICIUS LISBOA

**CONTRIBUIÇÃO PARA TOMADA DE DECISÃO NA
CLASSIFICAÇÃO E SELECÇÃO DE ALTERNATIVAS
DE TRAÇADO PARA RODOVIAS EM TRECHOS
URBANIZADOS**

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

Área de concentração:
Engenharia de Transportes

Orientador:
Prof. Dr. Jaime Waisman

São Paulo
2002

FICHA CATALOGRÁFICA

Lisboa, Marcus Vinicius

Contribuição para tomada de decisão na classificação e seleção de alternativas de traçado para rodovias em trechos urbanizados / Marcus Vinicius Lisboa. – São Paulo, 2002. 194p.

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

1.Rodovias (Planejamento; Traçado) 2.Impactos ambientais I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II.t.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. Jaime Waisman pela dedicação, atenção e incentivo.

À minha esposa Alessandra pela compreensão e estímulo.

Aos meus pais Paulo e Vera pela educação dada e por terem me proporcionado a oportunidade de estudar.

Às empresas em que atuei durante o período de realização deste trabalho pela compreensão e auxílio.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a elaboração deste trabalho

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AASHOT	American Association of State Highway and Transportation Officials
AEIA	Avaliação Estratégica de Impactos Ambientais
AHP	Analytic Hierarchy Process
a_{ij}	Elemento da linha i com a coluna j de uma matriz
ANP	Analytic Network Process
APA	Área de Proteção Ambiental
APIA	Avaliação Preliminar de Impactos Ambientais
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSD	Context Sensitive Design
DEIA	Detailed Environmental Impact Assessment
DERSA	Desenvolvimento Rodoviário S.A
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EUA	Estados Unidos da América
FHWA	Federal Highway Administration
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IC	Índice de Consistência
IR	Índice Randômico
KBES	Knowledge Based Expert System
MAH	Método de Análise Hierárquica
ONG	Organizações Não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
PDDT	Plano Diretor de Desenvolvimento de Transporte
PEIA	Preliminary Environmental Impact Assessment
PIARC	Permanent International Association of Road Congress
RC	Razão de Consistência
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SAIMM	South African Institute of Mining and Metallurgy

SEIA	Strategic Environmental Impact Assessment
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
UNIPROD	Desapropriação de Unidades Produtivas
URBANO	Impactos no Uso do Solo Urbano
VDM	Volume Diário Médio
WCDE	World Commission on Environment and Development
WWW	World Wide Web
$\lambda_{\text{máx}}$	Maior Autovalor de uma Matriz

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.: Política Ambiental – Duas Visões	16
Tabela 2.2.: Avaliação Ambiental – Panorama Mundial	21
Tabela 3.1.: Impactos – Fase de Planos e Programas	38
Tabela 3.2.: Impactos – Fase de Projeto	40
Tabela 3.3.: Impactos – Fase de Obra	42
Tabela 3.4.: Impactos – Fase de Conservação/Restauração	43
Tabela 3.5.: Impactos – Fase de Operação	44
Tabela 3.6.: Experiências Anteriores	46
Tabela 3.7: Santa Bárbara Highway – Critérios e Indicadores	49
Tabela 3.8.: Contorno de Purcaster – Critérios e Indicadores	58
Tabela 3.9.: Rodovia A55 – Critérios e Indicadores (Fase 1)	61
Tabela 3.10.: Rodovia A55 – Critérios e Indicadores (Fase 2)	62
Tabela 3.11.: Rodoanel de São Paulo – Critérios e Indicadores	64
Tabela 3.12.: SAIMM– Critérios e Indicadores	67
Tabela 3.13.: Experiências Anteriores – Quadro Comparativo	69
Tabela 4.1.: Matriz de Comparação Paritária (Matriz de Julgamentos)	85
Tabela 4.2.: Matriz Genérica de Comparação Paritária	86
Tabela 4.3.: Fatores	86
Tabela 4.4.: Número de ordem vs. Índice Randômico	90
Tabela 5.1.: Critérios e Indicadores Sugeridos para o Modelo Proposto	94
Tabela 5.2.: Critérios e indicadores sugeridos por especialistas (“brainstorming”) para o modelo proposto	96
Tabela 5.3.: Critérios e Indicadores do Modelo Proposto	97
Tabela 6.1.: Quantitativos dos critérios e indicadores definidos para o Estudo de Caso	113
Tabela 6.2.: Correlação de fatores de julgamento	121
Tabela 6.3.: Relação de matrizes de comparações paritárias	123
Tabela 6.4.: Pesos globais das alternativas de traçado analisadas	129
Tabela 6.5.: Resultados dos Julgamentos médios por grupos	131
Tabela 6.6.: Alternativas de traçado selecionadas: Estudo de Caso vs. DERSA	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Bases Fundamentais do Desenvolvimento Sustentável	17
Figura 2.2.: Organização da Agência Rodoviária Integrada ao Meio Ambiente	23
Figura 2.3.: Análise Ambiental: Estrutura e Inter-relacionamentos	27
Figura 4.1.: Modelo de Hierarquização para Avaliação de Alternativas	83
Figura 6.1.: Rodoanel Mário Covas	110
Figura 6.2.: Alternativas de traçado a serem analisadas	112
Figura 6.3.: Exemplos de tabulação	122
Figura 6.4.: Pesos Locais e Pesos Globais – exemplo de apresentação	127
Figura 6.5: Pesos Globais resultantes para o modelo proposto – média de todos os questionários	128

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

RESUMO

ABSTRACT

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVO	3
1.2	JUSTIFICATIVA.....	4
1.3	METODOLOGIA	5
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	6
2	A VARIÁVEL AMBIENTAL EM EMPREENDIMENTOS RODOVIÁRIOS.....	8
2.1	A EVOLUÇÃO DA ENGENHARIA RODOVIÁRIA.....	8
2.2	PANORAMA MUNDIAL ATUAL	17
3.	AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA E PRELIMINAR: DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS E INDICADORES	31
3.1	IMPACTOS AMBIENTAIS	32
3.2	PLANEJAMENTO RODOVIÁRIO SUSTENTÁVEL: ANÁLISE DE EXPERIÊNCIAS ANTERIORES.....	46
3.2.1	CASO DA SANTA BÁRBARA HIGHWAY	47
3.2.2	O CASO DA RODOVIA M4, CONTORNO DA CIDADE DE CARDIFF, REGIÃO SUL DO PAÍS DE GALES.....	50
3.2.3	O CASO DA FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION - FHWA	52
3.2.4	O CASO DO DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE, RODOVIAS, SEGURANÇA E TRÁFEGO DO REINO UNIDO DA GRÃ-BRETANHA, EXEMPLIFICADO PELO CONTORNO DA CIDADE PURCASTER.....	56
3.2.5	O CASO DA RODOVIA A55 - RODOVIA COSTEIRA NA REGIÃO NORTE DO PAÍS DE GALES	59
3.2.6	O CASO DO RODOANEL DE SÃO PAULO, BRASIL.....	63
3.2.7	O CASO DA <i>SOUTH AFRICAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY</i> - SAIMM, ÁFRICA DO SUL.	66
3.2.8	QUADRO COMPARATIVO.....	68

4	MÉTODO DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO	73
4.1	MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA – MAH	81
5	O MODELO PROPOSTO	91
5.1	DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS E INDICADORES PARA O MODELO PROPOSTO ..	91
6	APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO: ESTUDO DE CASO.....	108
6.1	ESTRUTURAÇÃO DO MODELO	109
6.1.1	O SEGMENTO RODOVIÁRIO A SER ESTUDADO.....	109
6.1.2	A ESTRUTURAÇÃO HIERÁRQUICA	115
6.2	JULGAMENTOS COMPARATIVOS.....	115
6.3	CONSISTÊNCIA DOS JULGAMENTOS	122
6.4	DETERMINAÇÃO DAS PRIORIDADES RELATIVAS E CONSOLIDAÇÃO DE TODOS OS PESOS.....	127
6.5	RESULTADOS OBTIDOS	129
6.5.1	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	131
6.5.2	ANÁLISE COMPARATIVA.....	135
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	137
	ANEXOS	141
	ANEXO A: ESPECIALISTAS ENVOLVIDOS NO “BRAINSTORMING”	141
	ANEXO B: DENOMINAÇÕES DE CRITÉRIOS E INDICADORES NO <i>EXPERT CHOICE</i>	142
	ANEXO C: ESTRUTURA HIERÁRQUICA APRESENTADA NO <i>EXPERT CHOICE</i>	143
	ANEXO D: ATORES ENVOLVIDOS	144
	ANEXO E: CADERNO DE ENTREVISTAS.....	145
	ANEXO F: FATORES DE JULGAMENTOS “ADOTADOS”	145
	ANEXO G: FATORES DE JULGAMENTOS “MAH”.....	145
	ANEXO H: RAZÕES DE CONSISTÊNCIA - RC.....	145
	ANEXO I: PESOS GLOBAIS	173
	ANEXO J: ANÁLISES DE SENSIBILIDADE	145
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	189

RESUMO

Esta dissertação trata de um processo metodológico a ser empregado na etapa de planejamento de rodovias que atravessam áreas urbanizadas. Estuda-se o desenvolvimento de uma análise multicriterial para a seleção de um melhor traçado para a futura rodovia, levando em consideração não apenas questões geométricas de engenharia, historicamente utilizadas para a definição de diretrizes rodoviárias, mas agregando quesitos cada vez mais importantes para a sociedade moderna, como as questões ambientais.

Inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica de algumas experiências internacionais e uma nacional, onde o estudo de alternativas considerou diversos aspectos, inclusive os ambientais, a fim de embasar a definição de um conjunto de critérios e indicadores para a análise e avaliação de alternativas de traçado. Posteriormente, com o apoio de especialistas rodoviários e ambientais estabeleceu-se um novo conjunto de critérios e indicadores de avaliação para a metodologia proposta. A seguir, o número de critérios e indicadores foi reduzido e revisto para a sua aplicação em um estudo de caso, em função dos dados disponíveis. Assim, o modelo proposto para análise e avaliação das alternativas de traçado foi desenvolvido em etapas sucessivas – desde a pesquisa bibliográfica até a disponibilização de dados – conformando um conjunto hierarquizado de critérios e indicadores.

Realizou-se uma aplicação deste método (Estudo de Caso) ao estudo de alternativas de traçado de um trecho do Rodoanel Mario Covas, na Região Metropolitana de São Paulo, através de entrevistas com diversos atores da sociedade e aplicação do Método de Auxílio à Tomada de Decisão denominado Método de Análise Hierárquica - MAH.

Os resultados obtidos no estudo de caso apresentado permitem considerar o modelo proposto como válido para ser aplicado na etapa de planejamento de uma rodovia que atravessa área urbanizada, ensejando o início de uma avaliação de impactos ambientais em nível estratégico e preliminar, apontando os aspectos ambientais como os mais críticos e determinantes em um estudo de alternativas de traçado deste tipo. Assim, entende-se que as alternativas de traçado recomendadas através da aplicação do modelo proposto foram as que apresentaram impactos ambientais menos críticos, em conformidade com os julgamentos dos atores representantes dos diversos setores da sociedade envolvidos com o assunto.

ABSTRACT

This dissertation deals with a methodological process to be applied during the planning stage of urban expressways. A multicriterial analysis is proposed to select the most adequate alignment of the future highway, considering not only geometrical engineering factors, usually taken in account in highway design, but including other important questions of a modern society, such as the environmental ones.

Initially, a bibliographical review was conducted involving international and brazilian experiences, where the study of alignment alternatives took in account several factors, including the environmental ones, in order to define a set of criteria and indicators to be used in the evaluation of different alternatives. Then, with the support of highway and environment specialists, a new set was proposed. Finally, the number of criteria and indicators was reviewed and reduced to conform to available data and applied in a case study.

The model proposed to analyse and evaluate alignment alternatives was developed in successive stages – from bibliographical review to data collection – establishing a hierarchical set of criteria and indicators. This model was applied in a case study related to the study of alignment alternatives of the São Paulo Ring Road, through interviews with different agents and the application of the Analytic Hierarchy Process – AHP.

Results obtained indicated that the proposed model is suitable to be applied in the planning stage of an urban expressway, leading to strategic environmental impact assessment, and pointing environmental factors as the most critical and important ones in an alignment alternatives study. It is understood that the selected alternatives under this process are the ones that present less critical environmental impacts, according to judgements expressed by different agents from several society sectors involved with this matter.

1 INTRODUÇÃO

A seleção dos traçados no planejamento das primeiras rodovias, projetadas e construídas através de métodos da engenharia moderna, somente considerava aspectos geométricos e geotécnicos, baseados no mínimo custo para a construção com um relativo retorno financeiro dos investimentos. Havia pouca ou praticamente nenhuma participação da sociedade na definição da diretriz dos traçados rodoviários, que eram totalmente determinados pelo Poder Público (Lober; Wilson, 1988).

O crescimento econômico das cidades aumentou o inter-relacionamento entre as mesmas, tanto através do transporte de pessoas como de mercadorias. Os diversos modos de transporte se desenvolveram para suprir esta demanda, porém o modo rodoviário, devido às suas vantagens como conforto, praticidade e eficiência econômica, entre outras, foi o que mais se desenvolveu. Somando-se a isto houve também uma popularização do automóvel, aumentando em muito o seu uso por todo o mundo e, conseqüentemente, o investimento na implantação e manutenção de infraestrutura viária fez-se cada vez mais necessário.

Porém, juntamente com a ampliação da malha rodoviária, aumentaram também os problemas gerados pelo seu tráfego. O primeiro impacto resultante que alarmou os governantes, os usuários, a população residente nos arredores das rodovias e a comunidade técnica, foi o dos acidentes de trânsito, agravados ainda mais nos trechos em que as rodovias atravessavam áreas urbanizadas. Este fato resultou em investimentos para modernização de veículos e das técnicas de projeto, visando garantir a segurança nas rodovias, aumento da preocupação com a educação e com a fiscalização do tráfego, entre outras medidas de planejamento e operação.

Mais tarde, a poluição ambiental somou-se às preocupações já existentes na sociedade. Diversos efeitos nocivos ao meio ambiente passaram a ser investigados, identificando-se que o maior responsável pela poluição atmosférica, por exemplo, era de fato o veículo automotor, devido aos gases resultantes da queima de seus

combustíveis. Assim, a partir da década de 1970, o meio técnico, principalmente nos EUA, passou também a considerar o que a implantação de uma nova rodovia poderia proporcionar consequências negativas à qualidade de vida da população residente nas proximidades da mesma e ao próprio usuário, considerando aspectos como ruído, desmatamentos, desapropriações, interferências nas diretrizes dos planos diretores dos municípios atravessados, entre outros impactos.

Esta conjuntura conformou-se como o início da preocupação da engenharia rodoviária com a preservação ambiental na implantação de empreendimentos de infraestrutura. Toda uma ciência eco-desenvolvimentista prosperou nas duas décadas seguintes e o desenvolvimento sustentável passou a ser considerado em diversas nações, a fim de que o desenvolvimento humano acontecesse em equilíbrio com o meio ambiente natural à sua volta.

No Brasil, ainda que a Lei Federal 6938/81 já prescrevesse a elaboração de “Avaliação de Impactos Ambientais”, os Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental foram introduzidos efetivamente em nosso meio em 1986 a partir da Resolução CONAMA nº 01/86 (Lopes, 1999). Desde então diversos impactos ambientais identificados nestes estudos foram mitigados e minimizados, preservando o meio ambiente, sua fauna, flora e recursos naturais, garantindo qualidade de vida à vizinhança e aos usuários das rodovias.

Porém, segundo alguns autores, os Estudos de Impactos Ambientais e os respectivos Relatórios de Impactos Ambientais - EIA-RIMA, com certas exceções, sendo realizados após os estudos de alternativas, certas vezes após projeto básico, focam primeiramente **como** o projeto em questão pode se desenvolver, a fim de que sejam minimizados os impactos adversos. Nesta etapa, as questões prioritárias deveriam ser **quando, onde e qual tipo** de desenvolvimento deve ser implantado, a fim de que em todas as etapas de implantação do empreendimento o equilíbrio com o meio ambiente seja preservado. Portanto, estas questões já deveriam ser consideradas desde a etapa mais inicial do processo político de decisão, ou seja, desde a etapa de planejamento da nova rodovia e da escolha da alternativa de traçado a ser detalhada.

O que ocorre de fato é que geralmente estas decisões se dão com pouca ou nenhuma análise ambiental (Sadler apud Donnelly; Dalal-Clayton; Hughes, 1998).

1.1 Objetivo

Uzelac; Veljkovic (1995), partindo do princípio de que a implantação de uma rodovia seja componente integrante de um Planejamento Sócio-econômico e de Distribuição Espacial, mostram que o cumprimento de todas as etapas do empreendimento deve estar concatenado com todas as demais atividades, incluindo a Avaliação de Impactos Ambientais.

Donnelly; Dalal-Clayton; Hughes (1998) consideram que um processo sistemático de avaliação antecipada das consequências de uma política, de um plano ou de um programa de infraestrutura assegura que aspectos ambientais, bem como fatores econômicos e sociais, sejam considerados o mais breve possível, desde o estudo de alternativas. Este tipo de avaliação, denominada pelos autores como *Strategic Environmental Impact Assessment* (SEIA), ou Avaliação Estratégica de Impactos Ambientais, pode ser considerada como um auxílio à tomada de decisão, bem como um instrumento temporário, ou de transição, que indica o objetivo da tomada de decisão sobre esses impactos já na etapa de planejamento.

Portanto, procura-se nesta dissertação desenvolver uma metodologia de auxílio à tomada de decisão, aplicativa na etapa de planejamento de uma nova rodovia que atravessa área urbanizada, a fim de que a escolha da alternativa de traçado a ser recomendada para implantação seja melhor embasada tecnicamente em seus aspectos ambientais, ensejando assim o início de uma avaliação de impactos ambientais em nível estratégico e preliminar.

1.2 Justificativa

A implantação de uma rodovia, enfocados os aspectos ambientais desde a etapa de estudo de alternativas de traçado, é considerada por técnicos e consultores de países desenvolvidos como o mais correto e econômico caminho para assegurar o bom desenvolvimento de um empreendimento rodoviário. Os problemas detectados pelos estudos ambientais podem geralmente ser corrigidos de maneira muito mais econômica nas etapas iniciais, do que se forem encontrados mais adiante. Se esses estudos são realizados o mais breve possível, durante a implantação de um novo empreendimento rodoviário, certamente haverá benefícios reais durante todo o restante do processo de implantação. A realização de estudos ambientais e de segurança, exigidos pelas agências de financiamento, aumenta os custos iniciais, porém o produto final torna-se muito melhor devido a este investimento inicial (McCormack, 2001).

Assim, como o projeto de uma rodovia que atravessa trecho urbanizado sempre está sujeito a inúmeros obstáculos, gerando uma série de impactos e, conseqüentemente grande repercussão na opinião pública, a tomada de decisão para a definição da melhor diretriz de traçado para esta futura rodovia pode ser considerada como uma das etapas mais importantes e delicadas para o sucesso do empreendimento.

Portanto, um empreendimento rodoviário em trecho urbanizado, caracterizado pela sua multidisciplinaridade no que tange aos aspectos de engenharia da sua implantação, necessita uma análise criteriosa, fundamentada em uma metodologia de auxílio à tomada de decisão que assegure ao empreendedor e aos demais agentes envolvidos em sua implantação, uma ordenação das alternativas de traçado propostas, e finalmente a indicação da solução mais adequada. Obtido o Licenciamento Ambiental, a alternativa selecionada será detalhada em projeto e posteriormente implantada provavelmente com sucesso, respeitando o meio ambiente e em consonância com os anseios da sociedade.

É através do desenvolvimento sustentável, que se busca a satisfação das necessidades presentes sem comprometer a capacidade de satisfazer as necessidades de futuras gerações, consideradas as limitações associadas ao estágio tecnológico e de organização social e à capacidade do meio ambiente atender a essas necessidades (Vera; Waisman, 2000).

1.3 Metodologia

O objetivo desta dissertação é a análise e avaliação conjuntas dos diversos aspectos característicos de cada alternativa de traçado de uma rodovia em trecho urbanizado, dentre eles os tradicionalmente adotados, como custos de obra, aspectos geométricos, aspectos geotécnicos, entre outros; e os de características sócio-ambientais, como os ruídos, desmatamentos, os reassentamentos populacionais, entre outros.

Através destas análises e avaliações busca-se subsidiar o processo de tomada de decisão, visando a seleção da alternativa mais adequada.

Inicialmente, abordou-se a evolução da variável ambiental como componente dos empreendimentos rodoviários.

A seguir, realizou-se uma revisão bibliográfica de algumas experiências internacionais e uma nacional, onde o estudo de alternativas considerou diversos aspectos, inclusive os ambientais, a fim de embasar a definição de um conjunto de critérios e indicadores para a análise e avaliação.

A definição de um amplo conjunto de critérios e indicadores mostrou que a adoção pura e simples de uma análise Benefício / Custo não consideraria importantes aspectos não tangíveis / não quantificáveis, por se tratarem de aspectos de caráter subjetivo e qualitativo, de difícil ou mesmo impossível mensuração / monetização. Optou-se, então, pelos Métodos Multicriteriais de Auxílio à Tomada de Decisão, a fim de superar as limitações dos métodos tradicionais. Dentre os diversos métodos

multicriteriais identificou-se a ampla aplicação de um deles nas áreas de transporte e avaliações ambientais, o denominado Método de Análise Hierárquica - MAH, o que levou à utilização deste método nesta dissertação. Além disto, o Método de Análise Hierárquica – MAH é amplamente utilizado também em outras áreas de conhecimento e é facilmente aplicado através do *software Expert Choice*.

Finalmente, o modelo proposto para análise e avaliação das alternativas de traçado é desenvolvido em etapas sucessivas – desde a pesquisa bibliográfica até à disponibilização de dados – conformando um conjunto hierarquizado de critérios e indicadores, que foram utilizados pelos atores envolvidos na comparação entre as alternativas. Os julgamentos destes atores geraram os insumos necessários à aplicação do método MAH e, daí, à classificação e seleção da alternativa mais adequada.

Concluindo, o modelo proposto é testado (estudo de caso) para um segmento do trecho Norte do Rodoanel Mário Covas, na Região Metropolitana de São Paulo.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho foi estruturado em 7 (sete) capítulos e anexos.

Este **capítulo 1** apresenta a introdução, o objetivo, a justificativa da dissertação e a indicação da metodologia proposta, além da descrição da estrutura de todo o trabalho.

O **capítulo 2** tem o propósito de caracterizar como a variável ambiental foi inserida ao longo dos anos em projetos rodoviários e como esta questão encontra-se em desenvolvimento atualmente ao redor do mundo.

O **capítulo 3** caracteriza inicialmente os diversos impactos ambientais ao longo das etapas de implantação de uma rodovia. Em seguida, através de análises de estudos

anteriores, onde a variável ambiental foi considerada no estudo de alternativas, define-se os critérios e indicadores a serem considerados na análise e avaliação das alternativas de traçado.

No **capítulo 4** é realizada a justificativa da escolha do Método de Análise Hierárquica – MAH e uma caracterização geral desta metodologia.

O **capítulo 5** descreve as etapas sucessivas da definição do conjunto hierarquizado de critérios e indicadores, bem como de suas medidas, conjunto este que constitui o modelo proposto de análise e avaliação de alternativas de traçado de rodovias em trecho urbanizado com utilização do método MAH.

O **capítulo 6** trata da aplicação da metodologia proposta. Os critérios e indicadores definidos no capítulo 5 são inseridos no software aplicativo do MAH, o *Expert Choice*, e através de consulta, via entrevista, aos diversos agentes afetados pela implantação de uma rodovia, faz-se sua aplicação em um estudo de caso, relativo a um segmento do trecho Norte do Rodoanel de São Paulo.

O **capítulo 7** apresenta as conclusões e recomendações deste trabalho.

Nos **anexos** são apresentados dados, tabelas e outras informações para facilitar ao leitor a compreensão dos procedimentos adotados no estudo de caso.

2 A VARIÁVEL AMBIENTAL EM EMPREENDIMENTOS RODOVIÁRIOS

2.1 A Evolução da Engenharia Rodoviária

Como em muitos outros setores da área tecnológica, tem-se observado nos transportes um distanciamento entre o fazer profissional e o ambiente (Bittencourt, 1999). Esse fato é resultado não somente de bruscas mudanças socioculturais, que têm como marco o advento do capitalismo, mas também do modelo cartesiano que, ao fragmentar a ciência, promoveu uma separação entre as atividades humanas e o conhecimento sobre o meio que as recebe. Por outro lado, a comunidade, que passou pelos mesmos processos culturais, também deixa de perceber as influências dos empreendimentos na qualidade de seu ambiente como um todo, e não participa das tomadas de decisão. (Bittencourt, 1999)

No caso específico do sistema rodoviário, a seleção dos traçados no planejamento das primeiras rodovias, projetadas e construídas através de métodos da engenharia moderna, somente considerava aspectos geométricos e geotécnicos, baseados no mínimo custo para a construção com um relativo retorno financeiro dos investimentos. Havia pouca ou praticamente nenhuma participação da sociedade na definição da diretriz dos traçados rodoviários, que eram totalmente determinados pelo Poder Público (Lober; Wilson, 1988). Esta situação, somada ao descontrole do uso e ocupação do solo, resultou em severas conseqüências ao meio ambiente em todo o mundo, principalmente nas áreas lindeiras às rodovias.

Esta situação confirma-se nas afirmações de Plowman; Imhoff (1972), que apontam que a localização de rodovias tem sido sempre determinada pelo compromisso entre numerosos conflitos e, às vezes, opiniões resistentes. Considerações estéticas e ambientais no passado tinham pouco peso se comparadas à importância dada para

fatores econômicos, como custo da construção e benefício ou valor para usuários diretos da rodovia.

Ian McHarg apud Plowman; Imhoff (1972) cita que os projetistas para a execução de um projeto de uma nova rodovia não consideravam nada além dos seguintes critérios básicos: o *mix* do tráfego entre automóveis, caminhões e ônibus; o volume de tráfego durante o horário de pico; a capacidade das novas estradas quando percorridas na velocidade de projeto; o tipo de pavimento; estruturas; alinhamentos horizontais e verticais. Conclui que estas considerações estão associadas a uma fórmula falsa de benefício/custo e que as consequências desta miopia institucionalizada são vistas nas cicatrizes deixadas no campo e nas cidades ao redor do mundo.

Apenas a partir da década de 1970, nos países desenvolvidos passou a fazer parte dos processos de planejamento rodoviário a preocupação com o meio ambiente e com o bem estar da população, localizada principalmente na área de influência direta do empreendimento. Em 1969, os EUA, através do ato político denominado “O Meio Ambiente Nacional” e sua subsequente legislação, já haviam criado o Conselho de Qualidade Ambiental, que passou a requerer a preparação de uma Avaliação de Impacto Ambiental para empreendimentos potencialmente impactadores do meio ambiente, dentre os quais as rodovias. As observações de Plowman; Imhoff (1972) confirmam esta tendência: no ano de 1971, artigos publicados em revistas técnicas da época começavam a observar a importância do desenvolvimento da engenharia ambiental no currículo dos engenheiros, sendo que este assunto não deveria ficar restrito simplesmente aos cientistas ambientais, e sim deveria ser adotado como técnica moderna para os Planejadores e Tomadores de Decisão.

Plowman; Imhoff (1972) apontam que estas discussões proporcionaram, na ocasião, uma oportunidade única a um grupo de planejadores ambientais da Universidade Estadual do Maine (EUA), os quais puderam auxiliar engenheiros rodoviários da Agência de Transporte do Estado, a denominada *The Highway Commission*, a escolher o melhor traçado para uma rodovia interestadual.

Esta Agência de Transporte levou um grupo de planejadores universitários a aplicar técnicas de computação, a fim de determinar o traçado mais apropriado para a rodovia proposta, com a diretriz de minimizar os riscos ambientais. Foram apresentadas oito alternativas distintas, as quais foram avaliadas quanto a aspectos relativos à ruptura social e ecológica. As avaliações priorizavam os traçados que tinham os menores custos de implantação, apresentavam menores dificuldades construtivas e preservavam, no mais alto grau, o potencial recreacional, de agricultura e de paisagem da região em questão (o artigo pesquisado não apresentava os indicadores analisados).

Enquanto os estudos científicos estavam em andamento, os engenheiros da Agência de Transporte estavam desenvolvendo seu próprio traçado alternativo, o qual estava sendo aguardado como o traçado final a ser escolhido, sujeito a mudanças e ajustes se necessário. O grupo universitário de planejadores ambientais expressou desapontamento, pois seus estudos cuidadosos e detalhados pareciam ter pouco ou nenhum peso ao processo de decisão final. Entretanto, o engenheiro responsável pela decisão final confirmou que todas as considerações estavam de acordo com os estudos por eles realizados.

A questão era: qual o peso a ser dado aos aspectos ecológicos e a outros fatores ambientais? O grupo de cientistas descreve mais de 130 diferentes fatores, cerca de 4 vezes o então utilizado em um típico *checklist* da agência estadual. Segundo eles, os Tomadores de Decisão da Agência de Transporte não possuíam sensibilidade suficiente perante os fatores ambientais como possuíam para com os fatores econômicos, e deram, aparentemente, menor peso para aqueles.

Plowman; Imhoff (1972) concluem que nesta ocasião os Tomadores de Decisão preocupavam-se mais em quantificar benefícios econômicos decorrentes de investimentos adequados. Eles não se preocupavam em quantificar os efeitos ambientais, ou simplesmente reconhecê-los como tendo um mínimo de importância. Ansiosos em evitar conflitos de jurisdições com outras agências estaduais acabaram

por adotar procedimentos cujos resultados do ponto de vista dos ambientalistas foram bastante inadequados.

Este fato isolado, ocorrido no início da década de 1970 nos EUA, exemplifica toda uma tendência mundial que a partir desta época passou a se desenvolver na defesa do meio ambiente e na garantia da qualidade de vida dos indivíduos, sem comprometer a eficiência econômica dos diversos empreendimentos de infraestrutura. Exemplifica, também, toda uma resistência da visão tradicional do rodoviarismo em considerar os aspectos ambientais, que na realidade são tão importantes quanto os econômicos.

Segundo Plowman; Imhoff (1972), estes Tomadores de Decisão da Agência de Transporte do Estado do Maine, como muitos outros por todo o mundo, haviam sido treinados em faculdades tradicionais de engenharia, e eram de épocas anteriores à dos novos currículos escolares que, nos EUA a partir da década de 1970, já enfatizavam matérias ambientais. Atualmente, em muitos países ainda há profissionais atuando na área de transporte sem uma consciência ambiental bem fundamentada. No Brasil, esta situação ainda se mantém devido à formação universitária de seus profissionais. Bittencourt (1999), ao analisar a educação ambiental na engenharia rodoviária brasileira, considera que o papel da universidade tem sido decisivo na formação de um saber particularizado, tirando do técnico a capacidade de ver além da imagem do objeto investigado. A possibilidade do engenheiro intervir no meio ambiente adquire as dimensões que a técnica lhe oferece, mas a extensão dos efeitos das intervenções foge-lhe à percepção. Tradicionalmente, a universidade ensinou a projetar e construir estradas, visando atender demandas de pessoas e de cargas. Bittencourt (1999) observa, ainda, que há necessidade de uma alteração na compreensão do novo sistema de valores, com o desenvolvimento de novas formas de tecnologia e de organização social. Mas, para facilitar essa transformação, é preciso reestruturar o sistema educacional, bem como informar a sociedade sobre as políticas e práticas de desenvolvimento, para que os acontecimentos possam ser apresentados e discutidos de forma democrática e apropriada dentro de cada contexto sócio-espacial.

Com o passar do tempo, o desenvolvimento da técnica, no que diz respeito principalmente ao lançamento de alternativas e variantes de traçado em plantas topográficas em grandes escalas (1:50.000, 1:25.000 e 1:10.000), aprimorou-se consideravelmente em todo o mundo, adequando a geometria da rodovia à topografia do terreno em estudo, evitando grandes movimentos de terra e mantendo excelentes condições de projeto. Porém, nos países em desenvolvimento, pouca foi a preocupação com as conseqüências decorrentes do desenvolvimento ou com a deterioração das áreas diretamente afetadas por um novo projeto rodoviário (Lisboa; Waisman, 2000). Por isso, durante o processo de Licenciamento Ambiental, que é realizado pelos órgãos públicos competentes, ocorrem amplas modificações nas diretrizes de traçado propostas, com conseqüentes atrasos em cronogramas e até mesmo retrabalhos em determinados projetos

A partir da conferência mundial sobre o meio ambiente, realizada em Estocolmo em 1972, as ações desenvolvimentistas no Brasil foram aos poucos incorporando uma perspectiva ambientalista, que culminou com a implantação de políticas e princípios, na forma de uma legislação específica, estabelecendo as diretrizes básicas do licenciamento ambiental (Reis, 1999). A questão ambiental trouxe a necessidade de se reverem paradigmas, de se processar uma mudança urgente no modo de ser, ver e agir nas relações sociedade-natureza-espço (Bittencourt, 1999)

Ainda que a Lei Federal 6938/81 já prescrevesse a elaboração de “Avaliação de Impactos Ambientais”, os Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental foram introduzidos efetivamente em nosso meio em 1986 a partir da Resolução CONAMA nº 01/86 (Lopes, 1999). Esta resolução, que foi o primeiro passo de um processo de aprimoramento e regulamentação do licenciamento ambiental, introduzida pelo CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, estabeleceu diretrizes gerais para a apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, definindo ainda critérios para sua aplicação. (Reis, 1999).

Conforme estabelece o Artigo 2º da Resolução CONAMA nº 01/86, os estudos ambientais inserem-se dentro da linha de tentativa de gerenciamento dos conflitos inerentes ao desenvolvimento dos Projetos Rodoviários: “Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da SEMA, em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como: I – Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento;”.

O EIA-RIMA não é o único estudo ambiental considerado no processo de licenciamento, mas se constitui em importante componente das decisões referentes à implementação de projetos, devendo ser apresentado na fase de planejamento, pesquisa e levantamentos da atividade, com o objetivo de verificar viabilidade ambiental para a localização do empreendimento. (Reis, 1999).

Segundo Reis (1999), com a retomada da política desenvolvimentista em nosso país, cresce também a importância do licenciamento ambiental nos empreendimentos ou atividades a serem implantados. Esses deverão, necessariamente, estar enquadrados em modelos de gestão ambiental, sem o que não receberão as respectivas licenças necessárias à sua localização, instalação e operação.

Estudos de traçados tendem a ser muito menos dominados pelos fatores puramente econômicos, pois mais peso será dado para fatores ambientais intangíveis. Cada vez mais há necessidade de desenvolver engenheiros que possam compreender os fatores ambientais envolvidos em um projeto rodoviário, que possam interpretar definições de ecologia e da ciência ambiental como um todo, e que possam adotar o uso destes fatores como parte de um sistema, a fim de atingir a decisão final (Plowman; Imhoff, 1972).

Na realidade, a seleção e/ou priorização de projetos deve ser realizada num processo de tomada de decisão em que a racionalidade econômica, ou a eficiência, se constitua em apenas uma das racionalidades pelas quais se pauta a decisão, e que nem sempre é a mais importante. O critério de racionalidade econômica é parcial e insuficiente

para fundamentar o processo de decisões de investimento, sendo preciso identificar as múltiplas racionalidades presentes nesse processo, que configuram a racionalidade social (Pomeranz, 1992) .

Segundo o World Road Congress (1995), deve ser de interesse de todos a proteção dos seres humanos e do meio ambiente natural em larga escala contra danos irreparáveis, impactos intoleráveis e perdas diversas. Construir rodovias é uma importante necessidade pública, proporciona mobilidade e transporte de mercadorias, crescimento da população e densidade de desenvolvimento. Porém, até que esta nova infraestrutura esteja à disposição de seus usuários muitos fatores têm que ser considerados.

Além disso, com o acelerado desenvolvimento tecnológico da humanidade ocorrido nas últimas décadas do século XX, diversos mecanismos de proteção ambiental adicionais necessitam ser previstos, a fim de manter o equilíbrio do delicado balanço natural também durante a fase de operação e conservação das rodovias. Isto consolida a idéia de utilizar uma sistemática de aproximação interdisciplinar, que assegure a integração das ciências naturais e sociais no planejamento e na tomada de decisão das atividades que impactam o meio ambiente (Graeub; Grant; Winfrey, 1972).

É necessário um objetivo muito claro para todos os engenheiros e administradores rodoviários, a fim de que sejam encontradas soluções de acordo com as necessidades econômicas, a segurança de tráfego, os fatores técnicos de engenharia, as exigências ambientais e as exigências de desenvolvimento sustentável, em um equilíbrio ótimo, desde o início do processo de implementação do empreendimento, prolongando-se por todos os estágios do projeto rodoviário até a sua operação plena. Do planejamento à obra, da operação à manutenção e à recuperação da rodovia, todos os envolvidos devem ter consciência deste objetivo (World Road Congress, 1995)

Trata-se de um enorme desafio construir e operar boas infraestruturas de transporte sem impactar o meio ambiente natural mais do que o necessário. Este é o grande

desafio da engenharia rodoviária em busca do Desenvolvimento Sustentável na implantação de empreendimentos rodoviários. Segundo Vera; Waisman (2000), o Desenvolvimento Sustentável ou a Sustentabilidade, que começaram a ser discutidos no início da década de 70 em diversos foros internacionais, é um novo enfoque do desenvolvimento econômico: o desenvolvimento econômico ligado ao desenvolvimento do meio ambiente.

É através da sustentabilidade que se busca a satisfação das necessidades presentes sem comprometer a capacidade de satisfazer as necessidades de futuras gerações, consideradas as limitações associadas ao estágio tecnológico, de organização social e a capacidade do meio ambiente de atender a essas necessidades (Vera; Waisman, 2000).

Há cerca de quarenta anos, Buchanan apud Gambard et al. (1995) já havia introduzido o conceito de capacidade ambiental de rodovias, no que configurou o início da preocupação das consequências do desenvolvimento econômico, através da implantação de rodovias, sobre a qualidade de vida e do meio ambiente. Este conceito, segundo o autor, expressa quanto a população (usuários e residentes) pode tolerar das influências (decorrências) do tráfego rodoviário até a situação limite, quando as funções urbanas e a qualidade de vida são percebidas como profundamente deterioradas. Gambard et al. (1995) enfatizam que a implementação do conceito de Capacidade Ambiental aponta um caminho para garantir a qualidade ambiental em novos projetos rodoviários. Sugerem que separadamente todas as categorias de rodovias devam oferecer através do projeto, a possibilidade do equilíbrio entre o atendimento ao tráfego e a garantia das funções ambientais da região em estudo. Afirmam que é mais difícil satisfazer esta condição para rodovias em trechos urbanizados, mas que mesmo assim estas rodovias devem ser projetadas de forma a não comprometer a qualidade visual e a integração com a paisagem urbana, principalmente nas regiões de periferia.

Bublitz (1999) sintetiza as duas visões da política ambiental encontradas atualmente nos diversos setores tecnológicos, inclusive na Engenharia Rodoviária: a Visão da

Economia Neo-Clássica, ou Liberal e a Visão Eco-Desenvolvimentista, ou Intervencionista. Ele caracteriza seus principais aspectos e confirma que o Desenvolvimento Sustentável é o arcabouço do desenvolvimento humano neste novo milênio. A tabela seguir apresenta uma comparação das principais características destas duas visões:

Tabela 2.1.: Política Ambiental – Duas Visões (Bublitz, 1999)

TEMA	VISÃO INTERVENCIONISTA	VISÃO LIBERAL
Causas dos problemas ambientais	Atual estilo de desenvolvimento	Imperfeições de mercado
Solução	Novo estilo de desenvolvimento	Ajuste no mecanismo de preços, incorporando as externalidades
Principal Instrumento	Planejamento participativo	Taxa de poluição, venda de licenças para poluir
Política Ambiental	Incluir diferentes aspectos do meio ambiente. Interação com as demais políticas setoriais de desenvolvimento do país	Sinônimo de política de controle da poluição

Segundo Newman; Kenworthy apud Vera; Waisman (2000), ao longo do período que se seguiu à publicação do denominado relatório Brundtland, em 1989, pela *World Commission on Environment and Development* – WCED, ou Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento, que trata de políticas e ações intimamente ligadas ao desenvolvimento econômico e ambiental, os princípios do Desenvolvimento Sustentável têm se tornado uma premente necessidade do mundo atual, do ponto de vista não só econômico e ambiental, mas também social.

Desta forma, a Visão Intervencionista, ou Eco-Desenvolvimentista, de política ambiental definida por Bublitz (1999) e as diretrizes de Desenvolvimento Sustentável apontadas por Newman; Kenworthy apud Vera; Waisman (2000), tratam da mesma política de desenvolvimento, moderna e respeitosa a toda a humanidade e aos inúmeros ecossistemas do planeta. A figura 2.1 a seguir ilustra as bases fundamentais do Eco-Desenvolvimento ou Desenvolvimento Sustentável:

Fig. 2.1: Bases Fundamentais do Desenvolvimento Sustentável (Vera; Waisman, 2000)

Fundamentado neste arcabouço, o do Desenvolvimento Sustentável, é que a engenharia rodoviária deve se desenvolver, desde os estudos de alternativas de traçado, a fim de que a partir do planejamento de uma nova rodovia, a garantia da melhor técnica esteja coerentemente equilibrada com aspectos econômicos, sociais e ecológicos intrínsecos aos projetos de infraestrutura.

2.2 Panorama Mundial Atual

Durante a década de 1990 e especialmente depois do Congresso da PIARC- *Permanent International Association of Road Congresses* em Marakesh (1991), um grande número de países de todo o mundo passou a considerar a avaliação do impacto ambiental em seus empreendimentos, conforme suas próprias decisões ou sob pressão de organismos internacionais, tais como ONU, BID ou o Banco Mundial (World Road Congress, 1995).

Segundo o World Road Congress (1995), um significativo progresso no campo da proteção ambiental pôde ser notado nos países considerados ricos, onde os sistemas de transportes são bastante desenvolvidos. Em certas nações, como as da Europa Central, estão sendo realizados grandes esforços neste sentido. No Leste Europeu, Ásia Central, Sudeste Asiático e América do Sul a consciência ambiental está evoluindo gradativamente.

Os problemas específicos de proteção ambiental relacionados a empreendimentos rodoviários, dependem do desenvolvimento econômico da região em questão, o qual é caracterizado por uma série de fatores, onde se destacam, principalmente, os seguintes: densidade da malha rodoviária; número de veículos por habitante; condições sócio-demográficas; tipo de área em desenvolvimento; clima e condições naturais; topografia; políticas de transporte; além do grau de reconhecimento dos princípios da avaliação de impactos ambientais.

Segundo McCormack (2001) incorporar as considerações ambientais nos processos de planejamento e gerenciamento de rodovias está entre as principais prioridades das Agências de Transporte, especialmente nos países desenvolvidos. Nos países em desenvolvimento, a situação é notadamente diferente, pois outras considerações tipicamente políticas como a redução da miséria ou o desenvolvimento industrial, geralmente, precedem em importância às considerações ambientais.

Os países em desenvolvimento possuem suas próprias prioridades políticas. Há, então, um compreensível ressentimento quando agências de financiamento dos países ricos são vistas tentando influenciar as decisões de investimento em infraestrutura nestas nações. Porém, de acordo com o Banco Mundial, estratégias e programas de transporte projetados de maneira inadequada podem resultar em infraestruturas e serviços que venham a agravar as condições de pobreza, impactar sobremaneira o meio ambiente, ignorar as mudanças das necessidades de seus usuários e a exceder a capacidade das finanças públicas.

Assim, nestes países em desenvolvimento, onde a expansão da infraestrutura de transporte ainda é prioridade, e onde recursos financeiros externos são constantemente solicitados para que se viabilize a implantação principalmente de novas rodovias, a preservação ambiental tem sido garantida, na medida do possível, devido à influência destes organismos internacionais de financiamento, que atualmente estipulam condições ambientais e sociais relativas a um projeto, a fim de que os financiamentos sejam garantidos. Como resultado desta política, a maioria dos atuais empreendimentos de infraestrutura ao redor do mundo segue, pelo menos, algum nível de avaliação de impacto ambiental em seus projetos e obras (McCormack, 2001).

Os técnicos concordam que a imposição de estudos ambientais e de segurança, exigidos pelas agências de financiamento, aumentam os custos iniciais, porém acreditam que o produto final torna-se muito melhor devido a este investimento inicial. Se esses estudos são realizados o mais breve possível, durante o planejamento de um novo empreendimento rodoviário, certamente haverá benefícios reais durante todo o restante do processo. Os problemas detectados pelos estudos ambientais podem geralmente ser corrigidos de maneira muito mais econômica nas etapas iniciais, do que se forem encontrados mais adiante. Portanto, o grande valor dos estudos ambientais atualmente está no reconhecimento de ser o mais correto e econômico caminho para assegurar o bom desenvolvimento de um empreendimento rodoviário (McCormack, 2001).

Nos países desenvolvidos as mudanças na legislação ocorridas particularmente nas duas últimas décadas, tornaram muito mais difícil a implantação de novas rodovias. A intensidade com que as considerações ambientais influenciam atualmente as decisões de investimento nestas nações tem sido vista como “um tipo de luxo” que somente pode ser levado em consideração devido à maioria de suas redes de transporte já estar concluída, e também porque estas nações possuem condições financeiras para arcar com os custos adicionais conseqüentes (McCormack, 2001).

Nos EUA, os projetos de rodovias passaram por grandes mudanças a partir da década de 1990. Projetistas e construtores tomaram consciência que eles devem ser muito mais sensíveis ao impacto das rodovias no meio ambiente e nas comunidades. Isto pode ser observado em diversas agências estaduais de transporte, incluindo as agências nacionais *Federal Highway Administration* - FHWA e *American Association of State Highway and Transportation Officials* - AASHTO, as quais estão implementando o denominado “Context Sensitive Design – CSD”, que constitui enfoque abrangente e multidisciplinar para a avaliação dos impactos decorrentes de novos projetos rodoviários. Este enfoque, denominado “CSD – Context Sensitive Design” propõe justamente dar maior relevância aos impactos ambientais. Atualmente este conceito está sendo posto em prática em cinco projetos pilotos (Connecticut, Kentucky, Maryland, Minnesota e Utah), onde está sendo buscado o equilíbrio entre as necessidades de transporte e as preocupações ambientais e estéticas das comunidades (McCormack, 2001).

Após apresentar um panorama do desenvolvimento das avaliações de impactos ambientais no estudo de alternativas de traçado em alguns países da América Latina, do Leste Europeu, da Europa Ocidental, além de EUA, Canadá e Japão, o World Road Congress (1995) realizou uma pesquisa, a fim de identificar, entre outras, em que etapa de implementação do empreendimento é introduzida a Avaliação Ambiental e, se durante o processo de avaliação, várias alternativas de traçado são consideradas. Os principais resultados obtidos são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 2.2.: Avaliação Ambiental – Panorama Mundial (World Road Congress – PIARC, 1995)

Países		Em que etapa de implementação do empreendimento é introduzida a Avaliação Ambiental?				Durante o processo de avaliação, várias alternativas são analisadas?
		planejamento da malha rodoviária	planejamento do projeto	planejamento detalhado	outro	
AMÉRICA LATINA	Argentina	sim	sim	não	não	sempre
	Bolívia	sim	sim	sim	nd	geralmente
	Brasil	nd	nd	nd	nd	geralmente
	Colômbia	sim	sim	sim	não	geralmente
	Chile	sim	sim	sim	não	geralmente
	Equador	não	não	sim	não	não geralmente
	Guatemala	não	sim	não	não	nd
	Honduras	não	não	sim	não	nunca
	México	sim	sim	sim	não	sempre
	Nicarágua	não	sim	sim	não	geralmente
	Uruguai	sim	sim	sim	não	geralmente
	Venezuela	sim	sim	sim	não	sempre
LESTE EUROPEU	Eslovênia	não	sim	sim	nd	geralmente
	Polônia	sim	sim	sim	sim	geralmente
	Romênia	sim	sim	não	sim	sempre
	Rep. Eslovaca	sim	sim	nd	nd	sempre
	Rep. Tcheca	não	sim	sim	nd	geralmente
	Lituânia	sim	sim	sim	nd	sempre
	Hungria	não	sim	sim	nd	sempre
	Turquia	nd	nd	sim	nd	geralmente
	Estônia	não	sim	sim	nd	sempre
EUROPA OCIDENTAL, JAPÃO, CANADÁ, EUA	EUA	sim	sim	sim	nd	sempre
	Suíça	sim	sim	sim	nd	sempre
	Holanda	sim	sim	não	nd	sempre
	Reino Unido	sim	sim	sim	nd	sempre
	Suécia	sim	sim	sim	nd	sempre
	Finlândia	sim	sim	não	nd	sempre
	Austria	não	sim	sim	nd	sempre
	Bélgica	não	sim	não	nd	geralmente
	Espanha	sim	sim	sim	nd	sempre
	Portugal	nd	sim	sim	nd	geralmente
	Japão	nd	sim	nd	nd	antes do EIA
	Canadá	nd	sim	sim	nd	geralmente
	Noruega	nd	sim	nd	nd	geralmente

Nota: nd – dado não disponível.

Conforme se observa na tabela anterior e no capítulo “Criando uma Agência Rodoviária Ambientalmente Consciente” do World Road Congress (1995), pode-se concluir que as Agências de rodovias em todo o mundo estão se tornando mais informadas acerca da necessidade da preocupação ambiental do que anteriormente. No passado, elas conduziram inúmeras avaliações de impactos ambientais, porém, muito tempo após as rodovias terem sido planejadas e projetadas.

Entretanto, a maior parte das Agências não considera conscientemente a proteção ambiental equilibrada com as questões de mobilidade, segurança, economia e de engenharia. Para se tornarem uma organização ambientalmente consciente, elas necessitam implementar o conceito de proteção ambiental como parte integrante de todos os componentes organizacionais e de tomada de decisão.

Para integrar estes fatores ao longo do planejamento do empreendimento, desenvolvimento e tomada de decisão são necessárias grandes mudanças em atitudes e comportamentos, tais como:

- Empenhar maiores esforços para integrar transporte, uso do solo e planejamento ambiental, em níveis locais e regionais.
- Haver continuidade entre os procedimentos de planejamento, a fim de assegurar consistência da identificação ambiental, das avaliações, das soluções e, posteriormente, da tomada de decisão.
- Desenvolver alternativas de traçado para atender às necessidades do transporte e continuamente evitar, minimizar e mitigar impactos, quaisquer que sejam. Isto pode ser alcançado através de uma conscientização dos responsáveis técnicos, garantindo que sempre se selecione a alternativa ambientalmente menos prejudicial.

Segundo Evans; Wilkes (1992), os procedimentos atuais de planejamento rodoviário envolvem muitas etapas, sejam elas jurídicas, econômicas, ambientais e administrativas, além, claro, do próprio projeto de engenharia. O princípio fundamental é alcançar um razoável equilíbrio entre os benefícios para a comunidade

englobem os aspectos sociais, econômicos e os impactos ambientais das alternativas de traçado;

- Envolver parceiros externos (agências governamentais, grupos de cidadãos e interessados);
- Utilizar sistematicamente um grupo multidisciplinar de técnicos (engenheiros, planejadores, biólogos, cientistas sociais, ambientalista, arqueólogos, etc) ao longo de todas as fases do empreendimento, desde o planejamento, lançamento da diretriz de traçado, projeto, construção, operação e manutenção;
- Procurar soluções que evitem, minimizem e mitiguem interferências sociais, econômicas e ambientais, realizando um gerenciamento ambiental por todo o ciclo de vida das rodovias e dos transportes rodoviários.

A Tomada de Decisão em transporte tem se tornado um processo de compartilhamento entre propósitos e necessidades das Agências de Transporte e da população, que vão desde o lançamento de alternativas de traçado, escopo da avaliação de impactos, medidas mitigadoras, até escolha da alternativa de traçado a ser detalhada e posteriormente implantada. O planejamento do empreendimento e a tomada de decisão devem ter caráter aberto e cooperativo, tratando dos interesses conflitantes conjuntamente, através de um processo criativo, produzindo esforços sinérgicos que geralmente induzem a resultados positivos.

Conforme descrito em The Consulting Engineer (1972): o engenheiro rodoviário está atualmente à frente de um problema mais amplo do que apenas construir uma rodovia. Ele deve assimilar a rodovia com todos os seus aspectos paisagísticos e suas repercussões econômicas e sociais nas áreas de influência. A escolha final do traçado permanece, entretanto, como uma decisão política, composta não somente de projetos de engenharia e de previsão de custos, mas também sujeita a pressões de diversos grupos de interesse.

As rodovias, como uma estrutura de característica espacial linear, com funções e aspectos claramente definidos, são consideradas uma das grandes responsáveis por degradações ambientais locais e regionais, devido ao grau e variedade de seus

impactos no meio ambiente. Por esta razão, torna-se claro porque os atuais investimentos em rodovias exijam que problemas de proteção ambiental estejam incluídos em todos os estágios do planejamento, do projeto, da obra e da operação de uma rodovia (Uzelac; Veljkovic, 1995).

Partindo do princípio de que a implantação de uma rodovia seja componente integrante de um Planejamento Sócioeconômico e de Distribuição Espacial, o cumprimento de todas as etapas do empreendimento deve estar concatenado com todas as demais atividades, incluindo a Avaliação de Impactos Ambientais (Uzelac; Veljkovic, 1995).

A estrutura de interdependência entre as etapas de Planejamento, Projeto e Processo de Avaliação de Impactos Ambientais para um empreendimento rodoviário, apresentada por Uzelac; Veljkovic, (1995), mostra que a Avaliação de Impactos Ambientais é definida por três estágios básicos: *Strategic Environmental Impact Assessment* (SEIA), *Preliminary Environmental Impact Assessment* (PEIA), e *Detailed Environmental Impact Assessment* (DEIA).

Strategic Environmental Impact Assessment (SEIA), ou Avaliação Estratégica de Impactos Ambientais, representa a mais abrangente análise espacial do quesito meio ambiente. Sua aplicação se dá nas etapas iniciais de planejamento e projeto. Relaciona-se primeiramente a etapas criativas de conceituação de uma rede em nível de ocupação territorial do espaço, de tal forma a produzir condições para um inventário de recursos ecológicos, sua classificação e avaliação do nível dos riscos ecológicos. As bases de informação para estas análises são mapas em escalas de 1:50.000 ou 1:25.000. Como material suporte, recomenda-se elaborar um relatório síntese que servirá como base para informar o público acerca dos problemas ambientais em nível macroscópico.

Preliminary Environmental Impact Assessment (PEIA), ou Avaliação Preliminar de Impactos Ambientais, representa a etapa de seleção do melhor traçado de uma determinada rodovia a ser implantada. Neste nível somente conceitos essenciais são

apontados para a proteção e o desenvolvimento ambiental. Uma parte da análise espacial que é realizada na etapa de avaliação estratégica precede a elaboração do projeto funcional. Já a avaliação preliminar utiliza o projeto funcional para indicar a alternativa de traçado a ser detalhada posteriormente. Todos os impactos são sistematicamente definidos e quantificados nesta análise.

A base informativa neste caso é um mapa em escala 1:25.000, que é também usado para a elaboração do mapa síntese de todos os impactos. Em vista do interesse deste nível de análise, conforme comentado por um considerável número de publicações, a sua documentação de suporte inclui também uma pesquisa e um relatório que têm lugar e papel especificamente definidos na linha de montagem de todo o processo. Esta documentação serve como um meio de mais ampla comunicação dentre todos os assuntos de interesse.

Detailed Environmental Impact Assessment, ou Avaliação Detalhada de Impactos Ambientais, representa uma quantificação analítica detalhada, que tem como base espacial um determinado traçado já definido. A base para toda esta análise deve ser fundamentada em escala 1:2.500 ou 1:5.000. Os resultados obtidos são apresentados de forma gráfica e numérica. Seus documentos suportes incluem uma pesquisa e um relatório, que consideram todos os assuntos de interesse e que são distribuídos para todas as instituições envolvidas com o projeto.

A figura, a seguir, representa a estrutura e os inter-relacionamentos de uma análise ambiental para rodovias em implantação, conforme Uzelac; Veljkovic (1995):

Fig. 2.3.: Análise Ambiental: Estrutura e Inter-relacionamentos (Uzelac; Veljkovic, 1995)

Sintetizando, Donnelly; Dalal-Clayton; Hughes (1998) consideram *Strategic Environmental Impact Assessment* (SEIA), ou Avaliação Estratégica de Impactos Ambientais, como um processo sistemático de avaliação antecipada das consequências de uma política, de um plano ou de um programa de infraestrutura. Seu propósito é assegurar que aspectos ambientais, bem como fatores econômicos e sociais, sejam considerados o mais cedo possível, desde o estudo de alternativas. Portanto, pode ser considerado como um auxiliar da tomada de decisão, bem como um instrumento temporário, ou de transição, que indica o objetivo da tomada de decisão já na etapa de planejamento.

Donnelly; Dalal-Clayton; Hughes (1998) consideram ainda que o risco ambiental varia conforme o nível de generalidade envolvido na tomada de decisão. Efeitos diretos de impactos ambientais podem ser relacionados a projetos, planos e programas que iniciem e localizem específicas atividades, tais como a implantação de uma nova rodovia. Já os efeitos indiretos são associados a políticas e determinados tipos de programas e planos, como por exemplo os relacionados a aspectos legais e fiscais.

Analisando o estudo realizado por Prime Engenharia; Museo Noel Kenof Mercado; Asociación Potlatch (2000) no Corredor de Transporte Santa Cruz - Puerto Suárez, localizado na Bolívia, pode-se observar quando se torna necessária uma Avaliação Ambiental em nível estratégico e a importância de tal avaliação para a viabilização econômica de um empreendimento rodoviário, neste caso particular através de um financiamento de recursos do Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, garantindo assim a minimização de impactos sociais e ambientais.

Este projeto trata da implantação de um trecho rodoviário, que completará uma conexão viária interoceânica da Bolívia em direção ao Brasil. Dentre os objetivos deste empreendimento estão: melhorar a eficiência do atual corredor de exportação; melhorar a competitividade das várias cadeias produtivas estabelecidas na região de Santa Cruz; promover desenvolvimento econômico e social da extensa região

localizada no extremo leste do país; e promover a integração econômica com os países do MERCOSUL, especialmente com o Brasil.

Apesar de sua necessidade, importância econômica, apoio social e a prioridade confirmada pelo governo nacional boliviano, o projeto se desenvolveu de forma lenta ao longo dos últimos anos. A razão principal para esta morosidade é o fato de que investimentos desta magnitude só podem ser realizados na Bolívia mediante recursos concedidos por agências multilaterais de empréstimo e da cooperação internacional. Além disto, o projeto deste corredor tem sido objeto de controvérsias, devido aos possíveis impactos ambientais e sociais que possam ocorrer quando da sua implantação.

Prime Engenharia; Museo Noel Kenof Mercado; Asociación Potlatch (2000) concluem, portanto, que o adequado encaminhamento dos aspectos sociais e ambientais do projeto é condição necessária para a aprovação de seus financiamentos internacionais. A preparação de uma avaliação ambiental estratégica do projeto e a complementação do estudo de impacto ambiental, incorporando as diretrizes e padrões sócio-ambientais das agências multilaterais, foram os passos acordados pelo governo com o BID, para, principalmente, verificar em que condições o projeto é ambiental e socialmente viável.

Pode-se observar que neste caso particular houve a necessidade da aplicação de dois dos três estágios básicos da Avaliação de Impactos Ambientais definidos por Uzelac; Veljkovic (1995), descritos anteriormente: a Avaliação Estratégica de Impactos Ambientais (AEIA), quando se torna necessária a caracterização de toda a área de influência do corredor de exportação e de seus possíveis impactos sócio-ambientais indiretos; e a Avaliação Preliminar de Impactos Ambientais (APIA), para caracterizar a área de influência de cada alternativa de traçado rodoviário para o corredor de transporte em questão e seus possíveis impactos diretos.

Desta maneira, pode-se listar algumas razões para a introdução de Avaliação de Impactos Ambientais Estratégica e Preliminar como um instrumento de tomada de

decisão. Dentre estas razões Donnelly; Dalal-Clayton; Hughes (1998) citam as seguintes:

- **Tornar o projeto melhor preparado para o EIA-RIMA;**

O EIA-RIMA, como descrito anteriormente, está atualmente estabelecido na maioria das nações, seja através de leis ou políticas, ou através de exigências de organismos financiadores internacionais, sendo portanto amplamente conhecido. Porém, sabe-se que o EIA-RIMA como tipicamente institucionalizado, possui certas limitações. Segundo Sadler apud Donnelly; Dalal-Clayton; Hughes (1998), estas limitações concentram-se nas regras descritas para o EIA relativas à tomada de decisão e no fato do estágio no qual ele é aplicado ser relativamente tardio. Com certas exceções, o EIA-RIMA está focado primeiramente em **como** uma proposta em desenvolvimento poderia se desenvolver, a fim de minimizar o impacto adverso. Neste estágio, as questões prioritárias deveriam ser **quando, onde e qual tipo** de desenvolvimento, as quais já deveriam ter sido adotadas desde o estágio mais inicial do processo político de decisão. O que acontece então é que geralmente estas decisões se dão com pouca ou nenhuma análise ambiental. Na realidade, entretanto, políticas prioritárias, alternativas tecnológicas e alternativas locacionais não passam por detalhadas investigações ambientais. Então, torna-se imprescindível a adoção de Avaliação de Impactos Ambientais Estratégica e Preliminar, a fim de incorporar as considerações ambientais nas alternativas desde as etapas de política, plano e programa.

- **Incorporar considerações de sustentabilidade na tomada de decisão**

Ao considerar os aspectos ambientais o quanto antes no processo de implantação de um empreendimento rodoviário, incorporando uma análise de impactos cumulativos e, considerando seus possíveis efeitos ambientais, econômicos e sociais, dirige-se às causas da deterioração ambiental, ao invés de agir em seus sintomas. Desta maneira, a tomada de decisão passa a ser fundamentada em um desenvolvimento ecologicamente sustentável.

3. AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA E PRELIMINAR: DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS E INDICADORES

Tendo em vista a crescente preocupação com as questões ambientais, cujos objetivos básicos estão centrados na busca do desenvolvimento sustentável, a necessidade de avaliar alternativas de traçado de um projeto rodoviário e a dificuldade para a realização desta avaliação, tornam-se cada vez mais evidentes, principalmente no que diz respeito à qualidade e à coerência desta avaliação.

Neste capítulo pretende-se então definir um conjunto de critérios e indicadores que melhor representem os diversos aspectos que influenciam direta e indiretamente a qualidade e o sucesso de um empreendimento rodoviário. Segundo Saaty (1990) apud Morita (1998), a tarefa mais importante na análise de decisão é a escolha dos fatores relevantes para a decisão.

Para isto, primeiramente é apresentada uma caracterização teórica dos principais impactos ambientais gerados durante as diversas etapas de implantação de uma rodovia, além dos agentes impactantes e conseqüentes agentes impactados.

Na sequência, é realizada uma análise de algumas experiências normativas, teóricas e de aplicações práticas de implantação de rodovias, em que o estudo de alternativas levou em consideração aspectos ambientais, além dos já tradicionalmente considerados, como os técnicos e econômicos.

Por último, após análise comparativa e seguindo técnicas de construção de modelos multicriteriais, definem-se os critérios e indicadores para o modelo proposto nesta dissertação.

3.1 Impactos Ambientais

Segundo Belia; Bidone (1993), conceitua-se ambiente ou meio ambiente como o conjunto que cerca, ou envolve, os seres vivos ou não, incluindo-os e condicionando-os, formando um todo sistêmico, cujas interações integram o processo vital. Este conceito de ambiente é restrito aos processos e fenômenos que ocorrem na superfície da Terra, que é de interesse neste trabalho.

Embora se reconheça a interdependência entre os diversos elementos constituintes do ambiente (água, ar, solo, flora, fauna, etc.) tornando impossível uma separação real entre eles, tradicionalmente eles são divididos segundo os meios físico, biológico (biótico) e sócio-econômico (antrópico). A Resolução CONAMA n.º01/86 assim os define, em seu artigo 6º:

- **meio físico:** o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;
- **meio biológico e os ecossistemas naturais:** a fauna e a flora;
- **meio socioeconômico:** o uso e a ocupação do solo, usos da água e a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais das comunidades, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e o potencial de utilização futura destes recursos.

Entende-se como **impactos** as reações da natureza perante a introdução de elementos estranhos no ecossistema considerado, resultando em modificações na estrutura ambiental preexistente. Os impactos, como consequência, podem ser positivos ou negativos, e seu somatório final pode gerar, também, resultados positivos ou negativos.

À medida que há possibilidade de se prever, razoavelmente, tanto qualitativa como quantitativamente, as reações que advirão da introdução de um elemento novo na área de estudo, é possível estabelecer, também, uma série de regras e ações paralelas

para a implantação de uma rodovia, capazes de mitigar os resultados negativos e potencializar os positivos.

Segundo Belia; Bidone (1993), as metas dos empreendimentos, agora condicionadas também pelas características ambientais, devem ser estabelecidas a partir do diagnóstico da situação atual, sobre o qual se determinam, no mínimo, os seguintes prognósticos quanto à sua implantação:

- sem a introdução do empreendimento (evolução natural, mesmo que derivada de ações antrópicas);
- com a introdução do empreendimento, destacando-se os impactos imediatos e os de médio e longo prazos.

Como consequência, deve-se esperar de um empreendimento viário:

- que induza à apropriação racional de recursos naturais;
- que os reflexos sobre a produção analisados, em curto e longo prazos, não tragam resultados duvidosos;
- que não facilite a ocupação/destruição/exploração predatória dos recursos naturais disponíveis;
- que a obra, em si, não seja um fator de impactos negativos dos pontos de vista físico-químico, biológico e antrópico;
- que não seja fator fomentador de conflitos sociais;
- que seus projetos de engenharia e obras de construção sejam executados observando medidas mitigadoras de seus impactos próprios;
- que seja o mais eficiente em termos de consumo de energia e de impactos ambientais gerados, entre os vários modos de transporte possíveis.

Deve-se notar que os impactos detectados têm atributos próprios, cuja quantificação auxilia a segregação daqueles que são mais significativos. Entre estes atributos se destacam:

- **intensidade do fenômeno:** que expressa a força do impacto ambiental introduzido pelo empreendimento;

- **sinergismo**: que caracteriza a geração de impactos ambientais resultantes da ação de dois ou mais agentes diferentes em interação. Tais impactos gerados podem ser potencializados em sua intensidade e/ou serem diversos dos impactos originais de cada uma das fontes geradoras;
- **cumulatividade e carência**: caracterizam a possibilidade de um impacto ser mais ou menos intenso pela continuidade das ações impactantes, e/ou que podem, também, requerer um lapso de tempo entre a introdução do empreendimento (elemento impactante) e a manifestação das alterações no meio ambiente;
- **distribuição**: caracteriza a amplitude geográfica na qual se relacionam as causas e efeitos e a quantidade de elementos introduzidos e afetados significativamente pelo empreendimento;
- **potencial de inversão**: que caracteriza as possibilidades de absorção ou inversão natural, ou a induzida, de um impacto, inclusive em função das variáveis tempo e espaço. Quando não há esta possibilidade, diz-se que o impacto é irreversível.

É importante registrar que o atributo “distribuição dos impactos” nas rodovias têm características muito mais amplas do que em outros modos de transporte. Com efeito, os veículos rodoviários se diferenciam dos outros (ferroviários e hidroviários) pela grande flexibilidade de deslocamento, bastando que os caminhos lhes dêem passagem para que sejam trilhados. Esta flexibilidade amplia enormemente a área de influência dos impactos, englobando toda a rede rodoviária influenciada pela rodovia em estudo. Admitindo-se, como exemplo, que a área de influência de uma rodovia-tronco pavimentada seja de 80km de largura (40km para cada lado do eixo da rodovia) e a faixa de domínio se restrinja a 100m, ou seja, 0,100km, observa-se que os impactos atingem uma área de 80km² a cada trecho de 1km de rodovia, o que equivale a 800 (oitocentas) vezes a mais da área reservada para as obras, que se restringe a 100.000m² ou 0,1km².

Cumprir registrar que muitas rodovias poderão dar acesso aos recursos naturais com vantagem de tal ordem que podem causar o deslocamento de atividades de uma região para outra, completamente diferente. Tais deslocamentos podem ser

considerados impactos sobre a organização social e devem ser estudados em profundidade quando detectados.

Os estudos destas faixas, denominadas “área de influência indireta das rodovias”, cabem nas fases de elaboração de planos e programas viários e se referem aos impactos de maiores dimensões, que podem ser visualizados em pequenas escalas de mapeamento. Todavia, há os impactos causados pela construção (obras) e pelas atividades de operação e conservação, cuja área de influência, denominada “direta”, envolve, no mínimo, a faixa de domínio da estrada e as microbacias de drenagem, até 1,5-2 km de afastamento do eixo. É nesta faixa mais estreita que, em sua maioria surgem os problemas que causam perdas diretas (tanto da rodovia, como de moradores e proprietários vizinhos) através dos assoreamentos, erosões, desapropriações, segregação urbana, etc.

Conforme Belia; Bidone (1993), para efetuar a análise propriamente dita, o conjunto de condições para implantação dos empreendimentos é melhor atendido à medida que se dividem os impactos em três segmentos:

- **impactos dos planos e programas**, onde se deve destacar as características preventivas, principalmente do ponto de vista da área de influência indireta da intervenção/empreendimento;
- **impactos das obras**, propriamente ditas, onde se destacam os impactos gerados pelas atividades de engenharia, construção e conservação e que afetam a área de influência direta;
- **impactos da operação**, onde se destacam a poluição do ar, os ruídos e vibrações, os acidentes de tráfego, etc.

Tanto num caso, como nos outros, o nível atual de ocupação antrópica é, por vezes, fundamental na avaliação da significância da maioria dos impactos. Por isso, Belia; Bidone (1993) preconizam métodos diferentes para quatro casos: área de ocupação econômica intensa, áreas de fronteira econômica, áreas de ocupação rarefeita e áreas urbanas. Neste estudo específico, de avaliação de rodovias em trecho urbanizados, somente as considerações acerca das áreas urbanas serão estudadas.

As avaliações dos impactos significativos em áreas urbanas tomam a forma de matrizes de interação, onde se devem cruzar os dados das **fases do empreendimento** (planejamento/projeto, construção e operação) com os **elementos componentes do ambiente** (meio físico, meio biótico e meio antrópico).

A partir do momento em que cresce a consciência de que as atividades desenvolvidas pelo ser humano têm implicações diretas sobre a sua própria vida, o conceito de meio ambiente se expande para abranger não apenas os aspectos vistos pelo senso comum como mais diretamente ligados à natureza, tais como água, ar, solo, fauna e flora, como também a própria população humana, suas atividades e seu habitat: a cidade ou meio ambiente urbano.

Assim, o desenvolvimento de atividades ligadas à educação, saúde, lazer, trabalho, alimentação e habitação, além da vivência simultânea de uma paisagem urbana harmônica e agradável são questões fundamentais quando se fala em preservação do meio ambiente urbano. Estas atividades pressupõem sua distribuição racional pelo espaço urbano, com o uso e ocupação do solo adequados, o que somente seria possível através de um planejamento urbano e regional consistente e equilibrado, de tal forma que todos os cidadãos tivessem possibilidade de acesso a todas as atividades que queiram ou necessitem, por seus próprios meios naturais .

Todavia, uma cidade nem sempre se desenvolve de forma planejada ou equilibrada naturalmente. Além disso, a localização de determinadas atividades, quer por suas características próprias, quer por imposição de códigos municipais, induz a que a situação ideal não seja encontrada e que muitas vezes os cidadãos não tenham acesso a todas as atividades por seus próprios meios naturais. Deste modo, torna-se necessária a existência de um sistema de transporte eficaz, capaz de prover aos cidadãos a mobilidade necessária ao seu desenvolvimento.

Entretanto, a formulação de políticas de transporte com o objetivo de proporcionar bem-estar da população pode, muitas vezes, trazer efeitos não esperados (quase

nunca sequer considerados), que comprometem a própria qualidade de vida de um segmento ou de toda a comunidade. São impactos cujos efeitos negativos precisam ser eliminados ou mitigados.

As Rodovias de Contorno de cidades, por exemplo, têm gerado problemas urbanos delicados quando é pequena a distância cidade-estrada. O conflito mais comum surge da imediata ocupação urbana do contorno, tornando a estrada uma via urbana, pavimentada e própria para velocidades elevadas. Os acidentes (com vítimas em profusão) são inevitáveis, causando retenções de tráfego, perdas humanas e materiais e conflitos com as comunidades que, não raro, interditam as próprias estradas.

Os quadros a seguir, extraídos principalmente de Belia; Bidone (1993), caracterizam, para cada fase de implantação de um empreendimento rodoviário, os impactos ambientais mais significativos, causas prováveis ou sinérgicas, consequências negativas e possíveis recomendações ou medidas mitigadoras.

Tabela 3.1.: Impactos – Fase de Planos e Programas (Belia; Bidone, 1993)

IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS	CONSEQUÊNCIAS NEGATIVAS	RECOMENDAÇÕES OU MEDIDAS MITIGADORAS
<ul style="list-style-type: none"> • modificações no uso e ocupação do solo 	<ul style="list-style-type: none"> • destruição ou ruptura de valores estéticos, perda da qualidade da paisagem urbana 	<ul style="list-style-type: none"> • recomposição paisagística observando, sempre que possível, suas características originais e de acordo com a vontade da comunidade afetada
	<ul style="list-style-type: none"> • destruição de sítios de valor arquitetônico, urbanístico, paisagístico e/ou arqueológico 	<ul style="list-style-type: none"> • não há como mitigar este efeito negativo, evitar esta situação. Em alguns casos, é possível o resgate parcial ou total.
	<ul style="list-style-type: none"> • intensificação da ocupação de áreas, alteração de uso, migração, favelização, redução de receita de pequenas empresas, desemprego • ocupação desordenada de áreas desocupadas 	<ul style="list-style-type: none"> • estabelecer mecanismos no sentido de evitar possíveis conflitos espaço viário x espaço urbano • sugerir e colaborar com a municipalidade para o desenvolvimento ou reavaliação de Plano Diretor • colaborar com a municipalidade na obtenção de recursos para implantação de infraestrutura urbana
<ul style="list-style-type: none"> • segregação urbana 	<ul style="list-style-type: none"> • ruptura ou redução da acessibilidade a atividades (escola, comércio, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • criar canais de acesso considerando a possibilidade de rebaixamento da pista mantendo acessos na superfície • colaborar com a municipalidade no sentido de reposicionar atividades • desenvolvimento ou reavaliação de Plano Diretor
<ul style="list-style-type: none"> • desapropriação 	<ul style="list-style-type: none"> • seccionamento de propriedades • indenizações injustas • necessidade de reassentamento quando da existência de moradias em situação fundiária irregular • ruptura da continuidade de tecido social • de unidades produtivas, ocasionando paralisação da produção, com conseqüentes prejuízos aos proprietários e possível perda de emprego para o trabalhador 	<ul style="list-style-type: none"> • nos estudos de alternativas, preferencialmente desenvolver os traçados em áreas desocupadas • realizar confiáveis estudos de mercado e de valor da terra
<ul style="list-style-type: none"> • reassentamento 	<ul style="list-style-type: none"> • ruptura da continuidade de tecido social • profunda alteração econômica e cultural entre os indivíduos reassentados, entre os indivíduos dos quais estes se afastam e entre os indivíduos que os recebem e para eles mesmos • custos adicionais ao empreendimento 	<ul style="list-style-type: none"> • deve ser evitado sempre que possível • nos estudos de alternativas, preferencialmente desenvolver os traçados em áreas desocupadas • considerar traçados que evitem totalmente ou minimizem a sua necessidade
<ul style="list-style-type: none"> • intrusão visual 	<ul style="list-style-type: none"> • obstrução à paisagem urbana 	<ul style="list-style-type: none"> • propor projetos de engenharia esteticamente adequados à paisagem urbana • criar faixas de domínio em função do grau de obstrução
	<ul style="list-style-type: none"> • desenvolvimento de paisagem esteticamente desagradável 	<ul style="list-style-type: none"> • utilização de vegetação

Conforme BID (1996), a desapropriação é um ato de governo por meio do qual, no exercício de sua soberania, apropria-se de direitos de propriedade de uma pessoa e os modifica, assegurando-lhe devida indenização, ou seja, compensação por perdas ou

danos sofridos. Segundo Bueno (1981), o ato de desapropriar, ou mesmo de expropriar, constitui ato de desapossar alguém de sua propriedade, segundo as formas legais e mediante justa indenização.

De fato, é comum a necessidade de efetuar desapropriações para implantar projetos rodoviários, sejam de propriedades públicas ou mesmo de propriedades privadas. Porém muitas vezes, principalmente nos países em desenvolvimento, algumas destas propriedades são ocupadas irregularmente por terceiros, ou seja, indivíduos que de fato não são os reais proprietários da terra e, que se apossam dela, constituindo uma invasão de propriedade ou uma ocupação irregular. Assim, se o traçado de uma nova rodovia, ao atravessar as regiões periféricas de áreas urbanas, regiões propícias para estes acontecimentos, necessitar desapropriar uma propriedade que está ocupada irregularmente, também será necessário o reassentamento da população invasora, conforme princípios e diretrizes de agências de desenvolvimento internacionais e, sobretudo dos Direitos Humanos.

Tais deslocamentos populacionais são ainda tratados por certos governantes, apenas como tal, não havendo o devido cuidado com os direitos das populações transferidas, que sofrem o efeitos de uma profunda alteração econômica e cultural, tanto entre os indivíduos diretamente deslocados, quanto no tecido social das comunidades das quais se afastam e das que os recebem.

O reassentamento, portanto, deve ser acompanhado de medidas voltadas à proteção da vida, do bem-estar, da cultura e dos direitos humanos da população deslocada, assim como reduzir/corrigir as perdas de potencial econômico que ocorram na economia local ou regional.

Assim, conforme BID (1996), o reassentamento constitui uma ruptura repentina da continuidade do tecido social e pode ter como resultado o empobrecimento da população reassentada, além do que, quando mal planejado ou quando não executado adequadamente, constitui sempre um custo adicional ao empreendimento.

BID (1996) aponta, ainda, que sempre que possível, o reassentamento deve ser evitado. Antes que decisões pouco fundamentadas sejam tomadas, outras opções e alternativas devem ser consideradas, para as quais não se necessite de um reassentamento ou se necessite de um em menor magnitude. Em todos os casos, deveria ser considerada a alternativa de não executar o empreendimento e, ao adotar as decisões, conceder a devida importância às medidas necessárias para atenuar ou compensar os efeitos negativos do reassentamento. Quando o reassentamento é inevitável, deve-se reduzir o número de pessoas afetadas pelo empreendimento.

Tabela 3.2.: Impactos – Fase de Projeto (Belia; Bidone, 1993)

IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS	CAUSAS PROVÁVEIS OU SINÉRGICAS	RECOMENDAÇÕES OU MEDIDAS MITIGADORAS
<ul style="list-style-type: none"> • valorização exarcebada da terra e de materiais de construção 	<ul style="list-style-type: none"> • divulgação precipitada do programa/plano 	<ul style="list-style-type: none"> • desapropriação e aquisições antecipadas dos terrenos objeto do programa/plano
<ul style="list-style-type: none"> • impedimentos à construção e/ou operação e potencialização de problemas sociais 	<ul style="list-style-type: none"> • interferências em planos/programas co-localizados • interfaces com áreas de conflito social ou “stress” ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • levantamento prévio detalhado de instalações existentes e/ou programadas por terceiros • avaliar em conjunto com órgãos responsáveis a pertinência da implantação da obra
<ul style="list-style-type: none"> • erosões/assoreamentos/inundações 	<ul style="list-style-type: none"> • sub-dimensionamento e/ou localização deficiente do sistema de drenagem • alterações no uso do solo das bacias de contribuição • existência de outras obras em sinergia com a rodovia, inclusive caminhos de serviços abandonados • falta de recuperação ambiental de áreas exploradas para a construção 	<ul style="list-style-type: none"> • detalhamento topográfico preciso da travessia de cada uma das bacias • detalhamento geotecnológico de cada bacia • estabelecimento de prognóstico do uso do solo das bacias de contribuição • controle das construções que tenham interface com a rodovia • recuperação ambiental das áreas exploradas para caixas de empréstimo, cascalhadeiras, etc. • recomposição das áreas usadas com construções provisórias, etc
<ul style="list-style-type: none"> • taludes instáveis e rompimento de fundações 	<ul style="list-style-type: none"> • conhecimento deficiente das condições geotecnológicas da área de construção 	<ul style="list-style-type: none"> • maior exigência de qualidade nos estudos e projetos

continua ...

... continuação

IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS	CAUSAS PROVÁVEIS OU SINÉRGICAS	RECOMENDAÇÕES OU MEDIDAS MITIGADORAS
<ul style="list-style-type: none"> potencialização de endemias e proliferação de vetores 	<ul style="list-style-type: none"> criação de “piscinas” em caixas de empréstimo e ocorrências de material de construção represamento em bueiros subdimensionados ou mal localizados depósitos de lixo e de materiais inservíveis ao longo das rodovias 	<ul style="list-style-type: none"> projetar sistemas de drenagem para caixas de empréstimos e áreas exploráveis aprimorar o dimensionamento das obras utilizando prognósticos de uso futuro localizar os dispositivos no fundo dos talwegues evitar escolher empréstimos próximos a aglomerações humanas incluir quantitativos de serviços prevendo a remoção de restos vegetais reconformação da topografia e da vegetação das áreas usadas com obras provisórias
<ul style="list-style-type: none"> potencialização de conflitos em interfaces com áreas a serem protegidas 	<ul style="list-style-type: none"> escolha de diretriz e de traçado em áreas de conflitos sociais e/ou de “stress” ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> mapeamento prévio das áreas de conflitos sociais e das áreas que são protegidas ou que deverão ser reservas no futuro contatos e negociações prévias com organismos responsáveis pelas áreas e/ou pela solução dos conflitos
<ul style="list-style-type: none"> conflitos com áreas urbanas 	<ul style="list-style-type: none"> acidentes poluição do ar ruídos e vibrações rompimento da continuidade da mancha urbana, segregação das continuidades, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> estudo de alternativas de traçado com menor interferência afastamento da rodovia de instalações conflitantes (hospitais, escolas, cemitérios) dispositivos de controle de velocidade acessos projetados com controles rígidos de tráfego estabelecimento de barreiras para impedir/reduzir as interfaces veículos x pedestres e tráfegos rodoviário x urbano

Tabela 3.3.: Impactos – Fase de Obra (Belia; Bidone, 1993)

IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS	CAUSAS PROVÁVEIS OU SINÉRGICAS	RECOMENDAÇÕES OU MEDIDAS MITIGADORAS
<ul style="list-style-type: none"> degradação de áreas urbanizáveis 	<ul style="list-style-type: none"> esburacamento na exploração de caixas de empréstimos usos de caixas de empréstimo para depósitos de lixo e de materiais inservíveis má disposição de bota-foras 	<ul style="list-style-type: none"> evitar a obtenção de empréstimos em áreas urbanizadas ou potencialmente urbanizáveis recuperação de uso das áreas exploradas reconformação das áreas de bota-fora
<ul style="list-style-type: none"> erosões das estradas e terrenos vizinhos assoreamento de obras e terrenos vizinhos inundações a montante (inclusive com a formação de ambiente favorável à proliferação de mosquitos e caramujos) 	<ul style="list-style-type: none"> dimensionamento deficiente das obras (sem previsão de alteração de uso do solo das bacias de captação) desvios e captações em condições adversas entulhamento de talvegues e entupimento de bueiros construções de aterros-barragem em áreas sem controle de vetores que proliferem em meio aquático 	<ul style="list-style-type: none"> efetuar prognósticos de uso futuro das bacias de captação para calcular as vazões estudar corta-rios em função do embasamento geotecnológico dos terrenos afetados limpeza permanente dos talvegues projetar a descarga das obras em terrenos estáveis evitar a formação de poças e piscinas quando da alocação de bueiros
<ul style="list-style-type: none"> degradação de uso de áreas exploradas impossibilidade da continuação de exploração ou falta prematura de materiais de construção 	<ul style="list-style-type: none"> falta de recuperação de uso exploração predatória 	<ul style="list-style-type: none"> reincorporar o solo orgânico removido e provê-lo de vegetação reconformar a topografia guiar a exploração segundo os preceitos do Código de Mineração
<ul style="list-style-type: none"> danos à população 	<ul style="list-style-type: none"> falta de critério no projeto 	<ul style="list-style-type: none"> estudar cuidadosamente a localização da pedreira, evitando-se proximidades com núcleos urbanos

Tabela 3.4.: Impactos – Fase de Conservação / Restauração (Belia; Bidone, 1993)

IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS	CAUSAS PROVÁVEIS OU SINÉRGICAS	RECOMENDAÇÕES OU MEDIDAS MITIGADORAS
<ul style="list-style-type: none"> • escorregamentos e quedas de pedras 	<ul style="list-style-type: none"> • projeto deficiente e/ou construção incompleta • desmatamentos excessivos e/ou incêndios nas matas de proteção • ocupação desordenada das encostas em torno da rodovia • deficiência na conservação 	<ul style="list-style-type: none"> • qualificação do projeto e construção de obras de contenção • reflorestar e proteger contra incêndios • impedir a ocupação desordenada da área de influência direta • limpeza permanente da faixa de domínio
<ul style="list-style-type: none"> • erosões, assoreamentos, inundações e represamentos • potencialização de endemias e proliferação de vetores 	<ul style="list-style-type: none"> • falhas nos projetos de drenagem e OAC e/ou na implantação das obras previstas • alteração no uso do solo nas bacias de contribuição • implantação de obras que atuem sinergicamente na rodovia • caminhos de serviço abandonados • criação de “piscinas” em áreas exploradas 	<ul style="list-style-type: none"> • verificação, se possível, da vegetação existente nas bacias de contribuição na época de confecção do projeto original. Confrontar com o uso do solo, no caso de se registrarem modificações, redimensionar as redes de drenagem e OAC
<ul style="list-style-type: none"> • conflitos em interfaces com áreas a serem protegidas 	<ul style="list-style-type: none"> • escolha de diretriz e de traçado em áreas de conflitos sociais e/ou “stress” ambiental, na confecção do projeto original 	<ul style="list-style-type: none"> • reestudar o traçado, objetivando a execução de variantes que evitem as áreas conflitantes. Caso não seja viável, relacionar os impactos decorrentes e respectivas ações visando à mitigação
<ul style="list-style-type: none"> • conflitos em áreas urbanas 	<ul style="list-style-type: none"> • crescimento da mancha urbana ao redor da rodovia • surgimento de aglomerações urbanas lindeiras à rodovia 	<ul style="list-style-type: none"> • estudo de alternativas de traçado visando contorno de áreas urbanas. Caso inviável, projetar: dispositivos de controle de velocidade. Acessos com controle rígido de tráfego, barreiras para impedir/reduzir as interfaces veículos x pedestres e tráfego rodoviário x urbano

A fase de operação de uma rodovia gera uma série de modificações no meio ambiente original, introduzindo, principalmente: aumento dos níveis de ruídos e de vibrações; poluição do ar e da água; e problemas de segurança da comunidade, usuária ou não da rodovia. Os efeitos destas alterações podem se dar sobre a população humana, sobre a biota (fauna e flora) ou sobre o meio físico, neste último caso, refletindo-se sobre os dois primeiros.

Tabela 3.5.: Impactos – Fase de Operação (Belia; Bidone, 1993)

IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS	CAUSAS PROVÁVEIS OU SINÉRGICAS	RECOMENDAÇÕES OU MEDIDAS MITIGADORAS
<ul style="list-style-type: none"> • aumento do número de acidentes de trânsito. (Impacto potencializado nos casos de travessias urbanas e de transporte de cargas poluentes e perigosas) • atropelamento de animais silvestres 	<ul style="list-style-type: none"> • alterações de intensidade do tráfego • intensificação de ocupação, criando acessos não regulares à rodovia • criação de postos de serviços • proximidade de regiões urbanizadas 	<ul style="list-style-type: none"> • redimensionar trevos e interseções existentes, projetando o atual volume de tráfego para o futuro • cadastrar todos os acessos não regulamentados à rodovia, projetar novos acessos. Se possível, criar vias coletoras laterais, reduzindo o número de interferências à rodovia • padronizar acessos a postos de serviço • adotar medidas de engenharia de tráfego e de segurança viária • conservar cercas delimitadoras de faixa de domínio
<ul style="list-style-type: none"> • alterações dos microclimas 	<ul style="list-style-type: none"> • geração de calor pelos motores dos veículos • modificações da topografia e da vegetação 	<ul style="list-style-type: none"> • evitar desenvolver o traçado em regiões sem boas condições de circulação do ar • reconformação da topografia e da vegetação das áreas usadas com obras provisórias
<ul style="list-style-type: none"> • alterações dos recursos hídricos • doenças e intoxicações • aumento do custo de tratamento da água para consumo, ou até impossibilitando seu uso • inviabilização de determinados usos de terra e dos próprios mananciais 	<ul style="list-style-type: none"> • captações, drenagens, rebaixamentos do lençol freático; • poluição da água superficial e subterrânea devido a instalações ao longo da rodovia, que despejam efluentes sanitários, graxas e óleos; precipitação de material particulado, hidrocarbonetos e aldeídos emanados pela descarga dos veículos; liberações de materiais sólidos, tais como borracha de pneus e lonas de freios, poeiras e outros oriundos de cargas transportadas; e acidentes com cargas potencialmente poluentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • evitar que o traçado rodoviário passe nas proximidade de aglomerações urbanas • certificar que aglomerações urbanas induzidas após o início da operação da rodovia possuam saneamento básico para o despejo de efluentes sanitários • observação e controle de qualidade sobre equipamentos automotores utilizados • monitoramento eficaz do tráfego, garantindo a segurança rodoviária onde a rodovia se relaciona com cursos d'água, principalmente aqueles de importância crítica de acordo com sua utilização potencial, ou de fato.
<ul style="list-style-type: none"> • alterações da qualidade do ar • doenças pulmonares, alérgicas e intoxicações 	<ul style="list-style-type: none"> • poluição do ar • depósitos de poeira e hidrocarbonetos sobre as folhas e sobre o solo, matando a vegetação, reduzindo a qualidade e a disponibilidade de alimento 	<ul style="list-style-type: none"> • redução de poluição na fonte (evolução tecnológica de veículos, controle da regulagem dos motores, etc.) • fiscalização: estado de conservação de veíc • medidas de Engenharia de Tráfego • reduzir a necessidade de grandes variações de acelerações e desacelerações, que aumentam a descarga dos veículos (paradas, rampas extensas e íngremes, etc.)

continua ...

... continuação

IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS	CAUSAS PROVÁVEIS OU SINÉRGICAS	RECOMENDAÇÕES OU MEDIDAS MITIGADORAS
<ul style="list-style-type: none"> • problemas físicos e psicológicos nos indivíduos • fuga e inibição da reprodução de animais silvestres • degradação de uso de instalações, habitações, terrenos, etc., acarretando em perdas econômicas e financeiras • trincas e fissuras em edificações 	<ul style="list-style-type: none"> • ruídos • alterações do <i>background</i> de ruídos que permite o equilíbrio da fauna e flora 	<ul style="list-style-type: none"> • na concepção do traçado: evitar a passagem por áreas críticas • na concepção do greide: dar preferência às passagens em corte pelos locais críticos e à suavização das rampas que exigem fortes acelerações para serem galgadas; • concepção operacional: dar importância às características que influam no fluxo contínuo, exigindo frenagens e mudanças de marcha; e à proibição do tráfego de veículos pesados em determinados trechos ou horários. • redução do ruído na fonte • fiscalização do estado de conservação dos veículos • construção de barreiras interpostas entre a rodovia e a área a proteger • alteração das características dos ambientes que recebem o ruído
	<ul style="list-style-type: none"> • vibrações • alterações do <i>background</i> de vibrações que permite o equilíbrio da fauna e flora 	<ul style="list-style-type: none"> • conservação do pavimento asfáltico • proibição do tráfego de veículos pesados em determinados trechos • desenvolver o traçado distante de edificações sensíveis (monumentos históricos ou arquitetônicos, hospitais, laboratórios) • busca de terrenos firmes para a implantação das obras • construção de valas para interromper o percursos das ondas de vibração • utilização de materiais absorventes da vibração

3.2 Planejamento Rodoviário Sustentável: Análise de Experiências Anteriores

A análise de experiências anteriores onde a seleção de alternativas rodoviárias foi realizada levando em consideração aspectos ambientais, permite a escolha dos critérios e indicadores mais significativos a serem considerados na metodologia proposta nesta dissertação.

Na pesquisa bibliográfica realizada foram identificados sete casos que se destacaram pela sua preocupação com as possíveis conseqüências ao meio ambiente quando da introdução da nova rodovia em questão. A identificação da rodovia ou do estudo, o país de origem do estudo e a data de sua realização encontram-se listados no quadro a seguir:

Tabela 3.6.: Experiências Anteriores

RODOVIA / ESTUDO	PAÍS	DATA
Santa Barbara Highway	EUA	1969
M4 – Contorno de Cardiff	País de Gales	1972
Determinações da FHWA	EUA	1972
Determinações do <i>Department of Transport</i> , exemplificado pela rodovia de Contorno de Purcaster	Inglaterra	1982
A55 – Contorno de Colwyn Bay	País de Gales	1988
SP021 - Rodoanel de São Paulo	Brasil	1999
Estudo da <i>South African Institute of Mining and Metallurgy</i> (rodovia não identificada)	África do Sul	2000

Fonte: Passounneau; Gunnerson; Miller (1975); The Consulting Engineer (1972); Duttonhoeffer; Padwal; Kirkyla (1976); Department of Transport (1982); Lober; Wilson (1988); DERSA (1999); Kalamaras et al (2000)

Conforme se verifica a seguir, dentre as rodovias analisadas nestes estudos, encontram-se rodovias que atravessam áreas urbanizadas, rodovias tipicamente rurais, rodovias atravessando áreas urbanizadas e áreas rurais e rodovias atravessando unidades de conservação ambiental.

Na seqüência é caracterizado cada um destes estudos, principalmente quanto aos critérios e indicadores adotados. Foi possível realizar uma breve descrição da metodologia de análise utilizada em cada caso, sempre que a bibliografia pesquisada identificou e descreveu tal metodologia.

3.2.1 Caso da Santa Bárbara Highway (Passonneau; Gunnerson; Miller, 1975)

Primeiramente, cabe destacar que a bibliografia pesquisada não foi o relatório técnico do estudo de alternativas para a Santa Bárbara Highway, o *Santa Barbara Highway Report* de autoria de Johnson; Mendenhall (1969) apud Passonneau; Gunnerson; Miller (1975), e sim um manual de engenharia rodoviária que citou o referido estudo em seu capítulo de “Engenharia Ambiental”. Porisso, detalhes, como as unidades de medidas adotadas para cada critério e indicador utilizado no estudo, não constavam da publicação pesquisada, assim como maiores detalhes quanto à metodologia de análise adotada.

Os autores dizem que em uma tradicional Análise Benefício / Custo admite-se que todos os benefícios e todos os custos gerados por um empreendimento rodoviário podem ser quantificados. Porém, eles apontam que esta consideração pode ser geralmente, mas não sempre verdadeira, pois há questões extremamente complexas em determinadas implantações de rodovias, como as situações onde há impactos sociais adversos, que são de difícil ou até mesmo impossível quantificação.

Para estes casos, uma Análise de Metas e Objetivos torna-se uma análise suplementar necessária. Segundo os autores, em uma Análise de Metas e Objetivos é importante que o engenheiro ordene todos os objetivos de cada indivíduo e grupo afetado pela futura rodovia e, posteriormente, determine uma ordenação das alternativas de traçado, de acordo com estes objetivos.

Tentando solucionar um problema de alternativas de traçado e de desajustes de projeto, que se estendiam por cerca de dez anos, representantes da cidade de Santa

Bárbara e do Departamento de Estradas do Estado da Califórnia (EUA) realizaram uma Análise de Metas e Objetivos em duas etapas, a fim de se determinar a alternativa a ser implantada e sua seção transversal típica.

A primeira etapa constituiu-se em uma análise comparativa de quatro alternativas de traçado, conforme os critérios e indicadores apresentados na tabela 3.7, dispostos em níveis hierárquicos. Cada alternativa de traçado foi avaliada conforme estes critérios e indicadores, os quais foram pontuados de forma crescente de 0 (pior) a 5 (melhor), conforme o desempenho de cada um em cada alternativa.

A segunda etapa foi uma análise quanto às possíveis configurações de seções transversais da futura rodovia (em nível, elevado, em aterro, em corte parcial ou em corte total, ou seja, em trincheira). Cada seção foi avaliada praticamente através dos mesmo critérios e indicadores da primeira etapa, os quais foram pontuados também de forma crescente de 0 (pior) a 5 (melhor), conforme o desempenho de cada um em cada tipo de seção transversal.

Tabela 3.7: Santa Bárbara Highway – Critérios e Indicadores (Passonneau; Gunnerson; Miller, 1975)

CRITÉRIOS	INDICADORES	
tráfego e transporte	nível de serviço	local
		regional
		Interestadual
	impacto	localização de rampas
		interseções
		circulação
	capacidade	vias locais
		rodovias estaduais
		rodovias interestaduais
padrões de projeto	aspectos estéticos	aspectos visuais
		aspectos estruturais
		relação com a comunidade
impacto econômico	desapropriações	área desapropriada
		taxa de perdas
		residências afetadas
		valor da terra
	uso do solo	área comercial afetada
		efeitos em determinados locais
	potencial de desenvolvimento	efeito no potencial de desenvolvimento
		efeito no valor da terra
valores da Comunidade	relacionamento com Plano Diretor	área residencial
		área comercial
		área industrial
		escolas
		parques e recreação
		outras instalações de uso público
		recuperação de áreas
	aspectos sociológicos	aspectos políticos
		coesão da vizinhança
		efeitos em grupos minoritários
		empregos afetados
		sítios históricos
	aspectos ambientais	distância de área urbana
		nível de ruído e vibração
		poluição do ar
		qualidade de vida
valores para os usuários	impactos	aspectos visuais vistos da rodovia
		conveniência
	segurança	segurança sob condições adversas e à noite

A forma de obtenção das ponderações, dos indivíduos ou dos grupos afetados pela implantação da futura rodovia, a metodologia de tratamento destes julgamentos e a ordenação final das alternativas de traçado, com suas respectivas seções transversais, não foram apresentadas na bibliografia pesquisada. Porém, foi de grande valia a obtenção, para esta dissertação, dos critérios e indicadores utilizados neste estudo de 1969, anterior a inúmeras legislações ambientais, bem como o registro da

importância da participação dos diversos atores envolvidos em um empreendimento rodoviário.

3.2.2 O Caso da Rodovia M4, Contorno da Cidade de Cardiff, Região Sul do País de Gales (The Consulting Engineer, 1972).

Este artigo realiza uma discussão quanto à importância da participação de especialistas de diversas áreas ambientais juntamente com engenheiros consultores, em um estudo de alternativas de traçado de rodovia, além de apontar os critérios de características ambientais utilizados no estudo da rodovia M4 – Contorno de Cardiff. Considerações quanto à obtenção de prioridades ou julgamentos dos critérios definidos para a análise, bem como a metodologia utilizada para a seleção da alternativa recomendada pelo estudo não se encontravam descritas na bibliografia pesquisada. Ainda assim, o conhecimento e a leitura deste artigo foram de grande valia para a obtenção dos critérios utilizados neste estudo.

Os engenheiros e planejadores responsáveis pela implantação desta rodovia se preocuparam desde o início em definir um indicador que correspondesse ao “potencial de vida” da área a ser diretamente afetada pelo empreendimento rodoviário em questão. Porém, eles não estavam de acordo quanto, principalmente, aos impactos ambientais gerados nos indivíduos afetados. Estes impactos são bastante complexos e o risco seria o de considerar demasiadamente aspectos como o congestionamento, a poluição e os ruídos, subestimando os aspectos mais subjetivos, como a acessibilidade e a redução da frustração.

O grupo responsável para o desenvolvimento desta questão apontou que os principais distúrbios seriam os ruídos e os impactos gerados pela intrusão visual, ambos predominantemente gerados durante a etapa de construção da rodovia.

O grupo responsável recomendava, ainda, que a autoridade rodoviária deveria ter poderes para adquirir terras que fossem necessárias para a implantação da rodovia,

bem como para a manutenção e o desenvolvimento do meio ambiente em suas áreas adjacentes. Recomendava, como sendo um aspecto de muita importância, causar o mínimo de rompimento do tecido urbano, evitando conseqüentes rupturas de relacionamentos comunitários.

O autor considera que a rodovia M4, contorno de Cardiff, talvez fosse a primeira rodovia interurbana desenvolvida por meio de estudos realizados por uma equipe multidisciplinar de engenheiros e outros especialistas.

A seguir são apresentados os critérios de planejamento considerados para a elaboração e escolha do traçado desta rodovia:

- **opções de desenvolvimento:** efeito das alternativas nas regiões de Pentwyn e Thornhill, sobre o possível desenvolvimento de certas áreas, bem como a implantação de áreas livres e cinturões verdes.

Para o desenvolvimento das alternativas e da política apropriada à área em estudo, foram realizadas investigações acerca da conformidade do uso do solo; desenvolvimento obrigatório e oportunidades; e implicações no tráfego, em vários níveis de desenvolvimento.

Assim as alternativas foram comparadas em função do planejamento previsto, no resultado quantitativo e qualitativo dos diversos usos dos solos possíveis.

- **fatores ambientais:** foram levados em consideração os distúrbios físicos e rupturas sociais, incluindo o ruído, a poluição visual, a poluição do ar por meio de fumaças e poeiras, a esterilização da terra, os acessos locais para estabelecimentos sociais, a integração social, além de outras considerações de conservação da natureza.

Quanto à questão do ruído, foram consideradas duas zonas de ruído (70db(A) e 55 db(A)), conforme metodologia mais utilizada, embora existam estudos mais

detalhados. O autor considera que o ruído é o maior impacto proporcionado à comunidade lindeira das rodovias. O nível L10 de 70db(A) é recomendado como o máximo suportável por uma propriedade residencial.

Em um trecho de uma determinada alternativa foi considerada como solução para o problema do ruído, o rebaixamento da rodovia por meio de cortes profundos, a fim de que o traçado se mantivesse o mesmo. Em um outro trecho foi possível resolver um problema semelhante de impacto visual e sonoro gerado para diversas residências, considerando um traçado mais distante desta comunidade lindeira.

- **Paisagens:** cada alternativa foi estudada segundo dois pontos de vista: a paisagem rural e urbana vista da rodovia, e a rodovia vista destas localidades. O critério de projeto considerado foi a constância da extensão de obras de terra variando de cortes para aterros, prevalecendo os traçados que acompanhavam mais a topografia.
- **Agricultura:** extensão da rodovia em cada tipo de cultura e o número de propriedades e unidades de trabalho afetadas.

3.2.3 O Caso da Federal Highway Administration - FHWA (Duttenhoeffer; Padwal; Kirkyla, 1976)

A bibliografia pesquisada neste caso foi um manual para engenheiros civis, onde o capítulo de Engenharia Rodoviária – Considerações Ambientais e da Comunidade, descreve as diretrizes do Memorando de Instrução da *Federal Highway Administration* – FHWA, de 20 de abril de 1972, denominado “*Guidelines for Considerations of Economic, Social and Environmental effects*”. Este Memorando estabeleceu diretrizes para os departamentos rodoviários dos estados da federação norte americana, para a consideração de efeitos econômicos, sociais e ambientais em projetos rodoviários, além da necessidade por transporte rápido, seguro e eficiente.

Estabeleceu, ainda, que seria necessário estudar o impacto não apenas no projeto proposto, mas também em todas as alternativas consideradas. Este Memorando estabeleceu o estudo de efeitos previsíveis em sete áreas distintas:

- **Crescimento regional e desenvolvimento da comunidade**

Considerar planos em geral, propostas de uso do solo, necessidades de transporte, *status* do processo de planejamento, a fim de que se considere, por exemplo, a direção do crescimento urbano como forma de controle da demanda futura de tráfego.

- **Conservação e preservação**

Considerar erosão e sedimentação do solo, a ecologia geral da área, recursos naturais e fabricados pelo homem, instalações recreacionais e parques, áreas de vida selvagem, áreas de recursos hídricos, além de sítios históricos. Em certos casos, o impacto ambiental pode se estender além da área correspondente à faixa de domínio da rodovia. Evitar áreas habitadas pelo homem e ecossistemas com plantas e animais em extinção. Se não for possível, a ocupação deve ser realizada com planos de ação de minimização do impacto.

- **Instalações e serviços públicos**

Evitar a locação de uma rodovia em uma determinada área onde venha a ocorrer a separação de uma instalação comunitária (escola, hospital, etc) da vizinhança a qual ela serve.

- **Coesão da comunidade**

Minimizar os impactos na comunidade, em suas características residenciais e de vizinhança, com conseqüentes efeitos nos impostos locais e no valor das propriedades.

- **Relocação de pessoas, negócios e outros**

Assistência no deslocamento, relocação em local adequado, considerando a avaliação econômica com conseqüentes perdas e ganhos.

- **Poluição do ar, água e sonora**

Investigar o relacionamento entre o projeto da rodovia e a emissão veicular de poluentes. Concluiu-se que se deve evitar a concepção geométrica da rodovia com rampas acentuadas, pois estas proporcionam situações que requerem demasiadas acelerações e desacelerações, com efeito negativo multiplicado nos segmentos com pouca circulação de ar. Este quesito também favorece a diminuição da poluição sonora. Portanto, as questões da qualidade do ar e a produção de ruídos devem ser estudadas conjuntamente. Além disso, deve ser considerado que a poluição do ar pode ser intensificada devido a certos eventos climáticos, tais como: inversões térmicas, turbulências, atmosfera não homogênea e padrões de ventos não característicos.

Considerar que se de uma determinada propriedade às margens da futura rodovia pode-se avistar o tráfego de veículos na mesma, então também pode-se ouvir seus ruídos. Soluções após a implantação da rodovia, com o plantio de vegetação ao longo dos limites da faixa de domínio, geram quase sempre um “sucesso psicológico”, pois há sempre a possibilidade de falhas neste isolamento físico do ruído, o mesmo ocorrendo em soluções em depressão/desnível. Outras barreiras físicas de tipos específicos e pavimentos especiais são aconselháveis para áreas urbanas, porém deve-se ter o devido cuidado, pois algumas soluções deste tipo podem aumentar a poluição do ar.

- **Estética e outros valores**

Considerar a preservação da qualidade visual estética, de quem está fora da rodovia e de quem está na rodovia.

Segundo Duttonhoeffer; Padwal; Kirkyla (1976), estes critérios definidos pela FHWA caracterizam-se por gerarem comparações de maneira subjetiva. Além disso, os objetivos, tal como vistos pelas agências, grupos e indivíduos interessados ou sensivelmente afetados por um projeto rodoviário, devem ser claramente identificados e oficialmente incorporados nas análises de avaliação. Segundo eles, a

tomada de decisão é facilitada quando se conhece o ponto de vista dos grupos de interesse acerca das várias alternativas.

Assim, quanto à avaliação destes critérios, Duttonhoeffer; Padwal; Kirkyla (1976) apresentam genericamente uma metodologia, onde devem ser apresentadas as vantagens e desvantagens de cada alternativa de traçado em questão, incluindo a opinião da comunidade envolvida ou afetada pela futura rodovia, tornando o processo de avaliação sistemático e compreensível. Os autores descrevem que a análise deve proceder genericamente da seguinte maneira:

- 1 Identificar todos os grupos de interesse e questioná-los quanto seus objetivos e considerações acerca do projeto rodoviário proposto;
- 2 Se for o caso, determinar a importância relativa de cada grupo de interesse, através de pesos;
- 3 Requisitar aos grupos de interesse que indiquem pesos conforme a importância de cada um dos objetivos;
- 4 Avaliar e estimar valores para cada alternativa, conforme os objetivos e considerações dos grupos de interesse;
- 5 Multiplicar o peso pelos valores estimados para obter o valor de cada objetivo;
- 6 Somar todos os valores para cada grupo de interesse, ponderados se for o caso, a fim de obter o valor total comparativo para as alternativas por grupo.

Destaca-se através destas diretrizes da FHWA de 1972, os diversos critérios apontados para serem considerados em estudo de alternativas de traçado de rodovias, bem como uma descrição sucinta de uma metodologia que considera a participação dos diversos atores envolvidos com um empreendimento rodoviário, inclusive a comunidade, e que também considera a ponderação relativa de critérios subjetivos.

3.2.4 O Caso do Departamento de Transporte, Rodovias, Segurança e Tráfego do Reino Unido da Grã-Bretanha, Exemplificado pelo Contorno da Cidade Purcaster. (Department of Transport, 1982)

Segundo esta Agência de Transporte britânica, o estudo de alternativas deve ser feito considerando todas as peculiaridades de cada uma destas alternativas. Os investimentos extras, que porventura venham a ocorrer, devem ser considerados necessários, a fim de agregar valor ao empreendimento rodoviário, à medida que se reduzam os impactos ambientais.

Antes deste relatório, decisões quanto ao tipo de via e quanto à configuração das interseções eram consideradas como sendo assuntos típicos de “projetos padrão”, que relacionavam a escolha apenas à projeção de tráfego. Posteriormente, uma gama de planos e técnicas de avaliação foram introduzidos, fazendo com que os denominados “projetos padrões” fossem utilizados somente como fator inicial de contribuição.

As decisões passaram a ser baseadas nas vantagens econômicas e ambientais relativas de cada alternativa proposta. Desta maneira, decisões anteriormente genéricas quanto ao alinhamento e à capacidade das rodovias passaram a ser claramente melhor consideradas e analisadas, por razões de segurança principalmente. Dentre estes aspectos incluem-se o gradiente de rampas, raios de curvatura e distâncias de visibilidade.

O relatório faz uma série de considerações, das quais algumas estão listadas a seguir:

- o principal elemento na tomada de decisão é a avaliação econômica, que costuma não somente ser utilizada para a tomada de decisão final, mas sim também durante o desenvolvimento das alternativas;
- nem todas alternativas necessitam ser examinadas com os mesmos detalhes, sendo que aquelas que claramente de início são economicamente inviáveis devem ser rejeitadas;

- a alternativa a ser escolhida como a preferida não é superior em todos os aspectos às demais, por isso torna-se necessário um julgamento, cujo processo de seleção está voltado para uma análise entre os diversos fatores envolvidos;
- quando há um grande número de alternativas, um método de simplificar o problema é realizar a comparação de alternativas duas a duas, eliminando a menos favorecida. A vantagem deste método é que o problema fica subdividido em um número discreto de problemas menores. Desta maneira, por exemplo, é possível identificar a melhor alternativa ao norte de uma cidade e a melhor alternativa ao sul, antes de comparar estas melhores alternativas uma com a outra. O relatório aconselha ainda, durante a aplicação do método, tomar o cuidado para evitar hipóteses contraditórias, sem consistência, como por exemplo, alternativa A preferida à B, B à C e C à A;
- a consulta pública garante informações quanto às reações das pessoas e organizações acerca de cada alternativa de traçado.

Considerando o caso particular do estudo de alternativas da rodovia de contorno da cidade de Purcaster, vários impactos econômicos e ambientais foram detectados para cada uma das quatro alternativas de traçado propostas. Considerações acerca da alternativa de não implantar a rodovia também foram realizadas.

Purcaster era, à época, uma pequena cidade com uma população de cerca de 10.000 habitantes, servida por um centro de compras e de empregos, envolta por uma predominante área rural.

As quatro alternativas de traçado propostas resumem-se, essencialmente, em duas diretrizes, com variantes ao sul da cidade. Os efeitos de cada alternativa nos diferentes grupos de pessoas afetadas são detalhados em uma matriz de avaliação.

De antemão, uma alternativa, a mais próxima da cidade em seu lado leste, foi rejeitada através de consulta pública. O argumento foi que ela proporcionaria um impacto negativo significativo em uma área de extrema beleza natural.

O processo de seleção da alternativa preferida é apresentado como uma série de eliminações. As alternativas são comparadas a cada duas, uma é eliminada depois de cada comparação, e o processo é repetido até que a alternativa preferida prevaleça. Antes das comparações, todas as vantagens e desvantagens de cada alternativa são listadas, levando em consideração também a opinião pública e das autoridades locais.

O quadro apresentado a seguir apresenta os critérios e indicadores considerados nesta análise:

Tabela 3.8.: Contorno de Purcaster – Critérios e Indicadores (Department of Transport, 1982)

GRUPO 1: USUÁRIOS		
Sub-grupo	Impacto	Unidade
automóveis e utilitários	tempo ganho	monetária
	custo operacional reduzido	monetária
todo tipo de veículo	valor da redução de acidentes	monetária
	redução na gravidade (feridos, fatais)	unidade
	“stress” na direção	-
	paisagem vista da rodovia	-
	congestionamentos durante a construção	monetária
pedestre	suavidade e segurança	-
	separação, afastamento	-
GRUPO 2: POPULAÇÃO LINDEIRA FIXA		
Sub-grupo	Impacto	Unidade
área residencial	propriedades desapropriadas	unidade
	ruído	n° de residências afetadas pelo acréscimo e/ou decréscimo de: 3 a 5 db(A) 5 a 10 db(A) 10 a 15 db(A)
	obstrução visual	unidades habitacionais a menos de 300 m da faixa de Domínio
	intrusão visual	-
	ruptura durante a construção	unidades Habitacionais localizadas a menos de 100 m da faixa de domínio
comércio e serviço	ruído	n° de estabelecimentos comerciais afetados pelo acréscimo e/ou decréscimo de 5 db(A)
	ruptura durante a construção	-
agro-pecuária	estrutura	n° de propriedades afetadas e severidade (porção do terreno em relação ao todo)
	desapropriação	área (m²)
recreacional	desapropriação	área (m²)
GRUPO 3: POPULAÇÃO LINDEIRA FLUTUANTE		
Sub-grupo	Impacto	Unidade
visitantes, turistas, etc.	aumento devido ao facilidade de circulação	-
GRUPO 4: POLÍTICAS DE CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DA REGIÃO		
GRUPO 5: POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E DE TRANSPORTE		
GRUPO 6: POPULAÇÃO LINDEIRA FLUTUANTE		
Sub-grupo	Impacto	Unidade
<i>Department of Transport</i>	custo de construção	monetária
	custo de desapropriação	monetária
	custo de manutenção	monetária
	benefício monetário	monetária

Destaca-se neste estudo a importância da participação dos diversos atores envolvidos na implantação de uma futura rodovia, bem como os critérios e indicadores utilizados. Quanto à metodologia apresentada, cabe destacar que não foi descrito no relatório pesquisado como se realiza exatamente o processo de julgamento e escolha de uma alternativa a cada comparação de pares de alternativas.

3.2.5 O Caso da Rodovia A55 - Rodovia Costeira na Região Norte do País de Gales (Lober; Wilson, 1988)

Trata-se de um estudo de alternativas de traçado para a rodovia A55, que liga St. Asaph até Aber, com cerca de 43 km de extensão. As alternativas foram influenciadas pela topografia montanhosa da região atravessada, pelos problemas geotécnicos e pela presença de áreas ocupadas por edificações urbanas, incluindo um histórico castelo em Conwy.

Os autores dividem a escolha do melhor traçado em três trechos distintos ao longo de toda a rodovia, levando em consideração diversos fatores. Os trechos analisados compreendem as regiões de Colwyn Bay, Conwy e Pen-y-Clip. Foi selecionado para apresentação nesta dissertação o estudo de escolha do melhor traçado em Colwyn Bay. Primeiramente descreve-se o estudo de seleção das macro alternativas localizadas ao longo de toda a extensão indicada, a fim de identificar a diretriz de traçado a ser detalhada.

Realizou-se um estudo de viabilidade, o qual identificou três grandes diretrizes: uma costeira, uma denominada interna e outra denominada intermediária. Foram lançadas ao todo 45 variantes de traçado, que compuseram estas três macro alternativas. Este conjunto foi analisado inicialmente quanto aos seus aspectos econômicos, sendo que apenas 12 alternativas apresentaram relação benefício/custo positiva, sendo então selecionadas para uma análise mais criteriosa. Estas alternativas desenvolviam-se em

sua maioria na região costeira, apresentando algumas variações quando atravessavam as áreas urbanizadas.

Foi então realizada uma análise econômico-ambiental das 12 alternativas pré-selecionadas. Genericamente foram considerados como fatores de análise: os impactos diretos nas residências por necessidade de desapropriação, ou por estarem sujeitas a efeitos de ruídos e efeitos visuais; impactos durante a etapa de construção e impactos no meio ambiente natural. Embora o custo de aquisição de cada propriedade tenha sido incluído na análise econômica, o número de casas a serem desapropriadas em cada alternativa foi identificado e comparado.

Quanto ao ruído, as propriedades foram classificadas em dois grupos. No primeiro foram incluídas as propriedades onde o nível de ruído L10 excedia a 75 db(A) e o segundo grupo compreendia propriedades onde os níveis variavam entre 50 e 75 db(A). O nível de ruído L10 é o nível de ruído excedido em 10% durante o período de um dia.

Com relação ao efeito visual, adotou-se o índice utilizado pelo Departamento de Meio Ambiente, que é calculado em função da distância, altura e ângulo de visão da estrada ao observador.

A alternativa recomendada, em 1971 como resultado deste estudo era essencialmente a alternativa costeira (variante 1) que apresentava algumas variações a serem estudadas localmente, dentre elas a região central de Colwyn Bay.

O estudo de viabilidade rejeitou todas as alternativas internas contornando Colwyn Bay, pois não se justificavam economicamente. Cinco alternativas que eram combinações da costeira com a intermediária foram consideradas para esta análise mais detalhada, as variantes 1, 4, 9, 43 e 44. Estas alternativas foram avaliadas e comparadas de acordo com os critérios apresentados no quadro a seguir:

Tabela 3.9.: Rodovia A55 – Critérios e Indicadores (Fase 1), (Lober; Wilson, 1988)

CRITÉRIO	INDICADOR	UNIDADE
econômico	custos	monetária
	benefícios	monetária
	benefício/custo	monetária
desapropriação	residencial	unidade habitacional
	industrial	unidade industrial
	escola	unidade educacional
ruído	-	n° de residências afetadas durante a obra: <ul style="list-style-type: none"> • < 50 db(A) • entre 50 e 75 db(A) ▪ >75 db(A)

A variante 1 apresentava o mais alto custo, £7,3 milhões a mais do que o da variante 9. Todas apresentavam significativos impactos nas propriedades. A variante 1 afetaria 177 residências e a variante 43 resultaria no menor efeito, com 82 residências. O impacto em relação ao ruído foi considerado o pior na variante 1 que afetaria 109 casas a mais do que a média das outras alternativas.

O menor efeito das outras alternativas no quesito propriedades em comparação à variante 1 não foi significativo devido à perda de valor econômico. Assim, esta alternativa foi recomendada e incorporada pela Secretaria de Estado como a alternativa preferida, denominada no estudo como “alternativa publicada”.

A participação da sociedade, através de um Conselho, apontou uma alternativa interna, que impactaria consideravelmente menos o meio ambiente urbano, porém afetaria interesses na agricultura e na paisagem. A relação benefício - custo desta alternativa era positiva em cerca de £4 milhões, porém £14,8 milhões menos que a da “alternativa publicada”. Estas duas alternativas foram então comparadas por meio de uma avaliação mais extensa, conforme critérios e indicadores apresentados na tabela a seguir:

Tabela 3.10.: Rodovia A55 – Critérios e Indicadores (Fase 2), (Lober; Wilson, 1988)

CRITÉRIO	INDICADOR	UNIDADE
geometria	extensão	m
	interseções	quantidade
	rampa	% de extensão em 4%
obra	corte	m ³
	aterro	m ³
	OAE	quantidade
	túnel	extensão
	acessos	quantidade
econômico	custos	monetária
	benefícios	monetária
	benefício/custo	monetária
social	desapropriações	unidades habitacionais
	empregos afetados	quantidade
operacionais	previsão de Tráfego	VDM
	redução de tráfego em vias próximas	VDM
	nível de serviço	conforme HCM
indústria e comércio	-	estabelecimentos afetados
agricultura	-	unidades e área
ruído	-	residência e escolas afetadas pelo acréscimo de: <ul style="list-style-type: none"> • 5 a 10 db(A) • 11 a 20 db(A) • >20 db(A) ▪ e pelo decréscimo de 5 db(A) na fase de operação
intrusão visual	-	residências afetadas (pouco, significativamente, severamente)
escolas	-	unidades afetadas
área recreacional e outras áreas de utilidade pública	-	área
planejamento	desapropriação (propriedade privada e pública)	unidades habitacionais

Após esta análise, a “alternativa publicada” foi considerada a mais vantajosa sendo confirmada pela Secretaria de Estado sem qualquer alteração.

Destacam-se neste estudo os diversos critérios apontados para serem considerados em estudo de alternativas de traçado de rodovias, bem como a opinião da

comunidade diretamente afetada pela futura rodovia. Considerações quanto à metodologia utilizada para a seleção da alternativa recomendada pelo estudo não se encontravam descritas na bibliografia pesquisada.

3.2.6 O Caso do Rodoanel de São Paulo, Brasil. (DERSA, 1999)

O estudo funcional de alternativas de traçado para o trecho norte do Rodoanel de São Paulo considerou alternativas de traçados resultantes de combinações entre segmentos e variantes. Particularmente algumas das variantes não foram objeto de análise detalhada através da metodologia adotada, tendo em vista que se optou por descartar antecipadamente as alternativas que apresentassem as seguintes características: forte impacto ambiental em quase toda sua extensão, tanto no meio antrópico como no meio biótico; alto custo e grandes dificuldades de execução da obra; grandes interferências sob o ponto de vista econômico e físico; e elevados custos de desapropriação.

A comparação entre as alternativas de traçado em planta, com perfis longitudinais específicos, analisou algumas de suas respectivas características físicas, funcionais, operacionais, sociais, ambientais e institucionais. Verificou-se que todas as alternativas eram equivalentes quanto às características físicas da região atravessada, tanto em termos de clima como de hidrologia. Procurou-se então definir procedimentos que estabelecessem critérios e indicadores de eficiência técnica e econômica, observando também os aspectos relacionados ao meio ambiente, para cada alternativa a ser analisada, conforme segue:

Tabela 3.11.: Rodoanel de São Paulo – Critérios e Indicadores (DERSA, 1999)

CRITÉRIO	INDICADOR		UNIDADE
aspectos físicos	extensão		m
	custo de implantação		monetária
	OAE (pontes, túneis e viadutos)		quantidade
	travessias (rios e córregos)		quantidade
	facilidades construtivas: Extensão em unidades homogêneas (geomorfologia, erosões e geotecnia)		% de extensão
aspectos operacionais e funcionais	atratividade do tráfego		ruim/regular/bom
	relação com o viário municipal	passagens superiores e inferiores	área
		vias marginais	m
	extensão em rampa máxima		% de extensão
	extensão em raio mínimo		% de extensão
	sinuosidade ou tortuosidade		°/km
	localização das interseções		ruim/regular/bom
aspectos sociais	desapropriação de área pública		monetária
	desapropriação de área privada vazia ou pouco ocupada		monetária
	desapropriação de área privada fortemente ocupada		monetária
	reassentamento (área pública)		monetária
	reassentamento (área privada)		monetária
aspectos ambientais – Áreas legalmente protegidas	área de preservação permanente		área
	área de parque estadual atravessada por túnel		área
aspectos ambientais – Meio Antrópico	<ul style="list-style-type: none"> área urbanizada ; Área desocupada ; Favela ; Reflorestamento ; Área industrial 		área
aspectos ambientais – Meio Biótico	<ul style="list-style-type: none"> campos; capoeiras; matas ciliares; matas 		área
aspectos ambientais – Meio Físico	<ul style="list-style-type: none"> córregos; rios; lagos 		quantidade

Todo o trecho rodoviário em estudo, com aproximadamente 42km de extensão, foi dividido para efeito de análise em cinco segmentos. Cada um dos critérios e indicadores foram quantificados ou qualificados (nos casos dos indicadores atratividade do tráfego e localização das interseções) para cada um dos cinco segmentos rodoviários.

Estabeleceu-se pesos para cada um destes critérios e indicadores que variavam de 1 (menor importância) a 4 (maior importância). As quantidades (aspectos quantitativos) ou conceitos relacionados a cada alternativa (aspectos qualitativos) foram convertidos em notas. A conversão das quantidades e conceitos em notas deu-se conforme os seguintes procedimentos:

- quando se referiam a valores numéricos, as notas variaram entre 1 (ruim) e 4 (excelente), proporcionalmente aos valores encontrados;
- quando se referiam a valores conceituais, a nota 1 foi associada ao conceito “ruim”; a nota 2, ao conceito “regular”; e a nota 3, ao conceito “bom”.

Após a aplicação dos pesos sobre estas notas, obtiveram-se as notas ponderadas para cada indicador. A nota ponderada dos critérios ficou sendo definida como sendo a soma das notas ponderadas de seus respectivos indicadores. Desta forma, para cada um dos critérios realizou-se uma classificação das alternativas, conforme sua pontuação final resultante.

A partir daí, a análise foi dividida em dois blocos de critérios:

- Aspectos físicos, operacionais, funcionais e sociais;
- Aspectos ambientais.

Procedeu-se então a uma avaliação comparativa, a fim de eleger a melhor alternativa para cada bloco de critérios, através da classificação das alternativas conforme sua pontuação final resultante para cada critério. Posteriormente, em mais uma avaliação comparativa, agora entre as alternativas do dois blocos de critérios, definiu-se a alternativa escolhida para cada um dos cinco segmentos rodoviários em questão.

Cabe destacar que em todo o estudo, houve a participação dos técnicos do governo estadual, técnicos de empresa de consultoria de engenharia, técnicos de empresa de consultoria ambiental e técnicos dos municípios atravessados.

Os pesos de cada indicador foram definidos conjuntamente pelos técnicos do governo estadual e pelos técnicos de empresa de consultoria de engenharia. A etapa de avaliação comparativa de cada critério, após a classificação das alternativas para cada critério, aparentemente é uma etapa totalmente dependente da sensibilidade dos atores envolvidos na análise.

Mais uma vez destacam-se os diversos critérios apontados para serem considerados em estudo de alternativas de traçado de rodovias. A metodologia de análise apresentada configura-se como sendo totalmente dependente da sensibilidade dos técnicos do governo estadual e dos técnicos de empresa de consultoria de engenharia.

3.2.7 O Caso da *South African Institute of Mining and Metallurgy* - SAIMM, África do Sul. (Kalamaras et al., 2000)

Kalamaras et al. (2000) descrevem que em um estudo de alternativas de traçado de uma nova rodovia na África do Sul, primeiramente as alternativas denominadas A2 e A4 foram excluídas da análise em questão por não terem atingido os padrões de segurança rodoviária. Apresentam na sequência as características básicas das cinco alternativas remanescentes consideradas na análise, quanto à porcentagem de extensão em raio mínimo, extensão em túnel, extensão em viadutos e pontes e extensão em seção rodoviária normal.

Quatro principais objetivos (primeiro nível) foram por eles identificados, baseados nas características do projeto e em experiências de trabalhos similares: minimização dos problemas construtivos; maximização da funcionalidade operacional do projeto; minimização dos impactos ambientais; e maximização dos resultados do investimento econômico. Esta seleção de principais objetivos foi subdividida em sub-objetivos em um segundo nível, conforme se verifica na tabela a seguir:

Tabela 3.12.: SAIMM– Critérios e Indicadores (Kalamaras et al., 2000)

OBJETIVOS	SUB-OBJETIVOS
minimização dos problemas construtivos	tempo de construção
	probabilidade de concluir a implantação em menos de 60 meses
	custo de construção
	variação do custo de construção
	potenciais interferências construtivas
	mobilização de recursos
	programação relacionada à mobilização de recursos
	necessidade de tecnologia avançada
maximização da funcionalidade operacional do projeto	tempo necessário para permissões
	características do traçado
	segurança
minimização dos impactos ambientais	custo para o usuário
	interação com o meio ambiente na fase de construção
	interação com o meio ambiente na fase de operação
maximização dos resultados do investimento econômico	restrições impostas pelos órgãos ambientais
	financiamento da construção
	aspectos contratuais com a concessionária
	custos operacionais e de gerenciamento
	confiança na estimativa dos custos operacionais de gerenciamento
	período de concessão
	valor residual
	desenvolvimento sustentável
	outros rendimentos

Kalamaras et al. (2000) realizam a análise de seleção das alternativas através do Método de Análise Hierárquica – MAH, mas não indicam as unidades de medida destes sub-objetivos, além de não indicarem como os pesos relativos de cada sub-objetivo foram atingidos. Entretanto, em suas conclusões fica evidente que apenas os autores trabalharam nos julgamentos, sendo que as opiniões dos diferentes atores envolvidos no empreendimento rodoviário não foram consideradas. O que há de fato são apenas testes de sensibilidade dos resultados obtidos, que segundo os autores refletem as opiniões destas diferentes partes.

Kalamaras et al. (2000) concluem que o MAH mostrou-se uma ferramenta útil para a seleção de traçados que incluem, além das seções em nível de rodovias, seções em túneis e em viadutos.

3.2.8 Quadro Comparativo

Após análise de cada um dos estudos descritos anteriormente, foi formulado o quadro comparativo apresentado a seguir, o qual caracteriza o universo de critérios e indicadores utilizados historicamente, bem como os mais adotados, assim como a evolução histórica do tema Meio Ambiente nos estudos rodoviários.

Os critérios e indicadores destacados em negrito correspondem àqueles considerados os mais significativos para a análise e avaliação de diferentes alternativas de traçado rodoviário.

Tabela 3.13.: Experiências Anteriores – Quadro Comparativo

CRITÉRIOS E INDICADORES		Santa Barbara Highway	Rodovia M4 – Contorno de Cardiff	Federal Highway Administration (FHWA)	Department of Transport – Contorno de Purcaster	Rodovia A55 – Contorno de Colwyn Bay	DERSA – Rodoanel de São Paulo	Estudo da South African Institute of Mining and Metallurgy
ASPECTOS ECONÔMICOS (fase de plan. e projeto)	custos	-	-	<ul style="list-style-type: none"> custo de construção custo de desapropriação 	<ul style="list-style-type: none"> custo de construção custo de desapropriação custo de manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> custo de implantação relação benefício/custo 	<ul style="list-style-type: none"> custo de construção custo de desapropriação custo de reassentamento 	<ul style="list-style-type: none"> custo de construção variação do custo de construção custo operacional para o usuário custos operacionais e de gerenciamento financiamento da construção
	benefícios	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> redução no tempo de viagem redução do n° de acidentes e da gravidade dos mesmos redução do custo operacional 	<ul style="list-style-type: none"> relação benefício/custo 	-	-
ASPECTOS GEOMÉTRICOS (fase de projeto)	extensão	-	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> extensão (km) 	<ul style="list-style-type: none"> extensão (km) 	<ul style="list-style-type: none"> características de traçado
	pontes viadutos túneis	-	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> quantidades (un.) 	<ul style="list-style-type: none"> quantidades (un.) e extensões (km) por tipo de via 	
	corte	-	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> volume (m³) 	-	
	aterro	-	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> volume (m³) 	-	
	rampa máxima	<ul style="list-style-type: none"> localização da rampa 	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> % de extensão em rampa >= 4% 	<ul style="list-style-type: none"> % de extensão em rampa máxima (4%) 	
	raio mínimo	-	-	-	-		<ul style="list-style-type: none"> % de extensão em raio mínimo 	
	sinuosidade	-	-	-	-		<ul style="list-style-type: none"> °/km 	
ASPECTOS DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (fase de plan. e projeto)	tráfego	<ul style="list-style-type: none"> condições de circulação capacidade e nível de serviço (vias locais, estaduais e interestaduais) conveniência 	<ul style="list-style-type: none"> níveis de congestionamento 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> volumes de tráfego previsto 	<ul style="list-style-type: none"> atratividade ao tráfego 	-
	acidentes	<ul style="list-style-type: none"> condições de segurança à noite e em condições adversas 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> conflito pedestre x veículo 	<ul style="list-style-type: none"> conflito pedestre x veículo 	-	<ul style="list-style-type: none"> segurança de tráfego

continua .

... continuação

CRITÉRIOS E INDICADORES		Santa Barbara Highway	Rodovia M4 – Contorno de Cardiff	Federal Highway Administration (FHWA)	Department of Transport – Contorno de Purcaster	Rodovia A55 – Contorno de Colwyn Bay	DERSA – Rodoanel de São Paulo	Estudo da South African Institute of Mining and Metallurgy
ASPECTOS SÓCIO-CULTURAIS (fase de plan. e projeto)	plano diretor	<ul style="list-style-type: none"> efeito no potencial de desenvolvimento recuperação de áreas 	<ul style="list-style-type: none"> conformidade do uso do solo implicações no tráfego desenvolvimento obrigatório e oportunidades implantação de áreas livres e cinturões verdes 	<ul style="list-style-type: none"> conformidade do uso do solo necessidades de transporte (circulação) status do processo de planejamento vetor de desenvolvimento 	<ul style="list-style-type: none"> desenvolvimento de áreas 	-	relação com o viário local: <ul style="list-style-type: none"> quantidade prevista de passagens superiores e inferiores (un.) extensão de vias marginais previstas (m) 	-
	uso e ocupação do solo: segregação urbana	relacionamento com: <ul style="list-style-type: none"> área residencial área comercial área industrial escolas coesão da vizinhança	<ul style="list-style-type: none"> minimizar 	Relacionamento com: <ul style="list-style-type: none"> área residencial área comercial área industrial escolas Área desocupadas 	-	-	área diretamente afetada: <ul style="list-style-type: none"> área urbanizada (m²) área desocupada (m²) favela (m²) reflorestamento (m²) área industrial (m²) 	-
	uso e ocupação do solo: área rural	-	<ul style="list-style-type: none"> extensão por tipo de cultura nº de propriedades afetadas unidades de trabalho afetadas 	-	<ul style="list-style-type: none"> nº de propriedades afetadas área (m²) severidade (porção do terreno em relação ao todo) 	<ul style="list-style-type: none"> nº de fazendas afetadas pequenas propriedades afetadas 	área diretamente afetada: <ul style="list-style-type: none"> agricultura (m²) pecuária (m²) 	-
	reassentamentos, deslocamento de pessoas, negócios etc	-	-	-	-	-	área diretamente afetada: <ul style="list-style-type: none"> área pública (m² e un. Hab) área privada (m² e un. Hab) 	-
	instalações comunitárias: parques, hospitais, escolas, cemitérios	<ul style="list-style-type: none"> relacionamento com parques e recreação e outras instalações de uso público 	<ul style="list-style-type: none"> garantir acessibilidade às instalações comunitárias 	<ul style="list-style-type: none"> preservar estabelecimentos sociais e históricos evitar a separação de sua vizinhança 	<ul style="list-style-type: none"> área afetada (m²) 	<ul style="list-style-type: none"> área afetada (m²) 	-	-
	sítios de valor arquitetônico, urbanístico, paisagístico e/ou arqueológico	<ul style="list-style-type: none"> relacionamento com sítios históricos 	-	<ul style="list-style-type: none"> preservar 	<ul style="list-style-type: none"> área afetada (m²) 	-	-	-

continua .

... continuação

CRITÉRIOS E INDICADORES		Santa Barbara Highway	Rodovia M4 – Contorno de Cardiff	Federal Highway Administration (FHWA)	Department of Transport – Contorno de Purcaster	Rodovia A55 – Contorno de Colwyn Bay	DERSA – Rodoanel de São Paulo	Estudo da South African Institute of Mining and Metallurgy
ASPECTOS SOCIO-CULTURAIS (fase de plan. e projeto)	desapropriações deslocamento de pessoas, negócio etc	<ul style="list-style-type: none"> impacto no valor das propriedades área desapropriada nº de residências afetadas taxas de perdas empregos afetados aspectos políticos 	-	<ul style="list-style-type: none"> evitar áreas habitadas quando não for possível, minimizar a necessidade área afetada (m²) unidades habitacionais estabelecimentos comerciais e de serviços afetados impactos no valor das propriedades 	<ul style="list-style-type: none"> demolições de imóveis em péssimo estado de conservação 	<ul style="list-style-type: none"> desapropriações totais e parciais nº de residências, indústrias, escolas, estabelecimentos comerciais nº de empregos afetados 	área diretamente afetada: <ul style="list-style-type: none"> área pública (m² e un. Hab) área privada vazia ou pouco ocupada (m² e un. Hab) área privada fortemente ocupada (m² e un. Hab) 	-
	conservação da natureza (fauna flora)	-	<ul style="list-style-type: none"> conservação 	<ul style="list-style-type: none"> evitar áreas com plantas e animais em extinção quando não for possível, minimizar o impacto 	-	<ul style="list-style-type: none"> conservação 	Área diretamente afetada: <ul style="list-style-type: none"> campos (m²) capoeiras (m²) matas ciliares (m²) matas (m²) áreas legalmente protegidas (m²) 	<ul style="list-style-type: none"> interação com o meio ambiente na fase de operação e de obra
ASPECTOS CONSTRUTIVOS (fase de obra)	erosões e sedimentações do solo	-	-	<ul style="list-style-type: none"> conservar 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> % de extensão em solos com características distintas para o assentamento 	-
	outros	-	-	-	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> tempo de construção potenciais interferências construtivas mobilização de recursos necessidade de tecnologia avançada tempo necessário para permissões

continua .

... continuação

CRITÉRIOS E INDICADORES		Santa Barbara Highway	Rodovia M4 – Contorno de Cardiff	Federal Highway Administration (FHWA)	Department of Transport – Contorno de Purcaster	Rodovia A55 – Contorno de Colwyn Bay	DERSA – Rodoanel de São Paulo	Estudo da South African Institute of Mining and Metallurgy
ASPECTOS AMBIENTAIS MEIO FÍSICO (fase de obra e operação)	impactos da Obra	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> prejuízo financeiro devido a congestionamento na região de entorno unidades Habitacionais localizadas a menos de 100 m da faixa de domínio 	<ul style="list-style-type: none"> impactos genéricos 	-	<ul style="list-style-type: none"> interação com o meio ambiente na fase de operação e de obra
	ruido	<ul style="list-style-type: none"> níveis de ruido 	<ul style="list-style-type: none"> efeitos dos ruídos durante as obras e na etapa de operação duas zonas de ruido (55 e 70 db(A)) desenvolver traçado distante da área urbanizada 	<ul style="list-style-type: none"> evitar rampas acentuadas obstruir ruido observar níveis de ruido 	nº de residências e estabelecimentos comerciais afetados pelo acréscimo e/ou decréscimo de: <ul style="list-style-type: none"> 3 a 5 db(A) 5 a 10 db(A) 10 a 15 db(A) 	nº de residências afetadas durante a obra: <ul style="list-style-type: none"> < 50 db(A) entre 50 e 75 db(A) >75 db(A) residência e escolas afetadas pelo acréscimo de: <ul style="list-style-type: none"> 5 a 10 db(A) 11 a 20 db(A) >20 db(A) e pelo decréscimo de 5 db(A) na fase de operação 	-	
	vibração	<ul style="list-style-type: none"> níveis de vibração 	-	-	-	-	-	
	degradação de área	-	<ul style="list-style-type: none"> riscos de esterilização da terra 	-	-	-	-	
	intrusão visual	<ul style="list-style-type: none"> qualidade visual da rodovia e de fora da mesma 	<ul style="list-style-type: none"> constância da extensão de obras de terra (cortes e aterros) acompanhar a topografia natural distância de área urbanizada 	<ul style="list-style-type: none"> preservar a qualidade visual e os padrões da comunidade (paisagem vista da rodovia e de fora da mesma) 	<ul style="list-style-type: none"> unidades habitacionais a menos de 300 m da faixa de Domínio 	<ul style="list-style-type: none"> “visual index” 	-	
	poluição do ar	<ul style="list-style-type: none"> níveis de poluição do ar 	<ul style="list-style-type: none"> níveis de poluição do ar por meio de fumaça e poeiras 	<ul style="list-style-type: none"> evitar rampas acentuadas análise climatológica da região (circulação de ar e eventos climáticos) 	-	-	-	
	poluição da água	-	<ul style="list-style-type: none"> conservação dos recursos hídricos 	<ul style="list-style-type: none"> conservação dos recursos hídricos 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> quantidades de cursos d'água atravessados (córregos, rios, lagos) 	

Fonte: Passonneau; Gunnerson; Miller (1975); The Consulting Engineer (1972); Duttonhoeffer; Padwal; Kirkyla (1976); Department of Transport (1982); Lober; Wilson (1988); DERSA (1999); Kalamaras et al. (2000).

4 MÉTODO DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO

O projeto de uma rodovia que atravessa trecho urbanizado sempre está sujeito a inúmeros obstáculos, gerando uma série de impactos e, conseqüentemente, grande repercussão na opinião pública. A tomada de decisão para a definição da melhor diretriz de traçado para esta futura rodovia pode ser considerada como uma das etapas mais importantes e delicadas para o sucesso do empreendimento.

Um estudo de alternativas de traçado deve contemplar os aspectos ambientais, cada vez mais importantes para a sociedade contemporânea, além dos aspectos econômicos, construtivos, operacionais e de segurança de tráfego, tradicionalmente considerados. Dessa forma, a alternativa a ser escolhida será melhor embasada tecnicamente em seus aspectos ambientais, garantindo o início de uma avaliação de impactos ambientais em nível estratégico e preliminar.

Assim, um empreendimento rodoviário em trecho urbanizado, caracterizado pela sua multidisciplinaridade, no que tange aos aspectos de engenharia da sua implantação, necessita passar por uma análise criteriosa, fundamentada em um método multicriterial de auxílio à tomada de decisão que assegure ao empreendedor, e aos demais agentes envolvidos em sua implantação, uma ordenação das alternativas de traçado propostas, indicando a solução mais adequada para que esta obtenha o Licenciamento Ambiental, seja detalhada em projeto e posteriormente seja implantada com sucesso.

A proposta desta dissertação é desenvolver uma metodologia aplicativa desde a etapa dos estudos de alternativas de traçado, ou seja, desde a etapa de planejamento de rodovias em trechos urbanizados. Propõe-se um método de avaliação multicriterial que seja parte integrante de uma Avaliação de Impactos Ambientais Estratégica e Preliminar, a fim de auxiliar o Tomador de Decisão na escolha da alternativa de traçado a ser recomendada. Esta escolha deve ser bastante consistente e confiável, pois apontará dentre um grupo de alternativas de traçado a solução recomendada, que

por sua vez será detalhada por meio de projetos básicos e executivos, e também estará sujeita a um Licenciamento Ambiental

Segundo Pomeranz (1992), o método de multicritérios é definido conforme as seguintes etapas:

1. formulação de alternativas;
2. escolha de critérios e indicadores;
3. avaliação das alternativas segundo os critérios e indicadores escolhidos (avaliação parcial);
4. agregação das avaliações parciais. Através da avaliação parcial aprecia-se o grau de alcance dos objetivos do projeto expressos pelos critérios.

Leandro; Campos; Loureiro (2000) simplificam o processo de construção de um modelo multicriterial em duas fases: a primeira chamada de estruturação, na qual o modelo é efetivamente construído, definindo-se os aspectos (critérios e indicadores) que serão considerados; e a segunda fase, denominada de avaliação, onde são criadas as formas para medir os aspectos considerados importantes, bem como a análise dos resultados obtidos.

A utilização de uma metodologia multicriterial de auxílio à tomada de decisão justifica-se, pois, segundo Vincke (1992), ela fornece ao tomador de decisão algumas ferramentas de forma a capacitá-lo a avançar na solução de problemas de decisão onde diversos, geralmente contraditórios, pontos de vista e critérios devem ser considerados.

A utilização de uma metodologia multicriterial de auxílio à tomada de decisão justifica-se também pelo fato dela poder considerar simultaneamente critérios quantitativos e qualitativos em sua análise, ao mesmo tempo em que incorpora a experiência e a preferência dos tomadores de decisão, uma vez que caracteristicamente muitas questões ambientais, entre outras consideradas em estudos de alternativas de traçado de rodovias, são de natureza qualitativa ou subjetiva, o que torna difícil sua mensuração e/ou avaliação.

Segundo Saaty (1980), os problemas de tomada de decisão, normalmente, avaliam e consideram um grande número de elementos que aparentemente não são comparáveis entre si de forma direta. Entretanto, em se estabelecendo um procedimento que agregue tais elementos segundo propriedades comuns torna-se possível compará-los.

As questões ambientais geralmente são vistas como efeitos externos ou externalidades, que se expressam principalmente através de custos sociais provocados pela atividade econômica e não ressarcidos como, por exemplo, a poluição. Estes efeitos não são captados pelo mercado, porque não estão sujeitos a preços ou compensações financeiras (Pomeranz, 1992). Logo, uma tradicional análise Benefício /Custo dificilmente consideraria adequadamente estes importantes aspectos de um projeto (os impactos ambientais).

Segundo Saaty (1980), apesar do dinheiro servir como base de medida para todos os bens e serviços, e apesar da evolução desta unidade de medida (o dinheiro) ter contribuído para a estruturação da teoria econômica, esta última defronta-se com problemas ao tratar de algumas questões políticas e sociais de difícil ou mesmo impossível monetização. Valores sociais nas sociedades modernas requerem métodos de medição que permitam avaliar, cotidianamente, relações entre dinheiro, meio ambiente, saúde, felicidade e outras questões similares. Este enfoque deveria facilitar a interação entre o julgamento e o fenômeno social ao qual se aplica. Há necessidade de tal enfoque, pois não existem escalas de medida para questões sociais que sejam universalmente aceitas, embora várias tentativas tenham sido feitas nas ciências sociais, a fim de desenvolver uma teoria para estas medições. O autor conclui afirmando que a teoria dos Métodos Multicriteriais de Auxílio à Tomada de Decisão tem o propósito de modelar tais problemas.

De acordo com Vincke (1992), a teoria dos Métodos Multicriteriais de Auxílio à Tomada de Decisão é um campo no qual tem sido observado um considerável desenvolvimento nos últimos 25 anos. Este fenômeno é percebido através do

crescimento do número de artigos publicados que são voltados para a pesquisa operacional e para a teoria da decisão, bem como pelo elevado número de palestras relacionadas ao tema que são ministradas nos mais variados encontros científicos.

Ozernoy (1994) reconhece que a seleção da metodologia mais apropriada dentre os diversos Métodos Multicriteriais de Auxílio à Tomada de Decisão é por si própria um problema multicriterial de decisão, que não possui uma solução óbvia. Muitos métodos podem ser úteis para um determinado problema de decisão, entretanto, diferentes métodos geralmente representam diferentes formas de aproximação para a tomada de decisão. A seleção depende do problema particular considerado, das preferências pessoais do tomador de decisão e de muitos outros fatores. Estes métodos são difíceis de classificar, avaliar e comparar, porque são baseados numa variedade de suposições sobre as preferências do tomador de decisão e utilizam deferentes tipos de informações de preferência.

O problema de seleção é complexo de mais para ser considerado apenas por intuição e não pode ser adequadamente resolvido sem um endereçamento formal. Assim, a necessidade de uma análise formal do problema de seleção é justificada, e a utilização de uma sistemática lógica e de aproximação para a seleção da “melhor” metodologia pode complementar uma aproximação informal e intuitiva (Ozernoy, 1994).

Hobbs apud (Ozernoy, 1994) sugere que, numa comparação de metodologias, o usuário deveria preocupar-se com a adaptabilidade, a facilidade de uso, as validações e os resultados proporcionados. Além disto, sugere que os usuários deveriam ser prudentes em aplicar mais de uma metodologia, a fim de confirmar seus resultados.

Na área de transporte tem sido utilizado no auxílio à resolução dos problemas de decisão o método multicriterial de auxílio à tomada de decisão denominado Método de Análise Hierárquica – MAH, do inglês *Analytic Hierarchy Process* – AHP. Esta prática pode ser observada em diversas referências bibliográficas, como em Rabbani; Rabbani (1996), onde os autores fornecem aos leitores conhecimentos básicos da

ciência da tomada de decisão, além de uma base teórica para realização de melhores tomadas de decisão no planejamento de transportes. Para isto realizam uma revisão da evolução dos processos de decisão multicriterial; examinam alguns métodos, propriedades e características de escalas de mensuração associadas aos julgamentos, essenciais para estes modelos de decisão; realizam uma revisão teórica do MAH; e analisam algumas aplicações do MAH na área de transporte.

O Método de Análise Hierárquica – MAH é um método que está sendo atualmente utilizado na área de transportes no Brasil, mais especificamente pelo Governo do Estado de Paulo para o Planejamento de Transporte do Estado, através do Plano Diretor de Desenvolvimento de Transporte, o PDDT Vivo 2000-2020 (DERSA, 2000), e na definição de prioridades para estradas vicinais (DERSA, 2001).

Segundo DERSA (2001), o MAH também é utilizado pelo Governo do Estado de São Paulo na priorização de projetos da “Agenda 21” e pelo Governo Federal no programa de metas “Avança Brasil”, além de diversas outras aplicações em instituições privadas.

Na área de avaliação de impactos ambientais também é verificada a utilização do MAH, conforme observado em Ramanathan (2001) e Zhu; Dale (2001).

Ramanathan (2001) diz que o Estudo de Impacto Ambiental – EIA é intrinsecamente um processo multi-dimensional complexo e, devido à esta complexidade, sua implementação não é, atualmente, totalmente satisfatória. Sendo assim, sugere que são necessárias inovações e novas metodologias, a fim de aperfeiçoar tais estudos. O autor propõe então o Método de Análise Hierárquica – MAH para o tratamento das necessidades do EIA em considerar múltiplos critérios e múltiplos agentes envolvidos.

Ramanathan (2001) afirma que é sabido que outros métodos multicriteriais também podem ser aplicados a este tipo de problema (conforme verifica-se em Saaty (1980); Dyer (1990); Harker; Vargas (1990) apud Ramanathan (2001)), porém aponta as

seguintes vantagens do MAH sobre os outros métodos: é geralmente mais flexível; permite uma ação intuitiva dos tomadores de decisão; e permite uma fácil verificação da consistência dos julgamentos. Assim, o autor conclui que o MAH pode ser uma ferramenta útil em uma análise sistemática de opiniões de diversos grupos de especialistas pertencentes a diversos campos dos estudos de avaliação ambiental.

Zhu; Dale (2001) afirmam que as análises de decisão em recursos naturais e gerenciamento ambiental têm sido realizadas com o apoio de diferentes métodos de informação, tais como modelos de simulação e sistema de informação geográfica (GIS). Estes tipos de técnicas são úteis na geração, gerenciamento, mensuração e descrição de informações relevantes para os recursos naturais e o gerenciamento ambiental. Porém, a interpretação de seus resultados depende de valores e atitudes daqueles que lidam com tais técnicas. Os autores prosseguem afirmando que há necessidade de uma aproximação sistemática para a tomada de decisão, que possa fornecer valores aos julgamentos, integrar e incorporar valores dos tomadores de decisão e também da opinião pública, além de considerar objetivos políticos e de gerenciamento. Assim, Zhu; Dale (2001) concluem que o MAH fornece condições para esta aproximação.

Zhu; Dale (2001) apontam que o MAH tem sido amplamente aplicado em problemas de decisão em recursos naturais e gerenciamento ambiental. Os exemplos indicados em Zhu; Dale (2001) incluem análise de conformidade de solos (Banai-Kasahani, 1989), planejamento de recursos hídricos (Ridgley, 1992, Ridgley et al, 1992), gerenciamento e planejamento florestal (Mendoza; Sprouse, 1989; Kangas; Pukkala, 1992), análise de conflitos ambientais (Malczewski et al, 1997), uso do solo (Wu, 1998), entre outros.

Zhu; Dale (2001) afirmam que na maioria das aplicações do MAH houve envolvimento de diversos atores. Quando os autores integraram a equipe na CSIRO *Tropical Agriculture* (Austrália) desenvolveram o denominado JavaAHP, que é um software que utiliza a metodologia MAH (ou o AHP), a fim de modelar problemas de recursos naturais e de gerenciamento ambiental. O JavaAHP é desenvolvido na

World Wide Web (www) e pode ser acessado globalmente, podendo ser transportado através da *internet* e executado em qualquer *Java Web Browser*. Além disto, ele mantém o ambiente da *web* para usuários de todos os níveis e evita problemas de compatibilidade de sistema, encontrado em programas não baseados na *internet*.

Finalmente, destacam-se dois estudos de aplicação do MAH para seleção de alternativas de traçado de rodovias, onde se incluem os aspectos ambientais em suas análises, exatamente a temática desta dissertação: Gomes; Lima (1991) e Kalamaras et al. (2000).

Gomes; Lima (1991) apontam, inicialmente, que a tradicional análise benefício/custo tem sido obviamente insuficiente para lidar com várias categorias de aspectos intangíveis, incluindo os impactos ambientais de rodovias. Os autores apontam que os métodos multicriteriais de auxílio à tomada de decisão podem ser úteis para a solução de problemas complexos, como os problemas de múltiplos impactos gerados em serviços de melhorias de rodovias já implantadas.

Gomes; Lima (1991) aplicam uma variação do MAH para o auxílio na decisão quanto à solução de engenharia que seria a melhor para permitir tráfego livre e seguro numa rodovia sem deteriorar o meio ambiente no qual ela está inserida. Trata-se de uma histórica rodovia que liga a cidade de Cunha, na região do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo, à cidade de Parati, no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro. Esta rodovia atravessa o Parque Nacional da Serra da Bocaina, administrado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e apresenta um trecho de 13 km em terra.

Kalamaras et al. (2000) aplicam o MAH, a fim de selecionar o melhor traçado dentre cinco alternativas para uma nova rodovia na África do Sul. Consideram no estudo os aspectos construtivos, os operacionais e de segurança de tráfego, os econômicos e também os ambientais. Verifica-se que os autores deram maior importância para os aspectos construtivos e econômicos, devido à quantidade e especificidade dos critérios apresentados. Para os aspectos operacionais e de segurança de tráfego e para

os aspectos ambientais verifica-se que os critérios apresentados são de características mais genéricas e em menor quantidade.

Kalamaras et al (2000) concluem que o MAH mostrou-se uma ferramenta útil para a seleção de traçados que incluem, além das seções em nível de rodovias, seções em túneis e em viadutos. Apontam que o principal mérito de adotar um método de auxílio à tomada de decisão é que as decisões multidisciplinares podem ser realizadas em uma base quantitativa documentada. As opiniões dos diferentes atores envolvidos no projeto refletem-se nas análises através dos pesos dos critérios/indicadores atribuídos.

Cabe destacar ainda a tese de doutorado de Wellington Correia Figueiredo (Figueiredo, 1995) na University of Central Florida, com o título “A KBES (knowledge based expert system) to analyze the environmental impact of proposed highway design alternatives”. O autor utiliza o MAH como ferramenta para selecionar a melhor alternativa de traçado para um determinado segmento rodoviário. Cita que o modelo foi testado em casos reais, sendo verificado que o método é hábil para o desenvolvimento de uma aceitável seleção dentre diversas alternativas para um novo segmento rodoviário. Os seguintes aspectos ambientais foram considerados em seu estudo: ruídos, poluição do ar, poluição da água, ruptura do habitat de espécies em extinção, ruptura de habitat selvagem e desapropriação de residências.

Estas aplicações mostram que o MAH, na teoria e na prática, fornece uma estrutura flexível, aproximando da realidade as tomadas de decisão em transportes, recursos naturais e gerenciamento ambiental.

Cabe, ainda, destacar que o MAH é amplamente utilizado em todo o mundo nas mais diversas áreas, conforme verifica-se no *site* **www.expertchoice.com**.

Portanto, uma análise formal para seleção de um método multicriterial de auxílio à tomada de decisão, conforme observações de Ozernoy (1994), não foi realizada no caso desta dissertação. Definiu-se a utilização do MAH, associada a critérios e

indicadores de análise e avaliação pré-selecionados, a fim de fundamentar a metodologia ora proposta: uma contribuição para a tomada de decisão na classificação e seleção de alternativas de traçado para rodovias em trechos urbanizados.

4.1 Método de Análise Hierárquica – MAH

O Método de Análise Hierárquica é um processo multicriterial ou multiobjetivo desenvolvido pelo matemático Thomas L. Saaty da Wharton School da Universidade da Pensilvânia (EUA). A teoria foi desenvolvida para um problema específico de planejamento de contingência, em 1972, e depois, numa aplicação maior, para projetos futuros alternativos do Sudão, em 1977. “O resultado foi um conjunto de prioridades e um plano de investimentos para projetos a serem implementados no país no final dos anos 80. As idéias desenvolveram-se progressivamente, através de suas aplicações em vários outros projetos, tais como alocação de energia, investimento em tecnologias de retorno incerto, relacionamentos com terrorismo, compra de carros, escolha de trabalhos, seleção de escolas, etc.” (Saaty, 1980).

O MAH e o matemático Saaty, seu autor, ganharam notoriedade na comunidade científica através do livro “The Analytic Hierarcky Process”, publicado em 1980. Desde então, conforme Morita (1998), o método MAH foi citado em centenas de publicações científicas. Existe mais de uma dezena de livros sobre o assunto em vários idiomas. Foram realizados simpósios internacionais e específicos do MAH. Várias revistas científicas, como a Mathematical Modelling e a European Journal of Operational Research, publicaram edições dedicadas ao assunto, contendo dezenas de artigos num único número.

A difusão e o poder do MAH se devem principalmente à reunião de características como a simplicidade na aplicação, à naturalidade no trato de aspectos subjetivos e a flexibilidade de uso.

Vargas (1990) apud Morita (1998) define o MAH como uma teoria de medição e decisão envolvendo critérios quantitativos e intangíveis. Segundo ele, o MAH está baseado no seguinte princípio: para decidir, a experiência e o conhecimento das pessoas são ao menos tão importantes quanto os dados que elas utilizam.

A grande vantagem do MAH é que ele permite aos seus usuários atribuir pesos relativos para múltiplos critérios (ou múltiplas alternativas para um dado critério) de forma intuitiva, ao mesmo tempo em que realiza uma comparação par a par entre os mesmos. Isso permite que, mesmo quando duas variáveis sejam incomparáveis, a mente humana possa ainda assim estar reconhecendo qual dos critérios é mais importante do que o outro (Saaty, 1980).

Para Saaty (1980), os princípios básicos do pensamento analítico são: a **estruturação hierárquica**, a **obtenção de prioridades** e a **consistência lógica**. Todas essas três qualidades então presentes neste método.

Quanto à **estruturação hierárquica**, segundo Saaty (1980), os seres humanos têm uma grande habilidade de perceber fatos e idéias, identificá-los e comunicar o que observam. Usualmente, é possível avaliar entre seis e nove alternativas ao mesmo tempo. Além disto, na aplicação do método não se utiliza mais do que nove critérios de avaliação conjuntamente.

Segundo Whyte (1969) apud Saaty (1980), “A abrangência da classificação hierárquica é clara. É o método mais poderoso de classificação usado pela mente humana em coordenar experiências, observações, entidades e informações. Embora ainda não definitivamente estabelecida como tal pela neurofisiologia e psicologia, a classificação hierárquica representa, provavelmente, o modo básico de coordenação ou organização do processo cerebral, de suas correlações mentais, de expressão destes elementos em simplismo e linguagem. O uso da ordenação hierárquica tende a ser tão antigo quanto o pensamento humano consciente e inconsciente...”

Portanto, a aplicação do MAH requer a estruturação do problema em hierarquia, assim, o sistema a ser analisado deverá ser dividido em subsistemas (grupos de critérios e indicadores), onde o tomador de decisão deve definir um objetivo global único e selecionar os critérios e indicadores para atingir este objetivo. Todos os elementos deverão estar estruturados hierarquicamente ou em formato de árvore invertida conforme a figura 4.1.

Fig.4.1.: Modelo de Hierarquização para Avaliação de Alternativas (Morita, 1998)

A “raiz” ou objetivo único, é representada pelo nó A da figura 4.1. Os critérios e os indicadores apresentam-se nos níveis mais abaixo. No último nível da hierarquia (mais baixo), após o último nível dos indicadores, estão as alternativas a serem ordenadas pelo método MAH. As alternativas devem estar, necessariamente, em um único nível.

No segundo nível, os critérios B, C e D formam um grupo, pois todos estão conectados a um mesmo elemento no nível imediatamente acima. No terceiro nível existem três grupos: os indicadores E, F formam um grupo; G e H formam outro grupo; e os indicadores I e J formam mais um grupo. No quarto e último nível encontram-se as alternativas.

A decomposição da estrutura do problema auxilia a lidar com a complexidade do processo. Assim, quanto mais genérico os fatores forem, mais alto eles estarão na hierarquia (critérios). Esse arranjo permite que seja possível para o tomador de decisão focalizar o problema em partes e como um todo.

Estruturar a hierarquia de um sistema ou problema traz diversas vantagens para o seu entendimento, diagnóstico e decisão, ressaltando que:

- a representação hierárquica pode ser usada para descrever como mudanças em prioridades nos níveis mais altos afetam a prioridade dos níveis mais baixos;
- grandes são os detalhes de informação sobre a estrutura e as funções de um sistema nos níveis mais baixos, permitindo uma visão geral de atores e de seus propósitos nos níveis mais altos.

A estruturação de hierarquias tem sido muito discutida, mas ainda não se estabeleceu um conjunto de procedimentos exatos e rigorosos de forma a gerar os objetivos, os critérios e os respectivos indicadores com relativa clareza e precisão. Os problemas e os sistemas são estruturados com base na somatória de experiências dos integrantes do grupo de decisão que de maneira organizada, por exemplo, em sessões de *brainstorming* listam os conceitos, os critérios, os respectivos indicadores e os atores, concluindo por elaborar uma hierarquia.

Portanto, o primeiro passo é definir os critérios e indicadores para avaliação, no máximo nove critérios por grupo, sendo cada critério com no máximo nove níveis;

Segundo Saaty(1980), quanto à **obtenção de prioridades**, os seres humanos possuem também facilidade para criar relações entre coisas. Eles observam e encontram similaridades, segundo um certo critério, e discriminam-nas das outras coisas, através de julgamentos de intensidade de preferência de uma em relação às outras.

No MAH estabelece-se uma relação entre cada nível da hierarquia pela comparação dos critérios/indicadores aos pares. Essa relação representa o impacto relativo dos

critérios/indicadores de um dado nível com cada critério/indicador do nível acima mais próximo. Essa comparação par a par é então repetida para todos os critérios/indicadores em cada nível. O resultado desse processo discriminatório é um vetor das prioridades relativas dos pesos dos critério/indicadores de decisão, em cada nível ou grupo. O último estágio consiste em consolidar as prioridades relativas até o nível das alternativas, ou seja, relacionar todos os pesos, propagando o efeito dos pesos na estrutura até o nível das alternativas. A tomada da decisão é dada pela classificação das alternativas em análise, ordenadas relativamente ao objetivo global.

Entretanto, para se calcular as prioridades é preciso haver um método prático que gere uma escala de mensuração. Com isso a metodologia utiliza números para representar a variação de julgamentos. As avaliações são organizadas em matrizes de comparação paritária, conforme modelo:

Tabela 4.1.: Matriz de Comparação Paritária (Matriz de Julgamentos), (Saaty, 1980)

	A	B	C	D
A				
B				
C				
D				

O preenchimento dos dados na matriz de comparação paritária requer o entendimento de alguns conceitos:

- um elemento é igualmente importante quando comparado com ele mesmo. Portanto ao compararmos o elemento A com o elemento A o fator comparativo é igual a 1. Desta forma, a diagonal da matriz sempre será preenchida por 1.
- ao compararmos um elemento com outro e depois o segundo com o primeiro os fatores comparativos são inversos entre si, isto é, ao compararmos o elemento A com o elemento B, poderemos obter o fator comparativo de 2, por exemplo, e ao compararmos o elemento B com o elemento A teremos, conseqüentemente, o fator comparativo 1/2.

Portanto, uma Matriz Genérica de Comparação Paritária possui a seguinte configuração:

Tabela 4.2.: Matriz Genérica de Comparação Paritária (Saaty, 1980)

	A	B	C	D
A	1	a_{12}	a_{13}	a_{14}
B	$1/a_{12}$	1	a_{23}	a_{24}
C	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1	a_{34}
D	$1/a_{14}$	$1/a_{24}$	$1/a_{34}$	1

Saaty (1980), analisando estudos desenvolvidos por Ernest Heinrich Weber (1795-1878), Gustav Theodor Fechner (1801-1887) e Stanley Smith Steven (1906-1973), importantes autores do assunto “Estímulo e Respostas”, associando-os aos estudos de Yoram Wind com os de A. Miller, estabeleceu, para definir a intensidade de importância relativa na comparação entre critérios, a tabela de fatores apresentada a seguir:

Tabela 4.3.: Fatores (Saaty, 1980)

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério em relação ao outro
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um critério em relação ao outro
7	Importância muito grande ou demonstrada	Um critério é fortemente favorecido em relação ao outro; sua dominação de importância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece um critério em relação ao outro com o mais alto grau de certeza
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i	Uma designação razoável
Racionais	Razões resultantes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores

		numéricos para completar a matriz
--	--	-----------------------------------

Assim, cada par de critérios / indicadores de um determinado grupo é comparado sob o ponto de vista de um determinado critério/indicador do nível hierárquico superior, conforme fatores estabelecidos na tabela 4.3. O resultado é uma Matriz de Comparação Paritária de julgamentos de um grupo sob um determinado critério/indicador de decisão do nível imediatamente superior.

As diversas matrizes resultantes de uma determinada estrutura hierárquica são matrizes quadradas de ordem n , que relacionam n critérios / indicadores de decisão. Em uma Matriz de Comparação Paritária, cada par de critérios é julgado apenas uma única vez. Desta forma, tem-se $[n(n-1)/2]$ julgamentos para cada grupo de n elementos. Em termos práticos, utiliza-se no máximo de 9 a 10 elementos por grupo, pois quanto maior a quantidade de elementos, maior é a quantidade de comparações (julgamentos), tornando-se difícil o manuseio da matriz resultante. Quando estes elementos forem critérios ou indicadores, recomenda-se agrupá-los, modificando a estrutura hierárquica, de forma a aumentar os níveis hierárquicos, e diminuindo o número de comparações.

Uma vez preenchidas todas as matrizes de comparações paritárias, o próximo passo é determinar as prioridades relativas de pesos dos elementos de cada matriz em relação ao elemento correspondente de seu nível hierárquico superior. A prioridade relativa calculada para cada elemento deve ter um valor entre 0 e 1. Para cada grupo de critérios / indicadores de decisão, a soma total dos pesos deve resultar no valor unitário.

O MAH utiliza o método do autovetor para determinar os pesos dos elementos de um grupo. Este método consta em:

- somar o total de cada coluna da matriz de comparações;
- normalizar a matriz, dividindo cada elemento pelo total da sua respectiva coluna;
- calcular a média aritmética de cada linha da matriz normalizada.

A média de cada linha é a estimativa de prioridades dos critérios de decisão de cada linha. O conjunto destas médias é o autovetor dos critérios/indicadores de decisão de cada grupo. O mesmo processo deve ser aplicado para cada matriz de comparações, abrangendo toda a estrutura hierárquica do problema em questão.

A etapa seguinte é o cálculo para a obtenção das prioridades consolidadas das alternativas. É o resultado que dará o suporte à tomada de decisão. Seja B a matriz de prioridades obtidas do último nível, alternativas por critérios, que expressa a prioridade das alternativas com relação a cada critério. Seja A o vetor de prioridades que expressa as prioridades dos critérios. Temos que o vetor das prioridades consolidadas C é dado por $C=B.A$

O terceiro princípio do pensamento analítico é a **consistência lógica**. Nesse sentido, o ser humano tem a habilidade de estabelecer relações entre objetos ou idéias, de tal forma a buscar uma coerência entre eles, ou seja, de relacioná-los entre si e avaliar sua consistência.

O método MAH permite trabalhar com a subjetividade das preferências. Entretanto, a qualidade da decisão final depende da consistência dos julgamentos entre os pares de elementos. Os elementos são fatores de decisão que compõem uma matriz de comparações paritárias e podem ser sub-objetivos, critérios ou alternativas utilizadas na árvores hierárquica do MAH. Uma matriz de comparações paritárias é consistente, se os seus elementos respeitarem a relação de transitividade $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij}$.

Não é esperado que os humanos tenham julgamentos totalmente consistentes (Clemen (1991) apud Morita (1998)). Porém, o método requer um nível mínimo de consistência para que o resultado obtido pelo MAH seja significativo.

A recomendação do MAH para reduzir o alto nível de inconsistência é a revisão dos julgamentos da matriz de comparações paritária correspondente. Caso a inconsistência persista, duas hipóteses devem ser consideradas: o conhecimento dos

fatores de decisão é insuficiente ou estes fatores não são regidos pela relação de transitividade.

Segundo Morita (1998), quando a situação se mostra inconsistente, pode estar havendo uma falha na estruturação do problema. A inconsistência pode ser devido à ausência de fatores de decisão no problema, justamente aqueles que permitiriam reduzir a inconsistência. Pode-se dizer de outra forma que, exceto para os casos em que os resultados são aleatórios (pela natureza dos fatos), a inconsistência deve estar indicando erro de avaliação entre pares ou deve estar havendo falha na estruturação do problema.

O Índice de Consistência-IC de uma matriz de comparações paritárias (A) $n \times n$ é usado para mostrar quanto o valor $\lambda_{\text{máx}}$ desta matriz está afastado de seu valor esperado. O valor teórico esperado de $\lambda_{\text{máx}}$ é n , portanto o desvio é dado por: $\lambda_{\text{máx}} - n$. Esta diferença é medida relativamente ao número dos graus de liberdade desta matriz ($n-1$). Como a matriz é um conjunto de julgamentos relativos entre os próprios n elementos, resulta que a matriz tem $n-1$ graus de liberdade. Assim, pode-se definir o índice de consistência de uma matriz de comparações paritárias como um valor não negativo, onde: $IC = (\lambda_{\text{máx}} - n) / (n - 1)$

Cabe destacar que $\lambda_{\text{máx}}$, segundo Saaty (1994) apud Morita (1998), é o maior autovalor da matriz de comparações paritárias (A), e é calculado simplifadamente da seguinte forma: soma-se as colunas de A e efetua-se o produto escalar do vetor resultante com o autovetor normalizado de A (o vetor de prioridades de A).

Em Saaty (1994) apud Morita (1998) é apresentado um novo cálculo para a equação de IC para grandes amostras de matrizes geradas randomicamente. Estas matrizes eram de comparações paritárias, logo $a_{ij} = 1/a_{ji}$ e $a_{ii} = 1$, e os elementos a_{ij} variariam entre 1 e 9. O resultado está tabulado na literatura do MAH (Saaty, 1980). Na tabela a seguir o IC' que, calculado desta forma, é chamado de Índice Randômico-IR, depende do tamanho da matriz de comparações paritárias.

Tabela 4.4.: Número de ordem vs. Índice Randômico (Saaty, 1980)

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,58

A comparação do IC com o IC' das matrizes randômicas (IR) é o que se denomina de Razão de Consistência-RC (Saaty, 1980): $RC=IC / IR$

O valor de RC deveria ser chamado de Índice de Inconsistência, pois quanto maior o número, maior a inconsistência. Saaty (1994) apud Morita (1998), afirma que o RC deve ser pequeno para que as matrizes de comparações paritárias tenham o mínimo de consistência. E que esta inconsistência deve ser de uma ordem de grandeza de, no máximo, 10 vezes, o que implica estar na faixa dos 10%. Se fosse maior, a matriz não toleraria as inconsistências dos julgamentos, o que reduziria a naturalidade do processo.

Portanto, a medida da consistência de uma matriz de comparações paritárias é dada pela Razão de Consistência - RC. Este indicador fornece ao decisor a necessidade, ou não, de revisão dos julgamentos para cada matriz de comparações do problema.

Todas as matrizes devem ser verificadas de forma análoga. Com este procedimento, assegura-se um nível tolerável de inconsistência dentro da estrutura hierárquica.

Cabe destacar que a tabela não possui valores de IR para $n=1$ e $n=2$, pois para haver comparações é necessário mais de um elemento, portanto para $n=1$ esta tarefa é impossível. Com 2 elementos já é possível comparar, porém, para detectar inconsistências internas é necessário um terceiro elemento, de redundância, para fornecer a referência da inconsistência. Com isto, a tabela inicia-se com $n=3$.

5 O MODELO PROPOSTO

O modelo proposto para análise e avaliação de alternativas de traçado de rodovias em trechos urbanizados, visando a tomada de decisão quanto à seleção da alternativa mais adequada, foi desenvolvido em três etapas, conforme a seguir:

-1ª etapa: definição do conjunto de critérios e indicadores de análise e avaliação a ser utilizado, bem como sua hierarquização e unidades de medida;

-2ª etapa: re-definição do conjunto de critérios e indicadores de análise e avaliação a ser utilizado, a partir do conjunto desenvolvido para a 1ª etapa, e considerando o envolvimento de especialistas (“brainstorming”) e as adequações necessárias ao método MAH e ao software disponível;

-3ª etapa: nova re-definição do conjunto de critérios e indicadores de análise e avaliação, a partir do conjunto desenvolvido para a 2ª etapa e considerando a disponibilidade de dados para aplicação do modelo (estudo de caso).

As alternativas de traçado da rodovia serão analisadas e avaliadas por diversos atores envolvidos (direta ou indiretamente com sua implantação) através de comparações entre os critérios e indicadores definidos na 3ª etapa, gerando julgamentos que se constituirão nos insumos do método MAH.

5.1 Definição de Critérios e Indicadores para o Modelo Proposto

Conforme Pomeranz (1992), há dois modos de formular critérios. A maneira mais comum de se traduzir os interesses divergentes da sociedade é o de determinar critérios por categoria: critérios econômicos, sociais, urbanísticos, ambientais, etc. A avaliação final neste caso requer uma ponderação entre diversos valores da sociedade

(econômicos, sociais, políticos, etc), isto é, a tentativa de encontrar um ponto de equilíbrio satisfatório entre estes valores.

Uma segunda maneira de se formular os critérios é a partir de uma partição da sociedade por grupos de interesse afetados pelo projeto. A classificação por grupos de interesse obriga a uma escolha de caráter eminentemente político, entre os diversos segmentos da sociedade, tornando com isto mais transparente a finalidade da ação política.

Nesta dissertação os critérios serão analisados por categorias, porém ponderados conforme sugestões dos grupos de interesse, de acordo com os esclarecimentos descritos no próximo capítulo.

Quanto à formulação de indicadores, Pomeranz (1992) identifica duas ordens de problemas, uma teórica e outra operacional. Do ponto de vista operacional, a autora recomenda restringir os indicadores a um número suficiente para julgamento, reduzido o bastante para não dificultar a montagem do quadro de avaliação e sua utilização. Recomenda ainda: selecionar indicadores que efetivamente constituam fatores de avaliação; expressar os indicadores em linguagem de significado comum, particularmente no que se refere aos indicadores qualitativos; estabelecer critérios e sistemas de valorização dos indicadores qualitativos, que não dêem margem a dúvidas de interpretação dos resultados.

Do ponto de vista teórico, recomenda-se buscar os fundamentos para a resolução dos problemas operacionais referidos, de maneira a se obter coerência entre a metodologia proposta e sua base teórica.

Recomenda-se, ainda, identificar não apenas a magnitude dos efeitos, mas a sua distribuição no tempo, de forma a tornar possível a redução dos efeitos em base temporal compatível (Pomeranz, 1992).

Os critérios e indicadores apresentados na tabela 5.1 a seguir, com respectivas unidades de medida, foram estabelecidos e determinados como suficientes para fundamentar a metodologia proposta nesta dissertação, considerando multicritérios dispostos em níveis hierárquicos. Cabe observar que estes critérios e indicadores estão destacados em negrito na tabela 3.13 e foram selecionados como os mais significativos e usuais para efeito de análise.

Porém, conforme diretrizes do método MAH de auxílio à tomada de decisão adotado nesta dissertação, estabelecidas em Expert Choice (1995), uma razão para uma determinada tomada de decisão ser realizada em grupo, e não simplesmente ser realizada por um único indivíduo, é a grande variedade de perspectivas e idéias que cada participante traz para o processo de tomada de decisão. Assim, torna-se útil colocar em discussão tantas idéias quanto forem possíveis, a fim de posteriormente avaliá-las e priorizá-las em conjunto. Desta forma, adotando esta técnica, denominada “brainstorming”, presente em outros exemplos de aplicação do MAH, como em DERSA (2000) e DERSA (2001), os objetivos, critérios e indicadores apresentados na tabela 5.1 foram analisados por técnicos especialistas da área de engenharia rodoviária e da área ambiental, a fim de se definir os objetivos, critérios e indicadores que de fato serão os fatores de análise adotados. A relação destes especialistas encontra-se no anexo A.

O método MAH, a ser aplicado, baseia-se em uma estruturação hierárquica de critérios e indicadores, os quais devem ser comparados dois a dois conforme seu posicionamento na referida estrutura hierárquica. Assim, para a utilização deste conjunto de critérios e indicadores, tal como se encontram dispostos hierarquicamente na tabela 5.1, seriam necessários $[n(n-1)/2]$ julgamentos para cada grupo de n elementos, o que corresponderia a 6 (seis) julgamentos no nível 1, 6 (seis) no nível 2, 19 (dezenove) no nível 3, 50 (cinquenta) no nível 4 e 4 (quatro) no nível 5, totalizando 85 (oitenta e cinco) julgamentos. Esta quantidade de julgamentos, ou comparações, tornaria o processo bastante moroso e desinteressante. Além disto, a versão do *software Expert Choice*, disponível para a realização deste trabalho, permite que os critérios e indicadores estejam dispostos no máximo em quatro níveis hierárquicos.

Tabela 5.1.: Critérios e Indicadores Sugeridos para o Modelo Proposto

CRITÉRIOS	INDICADORES				UNIDADES	
Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5		
ASPETOS ECONÔMICOS	▪ custo / benefício	▪ custo de implantação (sem considerar desapropriação e reassentamento) = custo de construção			R\$	
ASPECTOS CONSTRUTIVOS	▪ aspectos geotécnicos	▪ % Extensão em unidades homogêneas			km	
ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO	▪ tráfego de passagem	▪ % Extensão em rampa máxima			%	
		▪ % Extensão em raio mínimo			%	
		▪ sinuosidade ou tortuosidade			°/km	
	▪ tráfego local	▪ nº de vias locais atravessadas e preservadas	▪ rodovia ▪ estrada secundária ▪ via urbana estrutural ▪ via urbana arterial		un	
	▪ pedestres	▪ % Extensão em área urbanizada			%	
ASPECTOS AMBIENTAIS	▪ meio antrópico	▪ interferência na fase de Obra		nenhuma pouca moderada excessiva		
		▪ desenvolvimento regional/urbano	▪ relação com o Plano Diretor		sim não	
		▪ ruptura social / relação com o viário local	▪ dispositivos de passagem superior e inferior previstos		un	
			▪ % Extensão em área urbanizada		un	
		▪ uso do solo	▪ área urbanizada ▪ favela/invasão		unidades habitacionais	
			▪ mineração ▪ área industrial ▪ área desocupada ▪ agricultura ▪ pecuária		m²	
			▪ situação fundiária	▪ desapropriação		▪ área pública ▪ área privada vazia ou pouco ocupada ▪ área privada densamente ocupada
		▪ reassentamento		▪ área pública ▪ área privada	unidades habitacionais	
		▪ meio biótico	▪ cobertura do solo	▪ reflorestamento ▪ campos ▪ capoeiras ▪ brejo ▪ matas		m²
	▪ matas ciliares			m		
	▪ áreas legalmente protegidas (APP, APM e sítios arqueológicos)			m²		
	▪ meio Físico	▪ poluição da água	▪ cursos d'água atravessados (córregos, rios e lagos)		un	
		▪ poluição do ar	▪ % Extensão em rampa máxima		%	
		▪ ruídos e vibrações	▪ % Extensão em zonas iso-sonoras		%	
		▪ Intrusão Visual	▪ Impacto na paisagem de fora da rodovia		unidades habitacionais a menos de 300 m da faixa de Domínio	

O objetivo das reuniões de “brainstoming” realizadas com especialistas foi re-definir quais critérios e indicadores seriam os mais adequados para serem adotados em um estudo de alternativas de traçado de rodovias que atravessam áreas urbanizadas, considerando também os aspectos sócio-ambientais. Assim, considerando as peculiaridades do método MAH e do software disponível, a definição e organização dos critérios e indicadores selecionados deveria realizar-se de tal forma que se reduzisse a quantidade de julgamentos entre pares de critérios/indicadores e, que estes estivessem dispostos em uma estrutura hierárquica de no máximo quatro níveis.

O resultado desta etapa pode ser verificado na tabela 5.2 a seguir, onde o número de julgamentos totais foi reduzido para 36 (trinta e seis), sendo 6 (seis) no nível 1, 7 (sete) no nível 2, 22 (vinte e dois) no nível 3 e 1 (um) no nível 4. Desta forma, este conjunto de critérios e indicadores passa a ser considerado como um conjunto de fatores básicos de análise em um estudo de alternativas de traçado para rodovias que atravessam áreas urbanizadas, considerando aspectos sócio-ambientais, conformando assim o início de uma avaliação ambiental em nível estratégico e preliminar.

Tabela 5.2.: Critérios e indicadores sugeridos por especialistas (“brainstorming”) para o modelo proposto

CRITÉRIOS	INDICADORES			UNIDADES
	Nível 1	Nível 2	Nível 3	
ASPECTOS ECONÔMICOS		<ul style="list-style-type: none"> custo de implantação (custo de obra + custo de desapropriação + custo de reassentamento + custo operacional) 		R\$
ASPECTOS CONSTRUTIVOS		<ul style="list-style-type: none"> obras em superfície 	<ul style="list-style-type: none"> áreas favoráveis áreas com algumas restrições áreas com severas restrições 	% de extensão em superfície % de extensão em superfície % de extensão em superfície
		<ul style="list-style-type: none"> obras especiais 	<ul style="list-style-type: none"> pontes e viadutos túneis contenções 	quantidade % de extensão em túnel área em m ²
		<ul style="list-style-type: none"> tráfego de passagem 	<ul style="list-style-type: none"> raio mínimo rampa máxima 	% de extensão em raio mínimo % de extensão em rampa máxima
		<ul style="list-style-type: none"> tráfego local 	<ul style="list-style-type: none"> interseções passagens superiores e inferiores vias marginais coletoras 	quantidade quantidade % de extensão
		<ul style="list-style-type: none"> tráfego de pedestres 	<ul style="list-style-type: none"> passarelas previstas 	quantidade
ASPECTOS AMBIENTAIS		<ul style="list-style-type: none"> impactos no uso do solo urbano 	<ul style="list-style-type: none"> desapropriações de unidades produtivas desapropriações de residências reassentamento populacional 	área em m ² unidades habitacionais nº de famílias
		<ul style="list-style-type: none"> impactos no uso do solo rural 	<ul style="list-style-type: none"> travessia de áreas de preservação <ul style="list-style-type: none"> vegetação nativa arbórea desenvolvida vegetação nativa pouco desenvolvida travessia de áreas de reflorestamento, pastagem e agricultura travessia de Parques em nível travessia de áreas degradadas 	área em m ² área em m ² área em m ² área em m ²
		<ul style="list-style-type: none"> impactos no meio físico 	<ul style="list-style-type: none"> interferências com recursos hídricos impactos na qualidade do ar ruidos 	nº de cursos d'água % de extensão em rampa máxima área urbanizada em m ² sujeita a ruidos entre 50dB(A) e 100dB(A)

O modelo proposto foi testado num segmento do trecho Norte do Rodoanel Mário Covas (Capítulo 6), com a utilização dos critérios e indicadores da tabela 5.3. Esta configuração final de critérios e indicadores define uma quantidade total de 27 (vinte e sete) julgamentos, sendo 6 (seis) no nível 1, 7 (sete) no nível 2 e 14 (quatorze) no nível 3, não havendo indicadores no nível 4.

Tabela 5.3.: Critérios e Indicadores do Modelo Proposto

CRITÉRIOS	INDICADORES		UNIDADES
Nível 1	Nível 2	Nível 3	
ASPECTOS ECONÔMICOS	• custo de implantação (custo de obra + custo de desapropriação + custo de reassentamento + custo operacional)		R\$
ASPECTOS CONSTRUTIVOS	• obras em superfície	• áreas favoráveis	% de extensão em superfície
		• áreas com algumas restrições	% de extensão em superfície
		• áreas com severas restrições	% de extensão em superfície
	• obras especiais	• pontes e viadutos	quantidade
		• túneis	% de extensão em túnel
ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO	• tráfego de passagem	• raio mínimo	% de extensão em raio mínimo
		• rampa máxima	% de extensão em rampa máxima
	• tráfego local		nº de vias locais interrompidas/km
	• tráfego de pedestres		% de extensão em área urbanizada
ASPECTOS AMBIENTAIS	• impactos no uso do solo urbano	• desapropriações de unidades produtivas	área em m²
		• desapropriações de residências	unidades habitacionais
		• reassentamento populacional	nº de famílias
	• impactos no uso do solo rural	• vegetação nativa	área em m²
		• travessia de áreas de reflorestamento, pastagem e agricultura	área em m²
		• travessia de Parques em nível	área em m²
	• impactos no meio físico	• interferências com recursos hídricos	nº de cursos d'água/km
		• impactos na qualidade do ar	% de extensão em rampa máxima
		• ruídos	área urbanizada em m² sujeita a ruídos entre 50dB(A) e 100dB(A)

As modificações introduzidas na tabela 5.2 devem-se, basicamente, ao fato da fonte de dados para o estudo de caso em questão (DERSA, 1999) não contemplar integralmente os critérios e indicadores tal como definidos. As adaptações necessárias foram as seguintes:

- não será considerado o indicador “obras de contenções”, por não haver dados disponíveis;
- não serão contemplados os indicadores “interseções”, “passagens superiores e inferiores” e “vias marginais coletoras”, sendo o indicador “tráfego local” medido pelo “número de vias locais interrompidas por km” pelas alternativas de traçado;
- o indicador “tráfego de pedestres” será medido pela “extensão em área sujeita à travessia de pedestres”, mais especificamente, “% de extensão em área urbanizada”;
- não haverá distinção quanto ao estágio de desenvolvimento da vegetação nativa;
- não será considerado o indicador “travessia de áreas degradadas”, pois este tipo de área não ocorre por onde se desenvolvem as alternativas de traçado estudadas;

A seguir são apresentadas a definição e descrição de cada critério e indicador considerado no estudo de caso e constantes da tabela 5.3:

a) ASPECTOS ECONÔMICOS

Objetivo: Maximização do investimento realizado.

Descrição: As alternativas de traçado neste estudo caracterizam-se por: serem viáveis economicamente; apresentarem os mesmos pontos de origem e destino; desenvolverem-se com pouca distância uma das outras; e todas apresentarem extensões similares. Estas condições resultam em custos operacionais, tempos de viagem e demais benefícios proporcionados para os futuros usuários da futura rodovia, similares para qualquer alternativa.

a.1) Custo de Implantação

Descrição: Desta forma, o aspecto econômico a ser avaliado resume-se basicamente ao Custo de Implantação de cada alternativa. O indicador Custo de Implantação considera a somatória dos custos das Obras, Desapropriações e Reassentamentos.

Indicador: Custo de Implantação (R\$)

b) ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Objetivo: Minimização de possíveis problemas construtivos.

Descrição: O desenvolvimento de uma rodovia pode se dar através de uma seqüência de cortes e aterros ao longo de toda a sua extensão. Porém, conforme o surgimento de

obstáculos a serem vencidos, ela pode vir a se desenvolver elevada, via pontes e viadutos, ou subterrânea, via túneis.

Seja qual for o tipo de seção da rodovia, os aspectos que mais influenciam as definições de métodos construtivos, cronograma de obras, tecnologia a ser adotada e custos de obra, são as características físicas do solo e do relevo atravessados.

b.1) Obras em Superfície

Descrição: Quanto aos trechos da rodovia em superfície, é possível nesta fase dos estudos prever (através das Cartas de Aptidão Física do Solo ao Assentamento Urbano) as características gerais do relevo e dos solos das áreas atravessadas. Para fins de estudo das alternativas de traçado da rodovia, foram consideradas três categorias:

b.1.1) Áreas Favoráveis

Descrição: Este indicador mede a extensão em áreas de topografia suavizada, que não exige práticas especiais de projetos e implantação.

Indicador: % de extensão em superfície

b.1.2) Áreas com Algumas Restrições

Descrição: Este indicador mede a extensão em áreas que apresentam condições topográficas predominantemente favoráveis, com alguns setores problemáticos, que exigem cuidados especiais de projeto e implantação.

Indicador: % de extensão em superfície

b.1.3) Áreas com Severas Restrições

Descrição: Este indicador mede a extensão: em áreas que apresentam condições topográficas problemáticas, que apresentam encostas bastante recortadas por linhas de drenagem natural; e em áreas de baixa declividade, com pouca profundidade do lençol freático e ocorrências de solo com baixa capacidade de suporte.

Indicador: % de extensão em superfície

b.2) Obras Especiais

Descrição: A fim de que uma rodovia mantenha um traçado seguro e de que determinados obstáculos sejam transpostos, sem prejuízos aos mesmos, torna-se necessária a implantação de pontes, viadutos e túneis, as denominadas obras especiais.

b.2.1) Pontes e Viadutos

Descrição: As pontes transpõem cursos d'água. Os viadutos transpõem vias rodoviárias e férreas, além de possíveis edificações. Este indicador mede a quantidade necessária destas obras ao longo dos traçados das alternativas.

Indicador: quantidade de pontes e viadutos.

b.2.2) Túneis

Descrição: As obras em túneis estão intimamente relacionadas à geotecnia da região atravessada, o que certamente determinará a técnica construtiva mais adequada. Nesta fase de estudo de alternativas dificilmente são disponibilizadas informações mais precisas quanto à

geotecnia. A fim de considerar este tipo de obra que influência significativamente os custos de implantação, o cronograma de atividades e a mobilização de máquinas e mão de obra, este indicador considera a extensão em túnel prevista ao longo dos traçados das alternativas.

Indicador: % de extensão em túnel.

c) ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO

Objetivo: Maximização das condições operacionais e de segurança de tráfego

Descrição: O principal objetivo da implantação de uma nova rodovia é proporcionar melhores condições de deslocamentos para que as diversas pessoas realizem suas viagens da maneira mais satisfatória, ou seja, mais confortável, rápida, econômica e segura. Porém, a implantação de uma nova rodovia não deve causar maiores transtornos ao sistema viário e de transporte da região na qual será inserida, nem se transformar numa barreira aos deslocamentos de pedestres de determinadas regiões.

c.1) Tráfego de Passagem

Descrição: O Tráfego de Passagem é constituído pelos veículos que utilizarão a futura rodovia. Os indicadores a seguir procuram expressar a influência de características do projeto para o conforto e segurança dos usuários da rodovia.

c.1.1) Raio Mínimo

Descrição: Este indicador procura expressar a influência das curvas na velocidade e, portanto, no conforto e segurança dos usuários. A medida deste indicador é a extensão com raio mínimo de curvatura de 375 m.

Indicador: % de extensão em raio mínimo

c.1.2) Rampa Máxima

Descrição: Este indicador procura expressar a influência das rampas ascendentes e descendentes na velocidade e, portanto, no conforto e segurança da rodovia. A medida deste indicador é a extensão em rampas de 4%, para velocidade máxima de 100 km/h.

Indicador: % de extensão em rampa máxima.

c.2) Tráfego Local

Descrição: O Tráfego Local é o tráfego de veículos existente na área antes da implantação da futura rodovia e que deverá adaptar-se à nova situação.

Indicador: Número de vias locais interrompidas por km

c.3) Tráfego de Pedestres

Descrição: A fim de evitar problemas de segurança à população residente nas proximidades da futura rodovia e aos seus usuários, este indicador considera o potencial de pontos de conflitos pedestres x veículos nas áreas atravessadas pela futura rodovia. Este indicador mede os efeitos sobre a segurança dos pedestres através da extensão de área urbanizada atravessada pela futura rodovia.

Indicador: % de extensão em área urbanizada.

d) ASPECTOS AMBIENTAIS

Objetivo: Minimização dos impactos ambientais negativos

Descrição: A implantação de uma rodovia resulta em impactos no meio ambiente da área onde ela será inserida. Estes impactos atingem as atividades sociais e econômicas, a flora e a fauna, a água, o ar e os solos. Os impactos de uma nova rodovia ocorrem desde a fase de planejamento e projeto, depois na fase de obras e, finalmente, na fase de operação.

d.1) Impactos no Uso do Solo Urbano

Descrição: Trata-se dos impactos decorrentes da necessidade de apropriação, pelo empreendedor, das terras urbanizadas onde será implantada a futura rodovia. Quando da definição das alternativas de traçado, é desejável que os traçados desenvolvam-se em áreas desocupadas, porém isto nem sempre é possível, principalmente em regiões urbanizadas.

d.1.1) Desapropriações de Unidades Produtivas

Descrição: Este indicador considera as áreas destinadas às atividades comerciais e industriais a serem desapropriadas para a implantação da futura rodovia. Além dos impactos provocados aos proprietários destes estabelecimentos (paralisação da produção, perda de clientela, necessidade de aquisição de novas áreas, entre outros), há também impactos para a mão de obra destes estabelecimentos, com a possível perda de empregos, e para o próprio empreendedor, que além da indenização devida pela desapropriação da propriedade, deverá também indenizar os prejuízos causados pela interrupção das atividades produtivas (indústria).

Indicador: Área em m² a ser desapropriada.

d.1.2) Desapropriações de Residências

Descrição: Este indicador mede a quantidade de residências a serem desapropriadas para a implantação da futura rodovia. Dentre os impactos provocados nas famílias desapropriadas destacam-se: possíveis indenizações subavaliadas, alteração das relações econômicas e culturais, com conseqüentes modificações nas relações com a vizinhança e distanciamento dos locais de trabalho, postos de saúde, escola, entre outros.

Indicador: Número de residências a serem desapropriadas.

d.1.3) Reassentamentos Populacionais

Descrição: Este indicador mede a quantidade de famílias a serem reassentadas, devido à apropriação dos terrenos onde residiam irregularmente para a implantação da futura rodovia. Dentre os impactos provocados nas famílias a serem reassentadas destacam-se: alteração das relações econômicas e culturais, envolvendo os indivíduos dos quais se afastam, os indivíduos que os recebem e entre os próprios reassentados; ruptura da continuidade do tecido social, entre outros.

Indicador: Número de famílias a serem reassentadas.

d.2) Impactos no Uso do Solo Rural

Descrição: Trata-se dos impactos decorrentes da necessidade de apropriação, pelo empreendedor, das terras não urbanizadas onde será implantada a futura rodovia.

d.2.1) Travessia de Áreas com presença de Vegetação Nativa

Descrição: Este indicador mede a área de desmatamento e movimentação de terra em áreas de mata, mata ciliar (várzeas) e capoeiras, que compreendem fragmentos de Mata Atlântica situados nas proximidades de áreas urbanizadas.

Indicador: Área em m² a ser desmatada/utilizada.

d.2.2) Travessia de Áreas com presença de Reflorestamento e Áreas destinadas à pastagem e à agricultura.

Descrição: Este indicador mede a área de desmatamento e movimentação de terra em áreas de reflorestamento, que estão geralmente associadas à atividade de exploração da madeira. Este indicador também considera as área de plantação e criação, que, do ponto de vista de impactos, uma vez desapropriadas, podem ter suas atividades remanejadas para outras localidades sem maiores prejuízos, uma vez que o mercado consumidor não está localizado apenas nas vizinhanças.

Indicador: Área em m² a ser desmatada/utilizada.

d.2.3) Travessia de Parques em nível

Descrição: Trata-se das áreas verdes protegidas por lei, a fim de que sejam protegidas sua fauna e flora.

A travessia em nível de um Parque, como o Parque Estadual da Cantareira, acarretará a necessidade de desmatamentos ao longo da faixa de domínio da rodovia, além de movimentos de terra (fase de

obras) e a exposição contínua a poluentes atmosféricos e a ruídos, com prejuízos para a vegetação e para a fauna (fase de operação).

A travessia subterrânea, através de túnel, acarretará impacto direto na vegetação localizada junto aos emboques (fase de obras). Na fase de operação, o impacto será apenas na qualidade do ar, decorrente do sistema de exaustão dos túneis, que dependendo da tecnologia utilizada poderá ser amenizado.

Indicador: Área em m² em superfície dentro de Parque.

d.3) Impactos no Meio Físico

Descrição: Trata-se de impactos que agem sobre a população humana, na flora e na fauna dos diferentes ecossistemas, tanto em meio urbano como em meio rural.

d.3.1) Interferências com Recursos Hídricos

Descrição: A implantação de uma rodovia pode impactar um curso d'água durante a fase de obras, através de assoreamentos ocasionados pelas obras de terra. Na fase de operação os impactos podem ser decorrentes de derramamentos de cargas tóxicas e não tóxicas, quando da ocorrência de acidentes, ou até mesmo de derramamentos de outras substâncias oriundas dos veículos ou de estabelecimentos localizados junto à rodovia, tais como graxas, óleos, esgoto.

Indicador: número de cursos d'água atravessados por km

d.3.2) Impactos na Qualidade do Ar

Descrição: O veículo automotor é o maior responsável pela emissão de gases poluentes na atmosfera. Em uma rodovia a maior parte dos veículos

desenvolve velocidades que maximizam o desempenho econômico, minimizando a emissão de determinados poluentes. Porém, em certos trechos das rodovias, principalmente nas rampas ascendentes, a emissão de gases pelos escapamentos é muito maior, devido à maior exigência do motor. Este fato é agravado conforme a idade e o estado de conservação da frota.

Indicador: % de extensão em rampa máxima

d.3.3) Ruídos

Descrição: A emissão de ruídos será diretamente proporcional ao Volume Diário Médio – VDM que circulará na rodovia. Diz-se que quando é possível avistar a rodovia, também é possível “ouvi-la”. Este tipo de impacto é mais percebido e preocupante na travessia de áreas urbanizadas.

Indicador: área urbanizada em km² exposta a ruídos entre 50dB(A) e 100dB(A).

6 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO: ESTUDO DE CASO

Uma vez estabelecidos os critérios e indicadores e selecionado o método de avaliação multicriterial de auxílio à tomada de decisão, este capítulo trata da aplicação do modelo proposto em um determinado segmento do trecho Norte do Rodoanel Mário Covas, na Região Metropolitana de São Paulo, com o auxílio do software Expert Choice.

O Expert Choice parte de um modelo em forma de uma hierarquia ou árvore, uma vez que esta estrutura utiliza os princípios básicos do MAH.

Embora as etapas para aplicação do método MAH sejam basicamente três, conforme os princípios básicos do pensamento analítico (a estruturação hierárquica, obtenção de prioridades e a consistência lógica), Morita (1998) sugere, em termos de aplicação, a divisão do método em cinco etapas:

1. estruturação dos objetivos, critérios, indicadores e alternativas em uma hierarquia;
2. obtenção dos dados dos julgamentos comparativos de cada par dos fatores de decisão (critérios e indicadores) em um dado nível do grupo;
3. verificação do nível de consistência dos dados dos julgamentos de cada grupo;
4. determinação das prioridades relativas entre critérios e indicadores de decisão, em cada nível ou grupo e, consolidação de todos os pesos, propagando o efeito dos pesos na estrutura até o nível das alternativas;
5. recomendação da decisão dada pela classificação das alternativas de decisão, ordenadas relativamente ao objetivo global.

Os subitens, a seguir, seguem estas cinco etapas de aplicação do MAH propostas por Morita (1998).

6.1 Estruturação do modelo

6.1.1 O segmento rodoviário a ser estudado

O segmento rodoviário a ser estudado nesta dissertação constitui-se num segmento do trecho Norte do Rodoanel Mário Covas, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

O Rodoanel Mário Covas é um empreendimento rodoviário com objetivos múltiplos, tendo como função principal desviar do perímetro urbano da região metropolitana os veículos de passagem e de cargas. Atenderá tanto a demandas de transporte de cargas, quanto de transporte de passageiros, podendo canalizar viagens exclusivamente rodoviárias (com origens e destinos fora da RMSP) ou viagens internas (com origem e destino na RMSP). Apresenta, ainda, um grande potencial como elemento estruturador do uso e ocupação do solo e do processo de expansão urbana (DERSA, 1998).

O traçado do Rodoanel Mário Covas completo, ilustrado na figura 6.1, contempla a interligação de dez principais rodovias que acessam a RMSP, cruzando ainda cinco eixos ferroviários, estendendo-se ao longo de, no mínimo, 19 municípios, com aproximadamente 170 km de extensão.

Sua implantação será dividida em quatro etapas:

- trecho Oeste, interligando as rodovias BR116 – Rodovia Régis Bittencout, SP270 – Rodovia Raposo Tavares, SP280 – Rodovia Presidente Castello Branco, SP330 – Via Anhanguera, SP348 – Rodovia dos Bandeirantes e Avenida Raimundo Pereira de Magalhães;
- trecho Sul, interligando as rodovias BR116 – Rodovia Régis Bittencout, SP160 – Rodovia dos Imigrantes, SP150 – Via Anchieta e Avenida Papa João XXIII;
- trecho Leste, interligando a Avenida Papa João XXIII, SP070 – Rodovia Ayrton Senna da Silva e BR116 - Rodovia Presidente Dutra;

- trecho Norte, interligando a Avenida Raimundo Pereira de Magalhães, BR381 – Rodovia Fernão Dias e BR116 - Rodovia Presidente Dutra.

Fig.6.1.: Rodoanel Mário Covas

Conforme DERSA (1999), para o trecho Norte, objeto do presente estudo de caso, foram consideradas, no início da década de 90, três alternativas iniciais de traçado para o desenvolvimento do Rodoanel. Tais estudos apontavam para este trecho específico uma alternativa denominada Externa, que se desenvolvia ao norte do reservatório Paiva Castro e da Serra da Cantareira; uma alternativa denominada Intermediária, que se desenvolvia ao sul do referido reservatório e a norte da Serra da Cantareira; e, uma terceira alternativa, denominada Interna, que passava ao sul da Serra da Cantareira, contornando os limites da mancha urbana paulistana.

O resultado deste estudo foi a recomendação da alternativa Intermediária. Porém, com a retomada dos estudos alguns anos depois e, após simulações de carregamento de

tráfego para a nova via, verificou-se que reduzido volume de tráfego era atraído para este tramo Norte, devido à sua distância média do centro da cidade de São Paulo. Assim, optou-se pela a escolha da alternativa ao sul da Serra da Cantareira, embora esta resultasse em inúmeras desapropriações e reassentamentos populacionais, além de gerar outros impactos sociais expressivos.

Em decorrência destas desvantagens apontadas, foi desenvolvida uma quarta diretriz de traçado próxima da alternativa Interna, onde a travessia da Serra da Cantareira dar-se-ia por meio de túneis. Segundo DERSA (1999), os túneis evitariam os problemas decorrentes das três alternativas de traçado citadas anteriormente. O relatório prossegue afirmando que o custo naturalmente mais alto para tal segmento seria compensado pela boa relação benefício/custo, sem ocupação agressiva do entorno ou necessidade de desapropriações. Essa diretriz foi então proposta pelo próprio empreendedor (Desenvolvimento Rodoviário S.A -DERSA), sendo denominada alternativa Básica. A partir desta alternativa foram desenvolvidas variantes de traçado em escala 1:25.000.

Para este estudo de caso em particular, serão utilizados os subtrechos N-2, N-3 e N-4 da Alternativa Básica, apresentados em DERSA (1999), identificados aqui por segmentos 1, 2 e 3, respectivamente. O trecho composto por estes três segmentos encontra-se destacado em amarelo na figura 6.1. A razão da escolha deste trecho rodoviário é devida aos inúmeros impactos ambientais potencialmente gerados pelas alternativas de traçado consideradas. A figura 6.2, a seguir, ilustra as alternativas de traçado para estes segmentos. A tabela 6.1, também apresentada a seguir, contempla os indicadores a serem utilizados na avaliação, bem como suas unidades de medida e respectivos quantitativos, estes últimos obtidos a partir dos estudos desenvolvidos por DERSA (1999).

Fig.6.2.: Alternativas de traçado a serem analisadas (DERSA, 1999)

Tabela 6.1.: Quantitativos dos critérios e indicadores definidos para o Estudo de Caso

INDICADOR	UNIDADE	Segmento 1 (Subtrecho N-2)				Segmento 2 (Subtrecho N-3)				Segmento 3 (Subtrecho N-4)		
		alternativa 1	alternativa 2	alternativa 3	alternativa 4	alternativa 1	alternativa 2	alternativa 3	alternativa 4	alternativa 1	alternativa 2	alternativa 3
		verde	vermelha	lilas	laranja	verde	vermelho	lilas	laranja+lilas	verde	vermelho	azul
Custo de implantação	R\$	376.104,42	488.079,74	467.926,00	400.119,69	90.251,42	81.461,16	108.999,09	93.202,17	91.771,03	127.897,08	104.155,40
Áreas Favoráveis	% de extensão em superfície	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Áreas com algumas restrições	% de extensão em superfície	23%	6%	15%	46%	30%	57%	63%	62%	42%	62%	61%
Áreas com severas restrições	% de extensão em superfície	19%	16%	7%	13%	70%	43%	37%	38%	58%	38%	39%
Pontes e Viadutos	unidades	1,00	0,00	0,00	1,00	2,00	3,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00
Túneis	% de extensão em túnel	58%	78%	78%	41%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Raio Mínimo	% de extensão em raio mínimo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rampa Máxima	% de extensão em rampa máxima	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	51%	0%	0%
Tráfego local	Nº de vias locais interrompidas/km	0,26	0,00	0,00	2,93	1,19	1,02	1,16	1,35	0,51	0,51	0,00
Tráfego de Pedestres	% de extensão em área urbanizada	0%	0%	0%	44%	42%	21%	46%	38%	7%	8%	0%
Desapropriação de Unidades	área em m²	8.560,00	0,00	0,00	4.680,00	0,00	6.350,00	20.640,00	17.810,00	0,00	0,00	0,00
Desapropriação de Residências	nº de residências	85,00	0,00	0,00	2.434,00	812,00	364,00	250,00	447,00	1.159,00	1.060,00	582,00
Reassentamento Populacional	nº de famílias a serem reassentadas	0,00	0,00	0,00	254,00	346,00	485,00	1.624,00	989,00	0,00	0,00	0,00
Travessia de Vegetação Nativa	área em m²	388.880,00	174.809,69	168.637,92	261.630,00	387.830,00	407.240,00	319.370,00	364.340,00	616.450,00	562.560,00	756.930,00
Travessia de Reflorestamento/Ag	área em m²	0,00	0,00	0,00	0,00	24.030,00	67.290,00	111.210,00	88.520,00	0,00	78.370,00	50.460,00
Travessia de Parques em Nível	área em m²	33.150,00	0,00	0,00	33.150,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Interferências com recursos hídricos	nº de cursos d'água atravessados/km	0,92	0,64	0,66	1,40	2,57	2,85	3,09	3,27	2,69	2,37	2,51
Impactos na qualidade do ar	% de extensão em rampa máxima	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	51%	0%	0%
Ruídos	área urbanizada em km² exposta a ruídos entre 50dB(A) e 100dB(A)	1,730	0,475	0,475	2,150	1,140	0,850	1,550	2,100	1,300	1,365	0,747

A segmentação do trecho rodoviário em estudo é a mesma apresentada em DERSA (1999), onde as alternativas de traçado passam por dois pontos comuns, criando três seções de estudo, segmento 1, segmento 2 e segmento 3, com quatro, quatro e três alternativas cada, respectivamente.

Segundo Preston (1975), esta forma de segmentar um estudo de alternativas de traçado aumenta o número de alternativas a serem avaliadas, porém fornece um nível maior de detalhes a partir de comparações mais contrastantes, resultando em uma seleção de traçado mais eficiente.

As alternativas de traçado em cada um dos segmentos analisados neste estudo caracterizam-se por: serem viáveis economicamente; apresentarem os mesmos pontos de origem e destino (pontos comuns de passagem); desenvolverem-se com pouca distância uma das outras; e todas apresentarem extensões similares. Estas condições resultam em custos operacionais, tempos de viagem e demais benefícios proporcionados para os futuros usuários da futura rodovia, similares para qualquer alternativa.

Cabe destacar que todos os quantitativos utilizados no estudo de caso foram extraídos de DERSA (1999), com exceção de:

- tráfego local: número de vias locais interrompidas. Estes quantitativos foram extraídos através do lançamento das alternativas em mapas de um guia de ruas da região metropolitana (Nascimento, 1998) onde foi possível identificar a quantidade de vias locais interrompidas em cada alternativa;
- tráfego de pedestres: porcentagem de extensão em área urbanizada. Através das plantas em escala 1:25.000 integrantes do relatório DERSA (1999), foi possível calcular a porcentagem de extensão de cada alternativa em área urbanizada, configurando-as como áreas sujeitas à travessia de pedestres.
- Ruídos: área urbanizada afetada. Através das plantas em escala 1:25.000 integrantes do relatório DERSA (1999), foi possível estimar a área urbanizada afetada por ruídos oriundos da futura rodovia em uma faixa de 50 dB(A) a 100

dB(A). Esta faixa de ruído projetado atinge até 500m a partir do eixo central das pistas de rolamento do Rodoanel, conforme estudos descritos em DERSA(2002). Estes níveis sonoros, radiados em campo livre, foram calculados através de um modelo desenvolvido pela *Federal Highway Administration* (FHWA), em função do volume de tráfego projetado para estes segmentos rodoviários.

6.1.2 A Estruturação hierárquica

Os critérios e indicadores estabelecidos na tabela 5.3, definidos no capítulo anterior, necessitam ser representados no *software Expert Choice* por palavras, de no máximo, oito caracteres. O anexo B ilustra a denominação dos critérios e indicadores utilizados no software. O anexo C ilustra a configuração da estrutura hierárquica apresentada no Expert Choice.

6.2 Julgamentos Comparativos

Uma vez definida a estrutura hierárquica, as alternativas de traçado, os critérios e indicadores e respectivos quantitativos, cumpre proceder à realização dos julgamentos comparativos entre os pares de critérios e indicadores estabelecidos.

Primeiramente, há a necessidade de definir-se quem realizará estes julgamentos comparativos. Segundo Lopez (1999), embora para a maioria dos leigos a decisão de se implementar ou não um novo projeto rodoviário seja uma decisão de Governo (e/ou de um Órgão Rodoviário competente), na realidade, este tipo de empreendimento faz com que sejam postos em jogo diversos atores, com pontos de vista diferentes e eventualmente conflitantes. Para Pomeranz (1992), a nova concepção de planejamento baseia-se na ação de instituições políticas e de indivíduos como agentes participantes dele, permitindo que diversos agentes com perspectivas e expectativas conflitantes questionem, critiquem e se façam ouvir.

Desta maneira, a proposta desta dissertação é que haja a consulta aos diversos atores envolvidos em um empreendimento rodoviário desta natureza, a fim de que se realize um processo participativo de decisão, ao contrário das decisões tecnocráticas tradicionalmente realizadas na engenharia rodoviária.

Segundo Leandro; Campos; Loureiro (2000), a entrevista aos diversos atores envolvidos, tidos como co-participantes da tomada de decisão, é a etapa tida para muitos como a principal na realização de um modelo multicriterial, pois todo o desenvolvimento posterior depende do sucesso desta etapa, a qual através do juízo de valores de cada decisor procura aprofundar e formatar eficientemente o modelo.

Cabe destacar que, segundo Bittencourt (1999), se é verdade que a participação “popular” organizada tende a aumentar os conflitos, também é verdade que estes conflitos, apesar das dificuldades enfrentadas, tendem a ser resolvidos a partir do reconhecimento de direitos, das negociações e da colaboração entre as partes envolvidas. A participação da sociedade é, pois, um exercício de sua real cidadania.

Bittencourt (1999) prossegue afirmando que entrevistas aos diversos atores também enseja uma aprendizagem simultânea à coleta de dados, aumentando o conhecimento de todos os envolvidos acerca do objeto de estudo. Dessa forma, os entrevistados e os entrevistadores tornam-se capazes de responder aos problemas que vivenciam com maior presteza e segurança, e com a possibilidade de exercerem ações transformadoras.

Segundo Lopez (1999), a lista a seguir contempla os principais atores envolvidos em um empreendimento rodoviário, em 13 (treze) grupos distintos:

- 1) os técnicos do planejamento da infraestrutura de transporte em nível regional e/ou nacional, encarregados pela implantação do empreendimento, as Secretarias de Transporte e setores de Planejamento dos Departamentos de Estradas de Rodagem;
- 2) as concessionárias de rodovias;
- 3) os órgãos técnicos dos municípios atravessados ou afetados;

- 4) os políticos locais, estaduais ou nacionais, envolvidos com o assunto;
- 5) os grupos representantes dos interesses das comunidades a serem servidas pela rodovia, como associações comerciais, sindicatos de classe, entre outros;
- 6) os moradores, proprietários, arrendatários, posseiros, entre outros, situados ao longo da faixa de domínio da futura rodovia, que serão provavelmente os mais afetados;
- 7) o agente financiador do empreendimento;
- 8) os órgãos ambientais e outros órgãos normatizadores;
- 9) os consultores encarregados da elaboração do projeto;
- 10) os empreiteiros de construção civil encarregados de sua materialização;
- 11) os “ativistas” independentes ou organizados, pertencentes a Organizações Não Governamentais –ONGs;
- 12) poder judiciário, particularmente o Ministério Público e o Tribunal de Contas;
- 13) a universidade.

As visões, os interesses e as competências de todos esses participantes são diferentes e, muitas vezes conflitantes, no que diz respeito ao empreendimento: se ele deve ou não ser implantado e, em caso positivo, qual deve ser seu traçado, características técnicas, etc..

Os políticos envolvidos buscam atender às pressões de seus eleitores e de políticos locais no sentido de obtenção de verbas para a execução do empreendimento ou, simplesmente, usam-no para obtenção de ganhos eleitorais ou de outras naturezas, enquanto que, de outro lado, sofrem pressão dos ativistas.

Os ativistas muitas vezes se posicionam contra o empreendimento ou, pelo menos, no sentido de que ele seja executado dentro de um contexto legal de proteção ao meio ambiente natural e atendimento às reivindicações das pessoas afetadas pelo mesmo. As ONGs desejam que o empreendimento afete o mínimo possível o meio ambiente natural e social, ainda que para isto seja adotada a alternativa da não construção do mesmo ou, a adoção de alternativas muitas vezes excessivamente onerosas. Utilizam-se da legislação vigente e de seu poder de pressão, a fim de

conquistarem o máximo possível de compensações de ordens variadas, como criação de Áreas de Proteção Ambiental - APAs, obtenção de equipamentos, laboratórios, veículos, entre outros, para suas pesquisas/atividades.

Os grupos representantes dos interesses das comunidades têm a finalidade de obter o máximo de vantagens do empreendimento, sem considerar, algumas vezes, o sacrifício da boa técnica rodoviária, do meio ambiente natural e/ou dos moradores diretamente afetados pelo mesmo.

As comunidades de moradores, em princípio, desejam o empreendimento, mas não querem que o mesmo as prejudique particularmente. Desta forma, os moradores desejam ser incomodados o mínimo, retirando o máximo de vantagens do empreendimento.

Os prefeitos das cidades atravessadas, representados pelos seus técnicos, desejam que o empreendimento passe o mais próximo possível das mesmas, mas que o tráfego não interfira com o sistema viário local, trazendo apenas benefícios como pavimentação de vias, aumento de utilização de serviços da cidade, atração de investimento, entre outros.

As agências financiadoras, que sofrem pressão dos ativistas e dos acionistas, desejam que o empreendimento tenha viabilidade econômica e seja construído dentro da correta técnica rodoviária e com o mínimo de dispêndio em dinheiro possível, para que o financiado possa pagar o financiamento. Desejam, também, que a implantação da rodovia atenda às condicionantes ambientais naturais e sociais.

Os empreiteiros desejam soluções o mais simples possível, a fim de poderem implantar o empreendimento no menor espaço de tempo e com o menor custo possíveis, enquanto, de outro lado, os consultores e os técnicos do Órgão de governo, ou concessionárias de rodovias, desejam uma rodovia de alto padrão, ainda que para isto venha a ocorrer alguma dificuldade construtiva, porém sempre mantendo uma adequada relação benefício/custo.

Os Órgãos ou Empresas encarregados pelo empreendimento sofrem pressão de moradores, de ativistas, de políticos, de agências financiadoras, de empreiteiros, de consultores, dos técnicos de planejamento e normatização e de seus próprios técnicos.

O Poder Judiciário deseja, e é sua função, fazer cumprir a lei em todo o seu rigor. Os Órgãos Ambientais têm que observar com a Legislação Ambiental e atendimento às suas cobranças, bem como considerar as cobranças das ONGs e de outros que realizam pressões no sentido do apressamento das soluções de suas reivindicações.

A universidade, através de seus pesquisadores, representa o papel de fomentar o desenvolvimento da tecnologia e informação para a área de conhecimento em questão. Desta forma, a universidade pode questionar as metodologias aplicadas, conforme o seu conhecimento quanto ao estado da arte, a fim de que a teoria mais adequada seja considerada.

Dessa forma, a fim de se obter julgamentos que expressassem a importância relativa entre os critérios e indicadores estabelecidos, foram consideradas, através de entrevistas com seus representantes, a opinião dos diversos setores da sociedade, que direta ou indiretamente participam e/ou são afetados pela implantação de uma nova rodovia.

Inicialmente foram selecionados 63 (sessenta e três) indivíduos integrantes dos 13 (treze) grupos, considerados neste estudo, que representam a sociedade. Após contatos e agendamentos, confirmou-se a participação de 40 (quarenta) pessoas nesta pesquisa. Os nomes das 23 pessoas que foram contatadas e não entrevistadas por impossibilidade de agendamento num prazo viável para a conclusão deste trabalho, encontram-se apresentados no anexo D.

Posteriormente foi realizado um teste piloto através de cinco entrevistas, cujas respostas aos questionários foram validadas e consideradas no estudo. Através deste

teste piloto foi possível estabelecer a melhor forma de preenchimento do questionários, a fim de obter-se um procedimento rápido e seguro, bem como avaliar a compreensão dos entrevistados para com as questões, o tempo médio de cada entrevista, considerando as explicações iniciais, a aplicação do questionários e o desfecho da entrevista; e, também, visualizar uma forma de tabulação das respostas.

O caderno de entrevista constituiu-se de uma carta de apresentação, a estrutura hierárquica dos critérios e indicadores, suas definições e formas de mensuração e, finalmente, a ficha de respostas (ver anexo E).

Desta forma, iniciou-se a etapa dos julgamentos comparativos do Modelo Proposto através de entrevistas com os representantes da sociedade. Considerando que 3 (três) pessoas se recusaram a responder ao questionário, dizendo-se incapazes por não concordarem com o tipo de metodologia adotada ou por considerarem que a entidade a qual representam não teria relação e nem interesse direto com o tema da entrevista (estudo de alternativas de traçado de rodovias em trecho urbanizado), foram entrevistadas apenas 37 (trinta e sete) pessoas.

Este grupo entrevistado representou 34 (trinta e quatro) entidades representantes dos 13 (treze) grupos distintos de interesse. No anexo D é apresentada, além da relação das pessoas contatadas e não entrevistadas, a relação das pessoas que se recusaram a responder o questionário, além da relação dos indivíduos entrevistados, dispostos em 13 grupos.

Todo o processo de contatos iniciais, agendamentos e entrevistas foi realizado num período de aproximadamente 1 (um) mês.

Os julgamentos dos diversos critérios e indicadores foram realizados quanto à importância relativa deles em relação ao objetivo do modelo proposto: seleção da alternativa de traçado mais adequada para uma rodovia que atravessa trecho urbanizado, neste estudo de caso, um segmento do trecho Norte do Rodoanel Mário Covas. Para o julgamento da importância de cada critério / indicador em relação ao

objetivo considerou-se, nas comparações paritárias, qual critério / indicador seria mais crítico, desejável em menor quantidade. Exemplificando, em uma comparação de dois potenciais impactos ambientais no uso do solo urbano (“desapropriação de residências” e “reassentamentos populacionais”) a decisão entre eles seria pelo pior impacto, o mais danoso, que poderia ser mitigado com maiores dificuldades.

Outro exemplo, qual seria a condição de traçado rodoviário mais crítica em relação ao tráfego de passagem, o raio mínimo ou a rampa máxima?

A partir das entrevistas e preenchimento dos questionários, foram realizadas as tabulações das respostas. Tomou-se como base a tabela de fatores do MAH (tabela 4.3). Para que fosse possível estabelecer julgamentos médios de cada grupo, bem como um julgamento médio de todos os entrevistados, foi necessária uma adaptação destes fatores de ponderação, tal como demonstrada na tabela 6.2 a seguir. Um caso de adaptação semelhante, para cálculo de média, foi utilizado em Palhares (2000).

Tabela 6.2.: Correlação de fatores de julgamento

Relação de Importância	Fatores do MAH	Fatores ADOTADOS
Mesma importância	1	0
Pouco mais importante	3	2
Muito mais importante	5	4
Muitíssimo mais importante	7	6
Extremamente mais importante	9	8

Conforme exposto anteriormente, a fim de facilitar o preenchimento das fichas de respostas quando da comparação entre dois critérios, sendo um deles mais importante que o outro (com relação ao objetivo de selecionar o melhor traçado de uma rodovia), este seria assinalado por um “X”. Adotou-se, para efeito de ponderação, que se os critérios da primeira coluna fossem assinalados, seus fatores de ponderação receberiam o sinal negativo “-”, e se os critérios da segunda coluna fossem assinalados, seus fatores de ponderação receberiam o sinal positivo “+”.

A figura 6.3, a seguir, exemplifica três situações distintas para tabulação:

COMPARAÇÃO	a) Assinale com um X o indicador mais importante. Se ambos apresentarem a mesma importância, assinale a lacuna correspondente.				b) Assinale com um X a opção que melhor expressa a intensidade desta importância.					
	MAIS IMPORTANTE				MESMA IMPORTÂNCIA	UM POUCO	MUITO	MUITÍSSIMO		EXTREMAMENTE
	CRITÉRIO A	-	+	CRITÉRIO B	0	2	4	6	8	FATOR DE TABULAÇÃO
10	Desapropriações de Unidades Produtivas			Desapropriações de Residências	X					0
11	Desapropriações de Unidades Produtivas		X	Reassentamento Populacional				X		+6
12	Desapropriações de Residências	X		Reassentamento Populacional			X			-4

Fig. 6.3.: Exemplos de tabulação

Na comparação nº10, ambos os critérios comparados apresentam a mesma importância em relação ao objetivo, portanto o fator da comparação foi 0 (zero). Na comparação nº11, o critério “Reassentamento Populacional” é muitíssimo mais importante que o critério “Desapropriações de Unidades Produtivas”. Como o critério mais importante encontra-se posicionado na segunda coluna (CRITÉRIO B), seu fator de ponderação 6 (seis), muitíssimo mais importante, receberá o sinal de positivo “+”, resultando o fator +6 (mais seis) para a comparação. Na comparação nº12, como o critério “Desapropriações de Residências”, que se encontra na primeira coluna, é muito mais importante que o critério “Reassentamento Populacional”, seu fator de ponderação foi -4 (menos quatro).

No anexo F encontra-se a tabulação final dos 34 (trinta e quatro) questionários válidos, bem como o julgamento médio por grupo (13 grupos) e o julgamento médio de todos os entrevistados.

6.3 Consistência dos julgamentos

Inicialmente foi necessária a realização de uma transformação dos fatores de julgamentos apresentados no anexo F, para fatores de julgamento do MAH, conforme correlação indicada na tabela 6.2. Desta forma, foi possível alimentar o

software Expert Choice com todos os julgamentos obtidos: 34 julgamentos individuais, 13 julgamentos de grupos e 1 julgamento médio de todos os entrevistados. Este julgamentos do MAH encontram-se apresentados no anexo G.

A principal verificação a ser realizada, após a inserção destes dados de julgamentos no *software*, é a determinação da Razão de Consistência das matrizes de julgamentos resultantes. Considerando que somente as matrizes com mais de três elementos estão sujeitas a inconsistências, constata-se que, neste caso, há 7 matrizes de comparações paritárias a serem analisadas pela Razão de Consistência – RC, identificadas na tabela 6.3 a seguir:

Tabela 6.3.: Relação de matrizes de comparações paritárias

MATRIZ	ORDEM (n x n)	ELEMENTOS
1 - “Obras em superfície”	3 x 3	Áreas Favoráveis
		Áreas com Algumas Restrições
		Áreas com Severas Restrições
2 - “Aspectos operacionais e de segurança de tráfego”	3 x 3	Tráfego de Passagem
		Tráfego Local
		Tráfego de Pedestres
3 - “Impactos no uso do solo urbano”	3 x 3	Desapropriações de Unidades Produtivas
		Desapropriações de Residências
		Reassentamento Populacional
4 - “Impactos no uso do solo rural”	3 x 3	Vegetação Nativa
		Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura
		Travessia de Parques em Nível
5 - “Impactos no meio físico”	3 x 3	Interferências com Recursos Hídricos
		Impactos na Qualidade do Ar
		Ruídos
6 - “Aspectos Ambientais”	3 x 3	Impactos no Uso do Solo urbano
		Impactos no Uso do Solo Rural
		Impactos no Meio Físico
7 - “Aspectos Principais”	4 x 4	ASPECTOS ECONÔMICOS
		ASPECTOS CONSTRUTIVOS
		ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO
		ASPECTOS AMBIENTAIS

Tem-se: 34 (trinta e quatro) julgamentos individuais resultando em 238 (duzentas e trinta e oito) matrizes; 13 (treze) julgamentos por grupo resultando em 91 (noventa e

uma) matrizes; e, finalmente, 1 (uma) matriz de julgamento médio de todos os entrevistados.

Observando as razões de consistência das matrizes correspondentes a cada questionário, aos grupos e à média de todos os questionários, e seguindo as diretrizes de Saaty (1980), foi possível identificar quais matrizes de julgamentos estavam inconsistentes ($RC \geq 0,10$). Este resultado pode ser observado nas tabelas apresentadas no anexo H.

A análise dos julgamentos individuais representados nas 238 matrizes correspondentes permitiu identificar que em média apenas 39% das matrizes (94 matrizes) foram consideradas consistentes; 25% das matrizes (59 matrizes) apresentaram inconsistência (RC entre 0,10 e 0,20); e, 36% das matrizes (85 matrizes) apresentaram grande inconsistência, com RC maior que 0,20.

As matrizes 1 - “Obras em superfície” e 4 - “Impactos no uso do solo rural” foram as que apresentaram as piores Razões de Consistência – RC . Das 34 matrizes 1, apenas 10 foram consideradas consistentes e 16 apresentaram RC maior que 0,20. Quanto às matrizes 4, apenas 10 foram consideradas consistentes, e 13 apresentaram RC maior que 0,20.

Analisando os julgamentos médios por grupo representados nas 91 matrizes correspondentes, pôde-se identificar que em média 47% das matrizes (43 matrizes) foram consideradas consistentes; 30% das matrizes (27 matrizes) apresentaram inconsistência (RC entre 0,10 e 0,20); e, 23% das matrizes (21 matrizes) apresentaram grande inconsistência com RC maior que 0,20.

Novamente, as matrizes 1 - “Obras em superfície” apresentam-se como as mais inconsistentes. Das 13 matrizes analisadas, apenas 2 foram consideradas consistentes e 7 apresentaram RC maior que 0,20. As matrizes 4 - “Impactos no uso do solo rural” também apresentaram baixa consistência, apenas 3 foram consideradas consistentes e 3 apresentaram RC maior que 0,20.

Analisando o julgamento médio de todos os entrevistados, representado nas 7 matrizes de comparações paritárias, pôde-se identificar que 86% das matrizes (6 matrizes) foram consideradas consistentes; uma única matriz (14% das matrizes) apresentou RC entre 0,10 e 0,20; e nenhuma matriz apresentou RC maior que 0,20.

A única matriz que apresentou inconsistência foi novamente a matriz 1 - “Obras em superfície”, com $RC=0,19$. A matriz 4 - “Impactos no uso do solo rural” apresentou neste caso boa consistência com $RC=0,04$.

Analisando os resultados obtidos, pôde-se observar que a grande inconsistência apresentada nas matrizes de julgamentos individuais foi reduzida no caso dos julgamentos médios por grupo. Da mesma maneira, os resultados das matrizes de julgamentos médios de todos os questionários apresentaram boas Razões de Consistência, apesar do universo pesquisado estar amostrado por um número reduzido de entrevistas.

Segundo Morita (1998), quando a situação se mostra inconsistente, pode estar ocorrendo uma falha na estruturação do problema. Pode-se supor que a inconsistência esteja indicando erro de avaliação entre pares ou haja falha na estruturação do problema. O autor prossegue afirmando que a recomendação do MAH para reduzir o alto nível de inconsistência é a revisão dos julgamentos das matrizes de comparações paritárias correspondentes.

Nesta dissertação, quando uma matriz resultante de julgamentos realizados pelos atores entrevistados foi considerada inconsistente, não foi possível a realização da revisão de seus julgamentos correspondentes, devido à grande quantidade de comparações a serem novamente realizadas em novos encontros com as pessoas entrevistadas (esta situação poderia ser considerada no caso de um possível modelo interativo em uma nova pesquisa futura). Cabe destacar, que os julgamentos realizados pelas 34 entidades entrevistadas resultaram em 144 matrizes consideradas inconsistentes, de um total de 238 matrizes, resultantes de 489 comparações

paritárias (375 de matrizes quadradas de ordem 3 e 114 matrizes quadradas de ordem 4).

Morita (1998) considera que caso a inconsistência persista após uma revisão dos julgamentos, duas hipóteses devem ser consideradas: estes fatores não são regidos pela relação de transitividade ou conhecimento dos fatores de decisão é insuficiente.

A primeira hipótese não ocorre em nenhum caso dos critérios e indicadores definidos nesta dissertação, pois todos respeitaram a relação de transitividade $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij}$. Mesmo a matriz 1, inconsistente em diversos casos, apresentou boas Razões de Consistência em 10 dos 34 questionários ($RC \leq 0,06$). A segunda hipótese, mais plausível, poderia ser justificada pela heterogeneidade e reduzido número de entrevistados.

Outra justificativa está relacionada ao limite superior da escala de fatores do MAH (tabela 4.3) pois, segundo Morita (1998), a limitação superior pelo número 9 não é apresentada por Saaty (1980) através de um forte embasamento teórico. O autor considera que o uso deste limite deve-se mais à simplicidade e facilidade do manuseio de operação. O efeito do “corte” superior sempre poderá aparecer, desde que a faixa de abrangência seja limitada. Este efeito é observado quando existir transitividade com os elementos perto da relação máxima, o que de fato ocorreu em alguns questionários, notoriamente em relação aos julgamentos da matriz 1 - “Obras em superfície”.

Assim, apesar das inconsistências observadas, os julgamentos foram avaliados como válidos, considerando as justificativas apresentadas, apesar do universo pesquisado estar amostrado por um número reduzido de entrevistas.

6.4 Determinação das prioridades relativas e consolidação de todos os pesos

Após alimentação do *Expert Choice* com os dados relativos aos julgamentos entre pares de critérios / indicadores, e após verificação da Razão de Consistência das matrizes de comparações paritárias correspondentes, o software calcula, conforme descrito no capítulo 4, as prioridades relativas de grupo de critério / indicador em relação ao critério / indicador posicionado no nível superior (Peso Local).

Automaticamente, o *Expert Choice* realiza a consolidação de todos os pesos, propagando o efeito dos pesos na estrutura até o nível das alternativas (Peso Global).

A figura ilustrativa apresentada a seguir mostra uma tela do Expert Choice. No centro está representada a estrutura hierárquica, destacando as prioridades em relação ao indicador “desapropriação de unidades produtivas” (UNIDPROD). Os números apresentados entre parênteses são os pesos locais de cada alternativa (ALT1, ALT2, ALT3 e ALT4) em relação ao referido indicador. Estes pesos locais sempre devem somar 1, ou 100%. Por sua vez, o indicador “desapropriação de unidades produtivas” (UNIDPROD) apresenta um peso local 0,466 em relação ao indicador “impactos no uso do solo urbano” (URBANO), um nível hierárquico acima. O mesmo indicador “desapropriação de unidades produtivas” (UNIDPROD) apresenta um peso global 0,099 em relação ao Objetivo do modelo (selecionar a alternativa de traçado mais adequada), indicado no canto superior direito da figura.

Fig.6.4.: Pesos Locais e Pesos Globais – exemplo de apresentação

São apresentados no anexo I os gráficos e uma tabela que representam os pesos globais resultantes para os critérios e indicadores do modelo proposto para os 13 (trezes) julgamentos médios por grupos. A figura 6.5, apresentada a seguir, ilustra dois gráficos para o julgamento médio de todos os entrevistados: o primeiro representa os pesos globais para os critérios e indicadores do 1º e do 2º nível hierárquico; o segundo representa os pesos globais dos indicadores referentes aos Aspectos Ambientais.

Fig.6.5: Pesos Globais resultantes para o modelo proposto – média de todos os questionários

6.5 Resultados Obtidos

Como definido anteriormente, os julgamentos dos diversos critérios e indicadores foram realizados quanto à importância relativa de cada um deles em relação ao objetivo do modelo proposto, ou seja, para o julgamento da importância de cada critério / indicador em relação ao objetivo considerou-se qual critério / indicador seria mais crítico, isto é, desejável em menor quantidade.

Desta forma, os critérios e indicadores mais críticos receberam maiores pesos em seus julgamentos (muitíssimo mais importante – fator MAH = 7, por exemplo). Portanto, seus pesos globais serão os maiores e os definidores da classificação resultante do MAH. Assim, a ordenação de alternativas resultantes das simulações realizadas sempre resultará em uma classificação das alternativas menos adequadas para as mais adequadas.

Dado que os resultados da aplicação do MAH são pesos globais das alternativas em relação ao objetivo, as alternativas com menores pesos são mais adequadas que as com maiores pesos. Quanto menor for o peso global da alternativa, mais adequada ela é para ser selecionada.

A tabela 6.4 a seguir apresenta os pesos globais das alternativas de traçado analisadas para cada um dos segmentos rodoviários em estudo, relativos aos julgamentos médios de todos os questionários:

Tabela 6.4.: Pesos globais das alternativas de traçado analisadas

SEGMENTO	ALTERNATIVA	RESULTADO (Peso Global em %)
1	1	24,73
	2	12,44
	3	12,20
	4	50,63
2	1	22,20
	2	20,94
	3	29,20
	4	27,66
3	1	40,38
	2	35,28
	3	24,34

Para o segmento 1, a alternativa 3 (lilás) resultou na mais adequada, com 12,20%. Para o segmento 2, a alternativa 2 (vermelha) resultou na mais adequada, com 20,94%. Para o segmento 3, a alternativa 3 (azul) resultou na mais adequada, com 24,34%.

Cabe destacar que pesos globais com valores próximos indicam similaridade entre alternativas. Desta forma, num caso hipotético, as quatro alternativas, nos segmentos 1 e 2, seriam totalmente similares, segundo o modelo proposto, se elas apresentassem pesos globais de 25% cada uma delas. Já para o segmento 3, as alternativas deveriam apresentar pesos globais de 33,33%.

Esta observação auxilia no entendimento dos resultados obtidos pelo modelo proposto, apresentados na tabela 6.4. Assim, no segmento 1, a alternativa 2, com peso global de 12,44%, apenas 0,24% maior que o da alternativa 3 (12,20%) pode ser considerada como bastante similar à alternativa 3, considerada a mais adequada conforme os critérios e indicadores adotados e as comparações realizadas. Destaca-se também que as alternativas 1 e 4, com pesos globais de 24,73% e 50,63%, respectivamente, são muito menos adequadas do que as outras alternativas, devido às diferenças relativas de pesos globais.

No caso do segmento 2, as quatro alternativas consideradas apresentam certa similaridade, pois seus pesos globais variam entre 20,94% (alternativa 2 – mais adequada) e 29,20%, valores relativamente próximos entre si, e variando próximos aos da situação hipotética (25%).

O melhor resultado foi apresentado para o segmento 3, onde o peso global da alternativa 3 (mais adequada) de 24,34% é cerca de 10% menor que o da alternativa 2 e cerca de 25% menor que o da alternativa 1.

Quanto aos resultados da média de julgamentos por grupo, as alternativas mais adequadas podem ser consideradas as mesmas apresentadas na tabela 6.4., apesar do resultado apresentado para o grupo M – Imprensa e para o grupo C – Políticos. Na

média, para o grupo da Imprensa a simulação para o segmento 1 resultou na alternativa 1 como a mais adequada, com 22,59%, apresentando significativa similaridade com a alternativa 3, que apresentou peso global de 22,61%, apenas 0,02% maior que o resultado da outra alternativa. Na média, para o grupo de Políticos a simulação para o segmento 2 resultou na alternativa 1 como a mais adequada, com 21,91%, apresentando significativa similaridade com a alternativa 2, que apresentou peso global de 22,51%, apenas 0,60% maior que o resultado da outra alternativa. Os pesos globais resultantes dos julgamentos médios por grupo encontram-se apresentados na tabela 6.5 a seguir. Os menores pesos globais para cada segmento, simulados para cada grupo, encontram-se destacados em negrito:

Tabela 6.5.: Resultados dos Julgamentos médios por grupos

SEGMENTO	ALTERNATIVA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		Técnicos do governo estadual	Técnicos de governos municipais	Políticos	Entidades profissionais	Associação de moradores	Concessionárias de rodovias	Agente financeiro	Órgãos ambientais	Consultores	Empreiteiros de construção civil	ONG's - Organizações não governamentais	Universidade	Imprensa
1	1	22,84	18,20	28,66	26,37	25,26	18,78	15,24	25,04	21,62	33,44	28,93	20,74	22,59
	2	13,82	11,92	14,01	13,71	16,08	18,82	7,98	9,55	19,05	13,02	8,72	8,48	23,38
	3	13,58	11,84	13,87	13,44	15,85	17,99	7,09	9,17	18,38	12,69	8,50	8,26	22,61
	4	49,77	58,04	43,45	46,48	42,81	44,40	69,69	56,23	40,95	40,84	53,85	62,52	31,43
2	1	23,81	23,51	21,91	24,01	22,91	24,26	19,39	24,05	22,68	23,42	19,85	25,94	23,89
	2	22,39	20,79	22,51	22,60	21,76	21,82	18,49	21,77	21,26	23,17	19,73	20,98	21,80
	3	27,29	28,75	27,65	26,91	28,05	28,08	34,67	28,07	29,65	27,39	30,80	26,96	28,41
	4	26,51	26,94	27,93	26,48	27,27	25,83	27,45	26,11	26,41	26,02	29,61	26,12	25,90
3	1	45,71	45,33	43,75	39,53	51,08	41,28	40,12	38,62	37,63	35,49	41,66	38,21	31,91
	2	31,49	34,94	32,18	35,37	29,62	37,23	34,43	34,99	34,95	34,28	35,67	38,20	38,13
	3	22,79	19,73	24,07	25,11	19,30	21,49	25,45	26,39	27,42	30,23	22,67	23,59	29,97

Assim, o resultado deste estudo de caso seria uma composição da alternativa 3, do segmento 1, com a alternativa 2, do segmento 2, e com a alternativa 3, do segmento 3.

6.5.1 Análise de sensibilidade

O *Expert Choice* permite em seu módulo de Análise de Sensibilidade que os pesos globais dos critérios dispostos no primeiro nível da estrutura hierárquica (neste caso os Aspectos Econômicos, Aspectos Construtivos, Aspectos Operacionais e de

Segurança de Tráfego e os Aspectos Ambientais) sejam alterados num simples *click*. Isto permite que as alternativas de traçado em análise sejam verificadas sob vários enfoques de pesos relativos.

As seguintes análises foram realizadas:

1. Apenas os aspectos econômicos foram considerados, os demais foram “zerados”. Pode-se considerar que as alternativas resultantes para os três segmentos rodoviários estudados são as melhores alternativas sob o ponto de vista econômico;
2. Os Aspectos Construtivos, Aspectos Operacionais e de Segurança de Tráfego e os Aspectos Ambientais foram considerados com os mesmos pesos relativos de 33,3%, sendo os aspectos econômicos desconsiderados;
3. Apenas os aspectos construtivos foram considerados, os demais foram “zerados”. Pode-se considerar que as alternativas resultantes para os três segmentos rodoviários estudados são as melhores alternativas sob o ponto de vista construtivo;
4. Os Aspectos Econômicos, Aspectos Operacionais e de Segurança de Tráfego e os Aspectos Ambientais foram considerados com os mesmos pesos relativos de 33,3%, sendo os aspectos construtivos desconsiderados;
5. Apenas os Aspectos Operacionais e de Segurança de Tráfego foram considerados, os demais foram “zerados”. Pode-se considerar que as alternativas resultantes para os três segmentos rodoviários estudados são as melhores alternativas sob o ponto de vista operacional e de segurança de tráfego ;
6. Os Aspectos Econômicos, Aspectos Construtivos e os Aspectos Ambientais foram considerados com os mesmos pesos relativos de 33,3%, sendo os aspectos Operacionais e de Segurança de Tráfego desconsiderados;
7. Apenas os Aspectos Ambientais foram considerados, os demais foram “zerados”. Pode-se considerar que as alternativas resultantes para os três segmentos rodoviários estudados são as melhores alternativas sob o ponto de vista ambiental;
8. Os Aspectos Econômicos, Aspectos Construtivos e os Aspectos Operacionais e de Segurança de Tráfego foram considerados com os mesmos pesos relativos de 33,3%, sendo os aspectos ambientais desconsiderados;

9. Todos os aspectos foram considerados com 25% de peso relativo;
10. Considerados apenas os Aspectos Ambientais e Operacionais e de Segurança de Tráfego, cada um com 50% de peso relativo, os demais foram desconsiderados;
11. Considerados apenas os Aspectos Econômicos e Operacionais e de Segurança de Tráfego, cada um com 50% de peso relativo, os demais foram desconsiderados;
12. Considerados apenas os Aspectos Ambientais e Econômicos, cada um com 50% de peso relativo, os demais foram desconsiderados;
13. Considerados apenas os Aspectos Construtivos e Operacionais e de Segurança de Tráfego, cada um com 50% de peso relativo, os demais foram desconsiderados;
14. Considerados apenas os Aspectos Ambientais e Construtivos, cada um com 50% de peso relativo, os demais foram desconsiderados;
15. Considerados apenas os Aspectos Econômicos e Construtivos, cada um com 50% de peso relativo, os demais foram desconsiderados.

Os pesos globais relativos a estas análises de sensibilidade encontram-se relacionados no anexo J.

Para o segmento 1, onde a alternativa mais adequada foi a alternativa 3, conforme verificado anteriormente, foram consideradas as seguintes observações quanto às análises de sensibilidade:

- das 15 análises de sensibilidade realizadas, 11 apontaram a própria alternativa 3 como a mais adequada, sendo que a análise 5 apontou as alternativas 2 e 3 com 3,71% de peso global cada uma, ou seja, sob o Aspecto Operacional e de Segurança de Tráfego ambas as alternativas foram consideradas as mais adequadas;
- a melhor alternativa sob o ponto de vista Ambiental é a alternativa 2, que apresentou peso global de 9,66%, apenas 0,13% menor que o da alternativa 3 (9,79%);
- a melhor alternativa sob o ponto de vista Econômico foi a alternativa 1, com 21,79% de peso global, ou seja, esta é a alternativa de menor custo de implantação;
- a alternativa 4 foi considerada a melhor apenas na análise de sensibilidade 15, onde ela apresentou peso global de 23,71%, apenas 0,99% menor que o da alternativa 3;

- na análise de sensibilidade 10, a alternativa considerada mais adequada foi a alternativa 2, com 6,68% de peso global, apenas 0,07% menor que o da alternativa 3.

Portanto, pode-se concluir, conforme as análises e os resultados apresentados que, de fato, a alternativa 3 é a mais adequada para o segmento 1.

Para o segmento 2, onde a alternativa mais adequada foi a alternativa 2, conforme verificado anteriormente, foram consideradas as seguintes observações quanto às análises de sensibilidade:

- das 15 análises de sensibilidade realizadas, 12 apontaram a própria alternativa 2 como a mais adequada;
- a melhor alternativa sob o ponto de vista Ambiental é a alternativa 1, que apresentou peso global de 19,56%, apenas 1,27% menor que o da alternativa 2 (20,83%);
- a melhor alternativa sob o ponto de vista Construtivo foi a alternativa 4, com 22,40% de peso global;
- a alternativa 1 foi considerada também a melhor na análise sensibilidade 14, onde ela apresentou peso global de 22,90%, apenas 0,97% menor que o da alternativa 2;
- em nenhuma das análises a alternativa 3 foi considerada adequada.

Portanto, pode-se concluir, conforme as análises de sensibilidade e os seus resultados que, de fato, a alternativa 2 é a mais adequada para o segmento 2.

Para o segmento 3, onde a alternativa mais adequada foi a alternativa 3, conforme verificado anteriormente, foram consideradas as seguintes observações quanto às análises de sensibilidade:

- das 15 análises de sensibilidade realizadas, 12 apontaram a própria alternativa 3 como a mais adequada;
- a melhor alternativa sob o ponto de vista Construtivo foi a alternativa 2, que apresentou peso global de 32,80%, apenas 0,07% menor que o da alternativa 3 (32,87%);

- a melhor alternativa sob o ponto de vista Econômico foi a alternativa 2, com 28,34% de peso global, ou seja, esta é a alternativa de menor custo de implantação;
- a alternativa 1 foi considerada também a melhor na análise de sensibilidade 15, onde apresentou peso global de 31,33%.

Portanto, pode-se concluir, conforme as análises de sensibilidade e os seus resultados que, de fato, a alternativa 3 é a mais adequada para o segmento 2.

Os resultados das análises de sensibilidade para os três segmentos rodoviários em estudo podem ser considerados satisfatórios e confirmam o resultado do modelo proposto: a alternativa de traçado selecionada mais adequada é uma composição da alternativa 3, do segmento 1, com a alternativa 2, do segmento 2, e com a alternativa 3, do segmento 3.

6.5.2 Análise comparativa

Uma análise comparativa dos resultados obtidos neste estudo de caso e os resultados apontados em DERSA (1999), onde as análises foram realizadas por técnicos do governo estadual, técnicos de empresa de consultoria de engenharia, técnicos de empresa de consultoria ambiental e técnicos dos municípios atravessados (tabela 6.6), apresenta algumas coincidências.

Tabela 6.6.: Alternativas de traçado selecionadas: Estudo de Caso vs. DERSA

	ESTUDO DE CASO	DERSA (1999)
SEGMENTO 1	Alternativa 3	Alternativa 1
SEGMENTO 2	Alternativa 2	Alternativa 2
SEGMENTO 3	Alternativa 3	Alternativa 2

Para o segmento 1, DERSA (1999) considerou também a alternativa 3 como forte candidata a ser selecionada, porém concluiu pela escolha da alternativa 1. Conforme análises de sensibilidade apresentadas, esta alternativa 1 foi considerada a melhor sob o ponto de vista econômico. Aparentemente, este aspecto, o econômico, teve maior peso na decisão em DERSA (1999), levando à indicação da alternativa 1 como a mais adequada.

Para o segmento 2, os dois estudos apontaram a alternativa 2 como a mais indicada. Coincidentemente, esta também é a alternativa mais econômica.

Para o segmento 3, DERSA (1999) considerou a alternativa 2 como a mais adequada. Esta alternativa, na análise de sensibilidade realizada nesta dissertação, foi considerada a melhor alternativa sob o ponto de vista construtivo. Aparentemente, este aspecto, o construtivo, teve maior peso na decisão em DERSA (1999).

Para concluir esta análise comparativa, cabe destacar as seguintes considerações:

- o estudo de caso em questão considerou 13 distintos e diversificados grupos de atores envolvidos em empreendimentos rodoviários, que participaram da tomada de decisão;
- em DERSA (1999) apenas especialistas participaram da tomada de decisão;
- as observações comparativas apresentadas nos parágrafos anteriores apontam que aparentemente houve favorecimento em maior grau das alternativas mais econômicas e com menos problemas construtivos.

Tais considerações justificam a divergência dos resultados obtidos para o segmento 1 e para o segmento 3, do segmento rodoviário do Trecho Norte do Rodoanel Mário Covas considerado, e apontam que os aspectos ambientais, nesta análise multicriterial, foram determinantes para este resultado.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos para a seleção de alternativa de trecho de rodovia mais adequada, considerando um segmento do trecho Norte do Rodoanel Mario Covas, indicam a viabilidade de aplicação do modelo proposto e apontam para algumas vantagens na sua utilização (avaliação multicriterial x avaliação unicriterial).

A metodologia apresentada e testada, com a utilização do método MAH, enseja o início de uma avaliação de impactos ambientais em nível estratégico e preliminar. Assim, a classificação obtida das alternativas pela ordenação de seus pesos globais, tem o propósito de indicar ao tomador de decisão (o empreendedor) qual alternativa de traçado é a mais adequada para cada segmento rodoviário estudado, considerando aspectos econômicos, construtivos, operacionais e de segurança de tráfego, além dos ambientais.

Cabe destacar que, através dos resultados das entrevistas realizadas com diversos atores da sociedade, os aspectos ambientais foram considerados como os mais críticos e determinantes no estudo de alternativas de traçado. Com peso global superior a 50%, resultante do julgamento médio de todos os questionários, os aspectos ambientais confirmaram-se como os mais preocupantes para a sociedade como um todo em face de um empreendimento rodoviário. Assim, entende-se que as alternativas de traçado recomendadas são as que apresentam impactos ambientais menos críticos.

Este tipo de análise potencialmente garantirá um resultado econômico mais eficiente ao longo das diversas fases de implantação de uma nova rodovia, pois quanto mais impactos ambientais potenciais detectados e evitados nesta etapa de estudo de alternativas, menos problemas futuros acontecerão, quando da implantação da alternativa selecionada e conseqüentemente menos desembolsos futuros serão necessários.

Cumprе ressaltar que, importantes impactos ambientais não foram considerados no estudo de caso desta dissertação, embora tenham sido considerados como critérios e indicadores sugeridos para o modelo proposto, conforme tabela 5.1. Dentre eles, destaca-se a “relação com o plano diretor dos municípios atravessados”, pois sabe-se que a rodovia também funciona como indutora de desenvolvimento regional e urbano. Uma futura rodovia em área urbanizada, potencialmente atravessará áreas de periferia das cidades que, tradicionalmente nos países em desenvolvimento, não apresentam controle e fiscalização suficientes quanto ao uso e à ocupação do solo.

Desta forma, as áreas lindeiras às rodovias sofrerão grande pressão para sua ocupação, independente de que tipo de ocupação e uso esta área apresente. Daí, a importância da tomada de decisão quanto ao tipo de área mais favorável para que a futura rodovia atravesse, pois, por exemplo, muitas vezes é mais vantajoso provocar um reassentamento populacional, reorganizando a ocupação urbana, do que implantar a rodovia em uma área “vazia”, onde as áreas lindeiras poderão ser ocupadas sem controle, gerando diversos impactos muitas vezes irreversíveis (desmatamentos, atropelamento, entre outros).

Um outro indicador simplificado neste estudo de caso foi o custo operacional de túneis. Sabe-se que neste tipo de solução construtiva, devido às suas características de confinamento, há necessidade de implantação e monitoração de diversos sistemas e equipamentos operacionais e de segurança viária, que aumentam o custo operacional da rodovia. O motivo desta simplificação deve-se ao fato da fonte bibliográfica pesquisada também não ter realizado tal consideração. Assim, o estudo de caso considerou que os custos operacionais em cada um dos segmentos analisados eram similares para qualquer alternativa em todas as suas extensões, independentemente da solução construtiva adotada.

Pode-se considerar que o método multicriterial de auxílio à tomada de decisão adotado, o Método de Análise Hierárquica – MAH, apresenta uma forte dependência das fases da estruturação do problema. Grande parte da resolução do problema não

está na fase de avaliação, isto é, no preenchimento das matrizes através dos julgamentos paritários entre critério / indicadores. A definição e estruturação dos critérios e indicadores e a definição das alternativas são de fundamental importância para o processo de decisão, muito mais do que os julgamentos por pares de fatores de decisão.

A aplicação das entrevistas com os atores representantes dos diversos setores da sociedade, que direta ou indiretamente participam e/ou são afetados pela implantação de uma nova rodovia, mostrou-se eficiente, o mesmo acontecendo com o processo de tabulação adotado.

O número de entrevistas realizadas pode ser considerado reduzido, embora os resultados obtidos possam ser considerados satisfatórios. Verificou-se necessidade de um número maior de representantes por grupo de interesse, pois houve casos em que apenas um único indivíduo representava todo um grupo. Esta situação simplificou a opinião de importantes grupos de interesse em opiniões de poucas pessoas, expondo a análise a inconsistências de julgamentos.

O grande número de matrizes resultantes de julgamentos paritários consideradas inconsistentes ($RC \geq 0.10$) poderia ter sido reduzido se tivesse sido conduzida uma revisão destes julgamentos com novas entrevistas, a qual não foi realizada devido à grande quantidade de comparações (489) a serem novamente processadas e ao tempo adicional necessário.

Apesar destas considerações, pôde-se observar que a grande inconsistência apresentada nas matrizes de julgamentos individuais foi superada quando se calculou os julgamentos médios por grupo, e reduzida ainda mais nos resultados das matrizes de julgamentos médios de todos os questionários.

Quanto à versão do *software Expert Choice* utilizada (versão 9.0), verificou-se que, para um elevado número de simulações, sua utilização revelou-se não muito prática,

devido, principalmente, à não compatibilidade com a planilha eletrônica utilizada (MS-EXCEL).

Porisso, considera-se que, para futuras pesquisas, o relacionamento em rede, através da utilização de um método interativo, poderia estender a capacidade do MAH. O próprio autor do MAH, Thomas L. Saaty, desenvolveu o denominado *Analytic Network Process* – ANP, que considera que a Tomada de Decisão seja dependente de valores e julgamentos de indivíduos e grupos, havendo um constante *feedback* entre o(s) tomador(es) de decisão e o método, formando redes de interações (Saaty, 1996).

Desta maneira, certas inconsistências de julgamento observadas no estudo de caso provavelmente não ocorrerão, tornando o processo de classificação e seleção de alternativas de traçado para rodovias que atravessam áreas urbanizadas muito mais eficiente e confiável.

Concluindo, o modelo proposto pode ser considerado como uma contribuição para a tomada de decisão, em nível estratégico e preliminar, para a classificação e seleção de alternativas de traçado para rodovias que atravessam áreas urbanizadas. De posse dos resultados do modelo e de suas análises, o tomador de decisão (o empreendedor rodoviário) pode considerar que uma decisão técnica coerente está sendo proposta.

ANEXOS**Anexo A: Especialistas envolvidos no “brainstorming”**

NOME	FORMAÇÃO PROFISSIONAL	ATIVIDADE	ENTIDADE
Newton Vilar Stort	Engenheiro Civil	Coordenador de Projetos Rodoviários	Consórcio Sondotécnica-Logos
Julio Fernando Scottini	Engenheiro Agrônomo	Consultor ambiental	Protran Engenharia
Dora Heinrici	Arquiteta	Consultora ambiental	Protran Engenharia

Anexo B: Denominações de critérios e indicadores no Expert Choice

Nível 1		Nível 2		Nível 3	
CRITÉRIOS	Denominação Expert Choice	INDICADORES	Denominação Expert Choice	INDICADORES	Denominação Expert Choice
ASPECTOS ECONÔMICOS	ECONOMIC	custo de implantação (custo de obra + custo de desapropriação + custo de reassentamento + custo operacional)	SIMPLANT		
ASPECTOS CONSTRUTIVOS	CONSTRUT	obras em superfície	SUPERFIC	áreas favoráveis	FAVORAV
				áreas com algumas restrições	RESTRICO
				áreas com severas restrições	SEVERA
		obras especiais	ESPECIAL	pontes e viadutos	PONTVIAD
ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO	OPERSEGU	tráfego de passagem	PASSAGEM	raio mínimo	RAIOM
				rampa máxima	RAMPAMAX
		tráfego Local	LOCAL		
		tráfego de pedestres	PEDESTRES		
ASPECTOS AMBIENTAIS	AMBIENTA	impactos no uso do solo urbano	URBANO	desapropriações de unidades produtivas	UNIDPROD
				desapropriações de residências	DESRESID
				reassentamento populacional	RESSANT
		impactos no uso do solo rural	RURAL	vegetação nativa	NATIVA
				travessia de áreas de reflorestamento, pastagem e agricultura	REFAGPEC
				travessia de Parques em nível	PARQUES
		impactos no meio físico	MF	interferências com recursos hídricos	AGUA
				impactos na qualidade do ar	AR
				ruidos	RU

Anexo C: Estrutura hierárquica apresentada no Expert Choice

Anexo D: Atores envolvidos

- Não entrevistados

NOME	SETOR DA SOCIEDADE	ATIVIDADE	ENTIDADE
Michael Paul Zeitlin	Poder Executivo	Secretário dos Transportes	Governo do Estado de São Paulo
Carlos Zaratini	Poder Executivo	Secretário dos Transportes	Prefeitura Municipal de São Paulo
Ulysses Carraro	Técnico do Governo Estadual	Diretor	ARTESP (Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transportes do Estado de São Paulo)
Paulo Sergio M.S. Rodriguez	Consultor	diretor	Protran Eng.
Julio Fernando Scottini	Consultor	Consultor ambiental	
Dora Heinrich	Consultora	Consultora ambiental	
Gabriel M. Branco	Consultor	Consultor ambiental	-
Felipe Issa Kabbach Jr	Consultor	Diretor	Planservi Eng.
Maria Helena de A. Orth	Consultora	Consultora ambiental	PROEMA
Sindicato de empreiteiros de construção civil			SINDUSCON-SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo)
Marcos Cintra	Político	Deputado federal	PFL - Partido da Frente Liberal
Caldini Crespo	Político	Deputado estadual (Sorocaba)	PFL - Partido da Frente Liberal
Luis Miglino	Agente financeiro	Consultor	BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento)
João Scharinger	Agente financeiro	Consultor	BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social)
Jorge Rebello	Agente financeiro	Consultor	Banco Mundial
Alencar Custódio	Imprensa	Jornalista	Folha de São Paulo
Marcelo Mattos	Imprensa	Jornalista	Rádio Jovem Pan
Sandra Annenberg	Imprensa	Jornalista	Rede Globo
Srº Grabner	Poder judiciário	Promotora	Ministério Público Federal
Cândido Malta Campos	Universidade e ONG	Professor universitário	FAU-USP e Movimento Defesa São Paulo
Mario Mantovani	ONG	Coordenador	Fundação SOS Mata Atlântica
ONG			IDEC (Instituto de Defesa do Consumidor)
ONG			Instituto Ethos de Responsabilidade Social

- Recusaram-se a responder

NOME	SETOR DA SOCIEDADE	ATIVIDADE	ENTIDADE
José Goldenberg	Poder Executivo	Secretário do Meio Ambiente	Governo do Estado de São Paulo
Sr.Élcio	Sindicato de empreiteiros de construção civil	-	Sindicato da Indústria da Construção Pesada do Estado de São Paulo - SINICESP
Wallace de Oliveira Guirelli	Poder Judiciário	Conselheiro Substituto	Tribunal de Contas do Estado de São Paulo - TCE

- Entrevistados

GRUPO		ENTREVISTADO		FORMAÇÃO PROFISSIONAL	FUNÇÃO	ENTIDADE
A	Técnicos do Governo Estadual	1	Milton Xavier	Economista e Administrador	Diretor de Planejamento	DERSA - Desenvolvimento Rodoviário S.A
		2	Henrique Kagan	Engenheiro Civil	Engenheiro	
		3	Andrei Znamensky	Engenheiro Civil	Engenheiro	
		4	Danilo Holanda Rlim	Engenheiro Civil	Engenheiro	
		5	Luiz F.R. Saragiotto	Geólogo	Gerente de Monitormento e Controle Ambiental	
		6	Pedro Umberto Romanini	Biólogo	Coordenador de Meio Ambiente	ARTESP - Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transportes do Estado de São Paulo
B	Técnicos de Governos Municipais	7	Renato Gianola	Engenheiro Civil	Diretor Presidente	URBES - Empresa de Desenvolvimento Urbano e Social de Sorocaba
		7	Roberto Bataglini	Engenheiro Civil	Chefe do Departamento de Planejamento	
		8	Sânia Cristina Dias Baptista	Arquiteta	Superintendente de Planejamento	CET - Companhia de Engenharia de Tráfego (São Paulo)
C	Políticos	9	Emídio de Souza	Advogado	Deputado Estadual (Osasco)	PT - Partido dos Trabalhadores
		10	Luiz Gonzaga Vieira	Advogado e Técnico em Contabilidade	Deputado Estadual (Tatuí)	
		11	Ricardo Montoro	Economista	Vereador (São Paulo)	
		12	Anntonio Carlos Pannunzio	Engenheiro Metalúrgico	Deputado Federal (Sorocaba)	
D	Entidades Profissionais	13	Ivan Metran Whately	Engenheiro Civil	Conselheiro da Divisão de Transporte	IE - Instituto de Engenharia
		14	Nilton Fornasari Filho	Geólogo	Membros da Área de Infra-Estrutura, ?Meio Ambiente e Design	FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
			José Vitor Mamede	Engenheiro de Produção		
E	Associação de Moradores	15	Wanderley Diogo de Melo	-	Vice-presidente	Associação de Moradores da Vila Sabiá e João Romão (Sorocaba)
		16	Luiz Leandro	Educação Física	Diretor	Instituto Casa da Gente (Carapicuíba)
F	Concessionárias de Rodovias	17	Sérgio Soares	Engenheiro Civil	Gerente de Engenharia	VIAOESTE - Concessionária de Rodovias do Oeste de São Paulo
		18	Nilo Horn	Engenheiro Civil	Assessor Técnico da Diretoria de Engenharia	AUTOBAN - Concessionária do Sistema Anhanguera-Bandeirantes
G	Agente Financeiro	19	Décio Freire	Arquiteto	Consultor de Avaliação de Impactos	BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento
H	Órgãos Ambientais	20	Kasuo Sakurai	Arquiteto	Diretor da Área de Avaliação de Empreendimentos Urbanísticos e de Lazer	DAIA - Departamento de Avaliação de Impactos Ambientais da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo
		21	Marcos Antonio Matusso	Geólogo	Assistente Técnico	
		22	Celina Bragança Cláudio	Arquiteta	Diretora da Área de Avaliação de Projetos de Transporte de Estrutura Lineares	CADES - Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de São Paulo
		23	Renato Arnaldo Tagnin	Arquiteto	Coordenador Geral	
I	Consultores	24	Fernando Antonio Garcia	Engenheiro Civil	Coordenador de Projetos	Planservi Engenharia
		25	Newton Vilar Stort	Engenheiro Civil	Coordenador da Área de Investimentos	Consórcio Sondotécnica-Logos
		26	João Gualberto F.G. de Moraes	Engenheiro Civil	Engenheiro	
		27	Fernado Akira Kuwabara	Engenheiro Civil	Engenheiro	
		28	José Roberto R. da Motta	Engenheiro Civil	Engenheiro	
J	Empreiteiros de Construção Civil	29	Rodrigo Worms	Enhenheiro Civil	Gerente Comercial	Ivaí Engenharia de Obras
			Sérgio Martins	Enhenheiro Civil	Gerente de Obras	
K	ONG's - Organizações Não Governamentais	30	Marussia Whately	Arquiteta	Coordenadora Adjunta do Programa Mata Atlântica	ISA - Intituto Sócio-Ambiental
		31	Laurindo Junqueira	Engenheiro Civil	Consultor e Ex-Assessor de Diretoria	ANTP - Associação Nacional de Transporte Público
L	Universidade	32	Ivanildo Hespagnol	Engenheiro Civil	Professor Titular e Chefe do PHD	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
		33	Luis Enrique Sanchez	Engenheiro de Minas e Geógrafo	Professor - Minas	
M	Imprensa	34	Carlos Ernani Brickmann	Jornalista	Assessor de Comunicação	Brickmann Comunicações

Anexo E: Caderno de entrevistas

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Transporte

São Paulo, 02 de maio de 2002

Prezado Senhor

O Engenheiro Marcus Vinicius Lisboa é aluno do Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, e atualmente trabalha, sob minha orientação, no desenvolvimento de sua dissertação de mestrado.

Esta Dissertação de Mestrado, com o título de “Contribuição para Tomada de Decisão na Classificação e Seleção de Alternativas de Traçado para Rodovias em Trechos Urbanizados”, propõe o desenvolvimento de uma metodologia de auxílio à tomada de decisão, aplicativa na etapa de planejamento de uma nova rodovia em trecho urbanizado. Objetiva-se que a escolha da alternativa de traçado a ser implantada seja melhor embasada tecnicamente, considerando também os aspectos ambientais em sua análise, garantindo assim a execução de uma avaliação de impactos ambientais em nível estratégico e preliminar.

É justamente neste ponto onde se solicita a sua contribuição, pois ela será considerada no Estudo de Caso definido para esta dissertação, um segmento do Trecho Norte do Rodoanel Mário Covas. Serão consideradas as opiniões dos diversos agentes da sociedade, que direta ou indiretamente participam e/ou são afetados pela implantação desta nova rodovia.

Agradeço sua colaboração, certo de que a mesma contribuirá para uma melhor compreensão da importância que os diversos setores da sociedade atribuem aos impactos provocados pela implantação de uma nova rodovia.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Jaime Waisman

SELEÇÃO DO MELHOR TRAÇADO PARA RODOVIA EM TRECHO URBANIZADO

ANEXO 2 – DESCRIÇÃO DE CRITÉRIOS E INDICADORES

a) ASPECTOS ECONÔMICOS

Objetivo: Maximização do investimento realizado.

Descrição: As alternativas de traçado neste estudo caracterizam-se por: serem viáveis economicamente; apresentarem os mesmos pontos de origem e destino; desenvolverem-se com pouca distância uma das outras; e todas apresentarem extensões similares. Estas condições resultam em custos operacionais, tempos de viagem e demais benefícios proporcionados para os futuros usuários da futura rodovia, similares para qualquer alternativa.

a.1) Custo de Implantação

Descrição: Desta forma, o aspecto econômico a ser avaliado resume-se basicamente ao Custo de Implantação de cada alternativa. O indicador Custo de Implantação considera a somatória dos custos das Obras, Desapropriações e Reassentamentos.

Indicador: Custo de Implantação (R\$)

b) ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Objetivo: Minimização de possíveis problemas construtivos.

Descrição: O desenvolvimento de uma rodovia pode se dar através de uma sequência de cortes e aterros ao longo de toda a sua extensão. Porém, conforme o surgimento de obstáculos a serem vencidos, ela pode vir a se desenvolver elevada, via pontes e viadutos, ou subterrânea, via túneis.

Seja qual for o tipo de seção da rodovia, os aspectos que mais influenciam as definições de métodos construtivos, cronograma de obras, tecnologia a ser adotada e custos de obra, são as características físicas do solo e do relevo atravessados.

b.1) Obras em Superfície

Descrição: Quanto aos trechos da rodovia em superfície, é possível nesta fase dos estudos prever (através das Cartas de Aptidão Física do Solo ao Assentamento Urbano) as características gerais do relevo e dos solos das áreas atravessadas. Para fins de estudo das alternativas de traçado da rodovia, foram consideradas três categorias:

b.1.1) Áreas Favoráveis

Descrição: Este indicador mede a extensão em áreas de topografia suavizada, que não exige práticas especiais de projetos e implantação.

Indicador: % de extensão em superfície

b.1.2) Áreas com Algumas Restrições

Descrição: Este indicador mede a extensão em áreas que apresentam condições topográficas predominantemente favoráveis, com alguns setores problemáticos, que exigem cuidados especiais de projeto e implantação.

Indicador: % de extensão em superfície

b.1.3) Áreas com Severas Restrições

Descrição: Este indicador mede a extensão: em áreas que apresentam condições topográficas problemáticas, que apresentam encostas bastante recortadas por linhas de drenagem natural; e em áreas de baixa declividade, com pouca profundidade do lençol freático e ocorrências de solo com baixa capacidade de suporte.

Indicador: % de extensão em superfície

b.2) Obras Especiais

Descrição: A fim de que uma rodovia mantenha um traçado seguro e de que determinados obstáculos sejam transpostos, sem prejuízos aos mesmos, torna-se necessária a implantação de pontes, viadutos e túneis, as denominadas obras especiais.

b.2.1) Pontes e Viadutos

Descrição: As pontes transpõem cursos d'água. Os viadutos transpõem vias rodoviárias e férreas, além de possíveis edificações. Este indicador mede a quantidade necessária destas obras ao longo dos traçados das alternativas.

Indicador: quantidade de pontes e viadutos.

b.2.2) Túneis

Descrição: As obras em túneis estão intimamente relacionadas à geotecnia da região atravessada, o que certamente determinará a técnica construtiva mais adequada. Nesta fase de estudo de alternativas dificilmente são disponibilizadas informações mais precisas quanto à

geotecnia. A fim de considerar este tipo de obra que influência significativamente os custos de implantação, o cronograma de atividades e a mobilização de máquinas e mão de obra, este indicador considera a extensão em túnel prevista ao longo dos traçados das alternativas.

Indicador: % de extensão em túnel.

c) ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO

Objetivo: Maximização das condições operacionais e de segurança de tráfego

Descrição: O principal objetivo da implantação de uma nova rodovia é proporcionar melhores condições de deslocamentos para que as diversas pessoas realizem suas viagens da maneira mais satisfatória, ou seja, mais confortável, rápida, econômica e segura. Porém, a implantação de uma nova rodovia não deve causar maiores transtornos ao sistema viário e de transporte da região na qual será inserida, nem se transformar numa barreira aos deslocamentos de pedestres de determinadas regiões.

c.1) Tráfego de Passagem

Descrição: O Tráfego de Passagem é constituído pelos veículos que utilizarão a futura rodovia. Os indicadores a seguir procuram expressar a influência de características do projeto para o conforto e segurança dos usuários da rodovia.

c.1.1) Raio Mínimo

Descrição: Este indicador procura expressar a influência das curvas na velocidade e, portanto, no conforto e segurança dos usuários. A medida deste indicador é a extensão com raio mínimo de curvatura de 375 m.

Indicador: % de extensão em raio mínimo

c.1.2) Rampa Máxima

Descrição: Este indicador procura expressar a influência das rampas ascendentes e descendentes na velocidade e, portanto, no conforto e segurança da rodovia. A medida deste indicador é a extensão em rampas de 4%, para velocidade máxima de 100 km/h.

Indicador: % de extensão em rampa máxima.

c.2) Tráfego Local

Descrição: O Tráfego Local é o tráfego de veículos existente na área antes da implantação da futura rodovia e que deverá adaptar-se à nova situação.

Indicador: Número de vias locais interrompidas por km

c.3) Tráfego de Pedestres

Descrição: A fim de evitar problemas de segurança à população residente nas proximidades da futura rodovia e aos seus usuários, este indicador considera o potencial de pontos de conflitos pedestres x veículos nas áreas atravessadas pela futura rodovia. Este indicador mede os efeitos sobre a segurança dos pedestres através da extensão de área urbanizada atravessada pela futura rodovia.

Indicador: % de extensão em área urbanizada.

d) ASPECTOS AMBIENTAIS

Objetivo: Minimização dos impactos ambientais negativos

Descrição: A implantação de uma rodovia resulta em impactos no meio ambiente da área onde ela será inserida. Estes impactos atingem as atividades sociais e econômicas, a flora e a fauna, a água, o ar e os solos. Os impactos de uma nova rodovia ocorrem desde a fase de planejamento e projeto, depois na fase de obras e, finalmente, na fase de operação.

d.1) Impactos no Uso do Solo Urbano

Descrição: Trata-se dos impactos decorrentes da necessidade de apropriação, pelo empreendedor, das terras urbanizadas onde será implantada a futura rodovia. Quando da definição das alternativas de traçado, é desejável que os traçados desenvolvam-se em áreas desocupadas, porém isto nem sempre é possível, principalmente em regiões urbanizadas.

d.1.1) Desapropriações de Unidades Produtivas

Descrição: Este indicador considera as áreas destinadas às atividades comerciais e industriais a serem desapropriadas para a implantação da futura rodovia. Além dos impactos provocados nos proprietários destes estabelecimentos (paralisação da produção, perda de clientela, necessidade de aquisição de novas áreas, entre outros), há também impactos para a mão de obra destes estabelecimentos, com a possível perda de empregos, e para o próprio empreendedor, que além da indenização devida pela desapropriação da propriedade, deverá também indenizar os prejuízos causados pela interrupção das atividades produtivas (indústria).

Indicador: Área em m² a ser desapropriada.

d.1.2) Desapropriações de Residências

Descrição: Este indicador mede a quantidade de residências a serem desapropriadas para a implantação da futura rodovia. Dentre os impactos provocados nas famílias desapropriadas destacam-se: possíveis indenizações subavaliadas, alteração das relações econômicas e culturais, com conseqüentes modificações nas relações com a vizinhança e distanciamento com dos locais de trabalho, postos de saúde, escola, entre outros.

Indicador: Número de residências a serem desapropriadas.

d.1.3) Reassentamentos Populacionais

Descrição: Este indicador mede a quantidade de famílias a serem reassentadas, devido à apropriação dos terrenos onde residiam irregularmente para a implantação da futura rodovia. Dentre os impactos provocados nas famílias a serem reassentadas destacam-se: alteração das relações econômicas e culturais, envolvendo os indivíduos dos quais se afastam, os indivíduos que os recebem e entre os próprios reassentados; ruptura da continuidade do tecido social, entre outros.

Indicador: Número de famílias a serem reassentadas.

d.2) Impactos no Uso do Solo Rural

Descrição: Trata-se dos impactos decorrentes da necessidade de apropriação, pelo empreendedor, das terras não urbanizadas onde será implantada a futura rodovia.

d.2.1) Travessia de Áreas com presença de Vegetação Nativa

Descrição: Este indicador mede a área de desmatamento e movimentação de terra em áreas de mata, mata ciliar (várzeas) e capoeiras, que compreendem fragmentos de Mata Atlântica situados nas proximidades de áreas urbanizadas.

Indicador: Área em m² a ser desmatada/utilizada.

d.2.2) Travessia de Áreas com presença de Reflorestamento e Áreas destinadas à pastagem e à agricultura.

Descrição: Este indicador mede a área de desmatamento e movimentação de terra em áreas de reflorestamento, que estão geralmente associadas à atividade de exploração da madeira. Este indicador também considera as área de plantação e criação, que, do ponto de vista de impactos, uma vez desapropriadas, podem ter suas atividades remanejadas para outras localidades sem maiores prejuízos, uma vez que o mercado consumidor não está localizado apenas nas vizinhanças.

Indicador: Área em m² a ser desmatada/utilizada.

d.2.3) Travessia de Parques em nível

Descrição: Trata-se das áreas verdes protegidas por lei, a fim de que sejam protegidas sua fauna e flora.

A travessia em nível de um Parque, como o Parque Estadual da Cantareira, acarretará a necessidade de desmatamentos ao longo da faixa de domínio da rodovia, além de movimentos de terra (fase de

obras) e a exposição contínua a poluentes atmosféricos e a ruídos, com prejuízos para a vegetação e para a fauna (fase de operação).

A travessia subterrânea, através de túnel, acarretará impacto direto na vegetação localizada junto aos emboques (fase de obras). Na fase de operação, o impacto será apenas na qualidade do ar, decorrente do sistema de exaustão dos túneis, que dependendo da tecnologia utilizada poderá ser amenizado.

Indicador: Área em m² em superfície dentro de Parque.

d.3) Impactos no Meio Físico

Descrição: Trata-se de impactos que agem sobre a população humana, na flora e na fauna dos diferentes ecossistemas, tanto em meio urbano como em meio rural.

d.3.1) Interferências com Recursos Hídricos

Descrição: A implantação de uma rodovia pode impactar um curso d'água durante a fase de obras, através de assoreamentos ocasionados pelas obras de terra. Na fase de operação os impactos podem ser decorrentes de derramamentos de cargas tóxicas e não tóxicas, quando da ocorrência de acidentes, ou até mesmo de derramamentos de outras substâncias oriundas dos veículos ou de estabelecimentos localizados junto à rodovia, tais como graxas, óleos, esgoto.

Indicador: número de cursos d'água atravessados por km

d.3.2) Impactos na Qualidade do Ar

Descrição: O veículo automotor é o maior responsável pela emissão de gases poluentes na atmosfera. Em uma rodovia a maior parte dos veículos

desenvolve velocidades que maximizam o desempenho econômico, minimizando a emissão de determinados poluentes. Porém, em certos trechos das rodovias, principalmente nas rampas ascendentes, a emissão de gases pelos escapamentos é muito maior, devido à maior exigência do motor. Este fato é agravado conforme a idade e o estado de conservação da frota.

Indicador: % de extensão em rampa máxima

d.3.3) Ruídos

Descrição: A emissão de ruídos será diretamente proporcional ao Volume Diário Médio – VDM que circulará na rodovia. Diz-se que quando é possível avistar a rodovia, também é possível “ouvi-la”. Este tipo de impacto é mais percebido e preocupante na travessia de áreas urbanizadas.

Indicador: área urbanizada em km² exposta a ruídos entre 50dB(A) e 100dB(A).

ANEXO 3 – FICHAS DE AVALIAÇÃO

A seguir é apresentado um questionário contendo 27 comparações. Serão comparados os critérios e indicadores identificados na Estrutura Hierárquica contida no ANEXO 1 e descritos no ANEXO 2.

Primeiramente, em relação ao critério/aspecto posicionado no nível imediatamente superior ao dos critérios/indicadores a serem comparados, será necessária a definição de qual destes critérios/indicadores é para você o mais importante, ou se ambos apresentam a mesma importância. Em seguida, será necessária a definição da intensidade desta importância.

COMPARAÇÃO	a) Assinale com um X o indicador mais importante. Se ambos apresentarem a mesma importância, assinale a lacuna correspondente.			b) Assinale com um X a opção que melhor expressa a intensidade desta importância.				
	MAIS IMPORTANTE			MESMA IMPORTÂNCIA	UM POUCO	MUITO	MUITÍSSIMO	EXTREMAMENTE
1	Áreas Favoráveis		Áreas com Algumas Restrições					
2	Áreas Favoráveis		Áreas com Severas Restrições					
3	Áreas com Algumas Restrições		Áreas com Severas Restrições					
4	Pontes e Viadutos		Túneis					
5	Obras em Superfície		Obras Especiais					
6	Raio Mínimo		Rampa Máxima					
7	Tráfego de Passagem		Tráfego Local					
8	Tráfego de Passagem		Tráfego de Pedestres					
9	Tráfego Local		Tráfego de Pedestres					
10	Desapropriações de Unidades Produtivas		Desapropriações de Residências					
11	Desapropriações de Unidades Produtivas		Reassentamento Populacional					
12	Desapropriações de Residências		Reassentamento Populacional					
13	Vegetação Nativa		Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					
14	Vegetação Nativa		Travessia de Parques em Nível					
15	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura		Travessia de Parques em Nível					
16	Interferências com Recursos Hídricos		Impactos na Qualidade do Ar					
17	Interferências com Recursos Hídricos		Ruídos					
18	Impactos na Qualidade do Ar		Ruídos					
19	Impactos no Uso do Solo urbano		Impactos no Uso do Solo Rural					
20	Impactos no Uso do Solo urbano		Impactos no Meio Físico					
21	Impactos no Uso do Solo Rural		Impactos no Meio Físico					
22	ASPECTOS ECONÔMICOS		ASPECTOS CONSTRUTIVOS					
23	ASPECTOS ECONÔMICOS		ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					
24	ASPECTOS ECONÔMICOS		ASPECTOS AMBIENTAIS					
25	ASPECTOS CONSTRUTIVOS		ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					
26	ASPECTOS CONSTRUTIVOS		ASPECTOS AMBIENTAIS					
27	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO		ASPECTOS AMBIENTAIS					

	EXTREMAMENTE	MUITÍSSIMO	MUITO	UM POUCO	MESMA IMPORTÂNCIA	UM POUCO	MUITO	MUITÍSSIMO	EXTREMAMENTE	A								B			C					D			E			F		
	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	Técnicos do governo estadual								técnicos dos municípios atravessados ou afetados			Políticos envolvidos com o assunto					Entidades profissionais			Associações de moradores			Concessionárias de Rodovias		
comparação	CRITÉRIO A					CRITÉRIO B					1	2	3	4	5	6		7	8		9	10	11	12		13	14		15	16		17	18	
											Milton Xavier	Henrique Kagan	Andrei Znamensky	Danilo Holanda Rilm	Luiz F.R. Saragiotto	Pedro Umberto Romanini	MÉDIA	Renato Gianola / Roberto Bataglini	Sônia Cristina Dias Baptista	MÉDIA	Emídio de Souza	Luiz Gonzaga Vieira	Ricardo Monteiro	Anntonio Carlos Pannunzio	MÉDIA	Ivan Metran Whately	Nilton Fornasari Filho / José Vitor Neme de	MÉDIA	Wanderley Diogo de Melo	Luiz Leandro	MÉDIA	Sérgio Soares	Nilo Horn	MÉDIA
1	Áreas Favoráveis					Áreas com Algumas Restrições					4,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	2,7	4,0	4,0	4,0	2,0	4,0	8,0	4,0	4,5	2,0	2,0	2,0	6,0	6,0	6,0	4,0	8,0	6,0
2	Áreas Favoráveis					Áreas com Severas Restrições					6,0	6,0	4,0	8,0	4,0	6,0	5,7	8,0	6,0	7,0	6,0	8,0	8,0	6,0	7,0	4,0	4,0	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
3	Áreas com Algumas Restrições					Áreas com Severas Restrições					8,0	2,0	2,0	6,0	4,0	4,0	4,3	6,0	4,0	5,0	4,0	6,0	8,0	4,0	5,5	2,0	2,0	2,0	2,0	6,0	4,0	6,0	4,0	5,0
4	Pontes e Viadutos					Túneis					-4,0	-2,0	0,0	2,0	4,0	4,0	0,7	6,0	4,0	5,0	4,0	6,0	-8,0	6,0	2,0	6,0	-2,0	2,0	4,0	8,0	6,0	4,0	0,0	2,0
5	Obras em Superfície					Obras Especiais					4,0	-4,0	2,0	6,0	2,0	6,0	2,7	6,0	2,0	4,0	2,0	4,0	2,0	8,0	4,0	6,0	4,0	6,0	2,0	8,0	6,0	4,0	4,0	4,0
6	Raio Mínimo					Rampa Máxima					4,0	0,0	0,0	0,0	4,0	2,0	1,7	-2,0	0,0	-1,0	-4,0	6,0	-2,0	-4,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	4,0	0,0	-2,0	-1,0
7	Tráfego de Passagem					Tráfego Local					4,0	4,0	0,0	-4,0	0,0	-4,0	0,0	4,0	2,0	3,0	-2,0	4,0	0,0	0,0	0,5	0,0	2,0	1,0	-8,0	6,0	-1,0	6,0	0,0	3,0
8	Tráfego de Passagem					Tráfego de Pedestres					0,0	-4,0	-4,0	0,0	-4,0	-4,0	-2,7	8,0	2,0	5,0	-6,0	-6,0	0,0	0,0	-3,0	0,0	2,0	1,0	-8,0	6,0	-1,0	2,0	0,0	1,0
9	Tráfego Local					Tráfego de Pedestres					-4,0	0,0	-4,0	0,0	0,0	-4,0	-2,0	4,0	0,0	2,0	-4,0	-6,0	0,0	0,0	-2,5	0,0	2,0	1,0	8,0	-6,0	1,0	0,0	0,0	0,0
10	Desapropriações de Unidades Produtivas					Desapropriações de Residências					-2,0	2,0	4,0	-4,0	-2,0	6,0	0,7	4,0	-2,0	1,0	-4,0	-8,0	-6,0	-2,0	-5,0	-2,0	0,0	-1,0	-8,0	-2,0	-5,0	4,0	4,0	4,0
11	Desapropriações de Unidades Produtivas					Reassentamento Populacional					-4,0	2,0	6,0	4,0	-2,0	4,0	1,7	6,0	0,0	3,0	-8,0	-8,0	-6,0	-4,0	-6,5	-6,0	0,0	-3,0	-8,0	-4,0	-6,0	6,0	6,0	6,0
12	Desapropriações de Residências					Reassentamento Populacional					-4,0	-2,0	4,0	0,0	2,0	-2,0	-0,3	4,0	2,0	3,0	-4,0	0,0	2,0	-2,0	-1,0	-4,0	0,0	-2,0	-8,0	-4,0	-6,0	4,0	2,0	3,0
13	Vegetação Nativa					Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					-6,0	-4,0	-4,0	-6,0	-8,0	-6,0	-5,7	-2,0	-4,0	-3,0	-8,0	-8,0	-6,0	-4,0	-6,5	-6,0	-6,0	-6,0	-8,0	-6,0	-7,0	-4,0	-6,0	-5,0
14	Vegetação Nativa					Travessia de Parques em Nível					0,0	-4,0	2,0	0,0	6,0	6,0	1,7	6,0	2,0	4,0	-2,0	-8,0	2,0	2,0	-1,5	-6,0	0,0	-3,0	0,0	-2,0	-1,0	6,0	6,0	6,0
15	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					Travessia de Parques em Nível					8,0	2,0	6,0	6,0	8,0	8,0	6,3	6,0	4,0	5,0	4,0	4,0	6,0	6,0	5,0	4,0	6,0	5,0	8,0	6,0	7,0	6,0	8,0	7,0
16	Interferências com Recursos Hídricos					Impactos na Qualidade do Ar					-6,0	-4,0	0,0	0,0	-6,0	-4,0	-3,3	-2,0	-2,0	-2,0	0,0	0,0	-6,0	-2,0	-2,0	-6,0	-2,0	-4,0	0,0	-2,0	-1,0	-4,0	-6,0	-5,0
17	Interferências com Recursos Hídricos					Ruídos					-6,0	-2,0	-6,0	-6,0	-4,0	-4,0	-4,7	-8,0	-2,0	-5,0	0,0	-4,0	-8,0	2,0	-2,5	-6,0	-4,0	-5,0	0,0	-6,0	-3,0	-6,0	-4,0	-5,0
18	Impactos na Qualidade do Ar					Ruídos					-6,0	0,0	-6,0	-4,0	-4,0	0,0	-3,3	-6,0	0,0	-3,0	0,0	-4,0	-2,0	2,0	-1,0	-4,0	-2,0	-3,0	0,0	-6,0	-3,0	4,0	4,0	4,0
19	Impactos no Uso do Solo urbano					Impactos no Uso do Solo Rural					2,0	-2,0	-6,0	-4,0	8,0	-6,0	-1,3	-4,0	-2,0	-3,0	-6,0	6,0	2,0	-4,0	-0,5	6,0	-2,0	2,0	0,0	-4,0	-2,0	-6,0	-6,0	-6,0
20	Impactos no Uso do Solo urbano					Impactos no Meio Físico					2,0	2,0	-2,0	2,0	4,0	-4,0	0,7	6,0	0,0	3,0	4,0	4,0	2,0	4,0	3,5	6,0	-2,0	2,0	0,0	4,0	2,0	0,0	-8,0	-4,0
21	Impactos no Uso do Solo Rural					Impactos no Meio Físico					4,0	4,0	4,0	6,0	-8,0	4,0	2,3	8,0	2,0	5,0	4,0	-6,0	0,0	4,0	0,5	0,0	-2,0	-1,0	0,0	4,0	2,0	6,0	-4,0	1,0
22	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS CONSTRUTIVOS					-4,0	0,0	0,0	-4,0	6,0	2,0	0,0	0,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	-4,0	0,5	-6,0	-4,0	-6,0	2,0	-4,0	-1,0	-4,0	0,0	-2,0
23	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					0,0	-6,0	8,0	-2,0	4,0	2,0	1,0	4,0	6,0	5,0	4,0	4,0	4,0	2,0	3,5	8,0	-4,0	2,0	8,0	-4,0	2,0	-4,0	0,0	-2,0
24	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS AMBIENTAIS					-2,0	2,0	4,0	6,0	6,0	6,0	3,7	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	8,0	4,0	6,5	8,0	2,0	6,0	8,0	-4,0	2,0	-4,0	0,0	-2,0
25	ASPECTOS CONSTRUTIVOS					ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					4,0	4,0	6,0	-4,0	2,0	-2,0	1,7	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	8,0	0,0	4,0	4,0	-2,0	1,0	2,0	0,0	1,0
26	ASPECTOS CONSTRUTIVOS					ASPECTOS AMBIENTAIS					4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0	5,0	6,0	4,0	5,0	4,0	6,0	8,0	2,0	5,0	8,0	4,0	6,0	8,0	4,0	6,0	-2,0	0,0	-1,0
27	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					ASPECTOS AMBIENTAIS					0,0	0,0	-2,0	6,0	-2,0	6,0	1,3	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	8,0	2,0	3,5	0,0	4,0	2,0	-4,0	4,0	0,0	-2,0	0,0	-1,0

										A						B				C						D				E				F			
										Técnicos do governo estadual						técnicos dos municípios atravessados ou afetados				Políticos envolvidos com o assunto						Entidades profissionais				Associações de moradores				Concessionárias de Rodovias			
										1	2	3	4	5	6	MÉDIA	7	8	MÉDIA	9	10	11	12	MÉDIA	13	14	MÉDIA	15	16	MÉDIA	17	18	MÉDIA				
comparação	CRITÉRIO A					CRITÉRIO B					Milton Xavier	Henrique Kagan	Andrei Znamensky	Danilo Holanda Rilm	Luiz F.R. Saragiotto		Pedro Umberto Romanini	Renato Giansola / Roberto Bataglini		Sônia Cristina Dias Baptista	Emílio de Souza	Luiz Gonzaga Vieira	Ricardo Montoro		Anntonio Carlos Pannunzio	Ivan Metran Whately		Nilton Formasari Filho / José Vitor Mamade	Wanderley Diogo de Melo		Luiz Leandro	Sérgio Soares		Nilo Horn			
1	Áreas Favoráveis					Áreas com Algumas Restrições					5,0	3,0	3,0	5,0	3,0	3,0	3,7	5,0	5,0	5,0	3,0	5,0	9,0	5,0	5,5	3,0	3,0	3,0	7,0	7,0	7,0	5,0	9,0	7,0			
2	Áreas Favoráveis					Áreas com Severas Restrições					7,0	7,0	5,0	9,0	5,0	7,0	6,7	9,0	7,0	8,0	7,0	9,0	9,0	7,0	8,0	5,0	5,0	5,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0			
3	Áreas com Algumas Restrições					Áreas com Severas Restrições					9,0	3,0	3,0	7,0	5,0	5,0	6,3	7,0	5,0	6,0	5,0	7,0	9,0	5,0	6,5	3,0	3,0	3,0	3,0	7,0	5,0	5,0	6,0				
4	Pontes e Viadutos					Túneis					-5,0	-3,0	1,0	3,0	5,0	5,0	1,7	7,0	5,0	6,0	5,0	7,0	-9,0	7,0	3,0	7,0	-3,0	3,0	5,0	9,0	7,0	5,0	1,0	3,0			
5	Obras em Superfície					Obras Especiais					5,0	-5,0	3,0	7,0	3,0	7,0	3,7	7,0	3,0	6,0	3,0	5,0	3,0	9,0	6,0	7,0	5,0	6,0	3,0	9,0	6,0	5,0	5,0	6,0			
6	Raio Mínimo					Rampa Máxima					5,0	1,0	1,0	1,0	5,0	3,0	2,7	-3,0	1,0	-2,0	-5,0	7,0	-3,0	-5,0	-2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	9,0	5,0	1,0	-3,0	-2,0			
7	Tráfego de Passagem					Tráfego Local					5,0	5,0	1,0	-5,0	1,0	-5,0	1,0	5,0	3,0	4,0	-3,0	5,0	1,0	1,0	1,5	1,0	3,0	2,0	-9,0	7,0	-2,0	7,0	1,0	4,0			
8	Tráfego de Passagem					Tráfego de Pedestres					1,0	-5,0	-5,0	1,0	-5,0	-5,0	-3,7	9,0	3,0	6,0	-7,0	-7,0	1,0	1,0	-4,0	1,0	3,0	2,0	-9,0	7,0	-2,0	3,0	1,0	2,0			
9	Tráfego Local					Tráfego de Pedestres					-5,0	1,0	-5,0	1,0	1,0	-5,0	-3,0	5,0	1,0	3,0	-5,0	-7,0	1,0	1,0	-3,5	1,0	3,0	2,0	9,0	-7,0	2,0	1,0	1,0	1,0			
10	Desapropriações de Unidades Produtivas					Desapropriações de Residências					-3,0	3,0	5,0	-5,0	-3,0	7,0	1,7	5,0	-3,0	2,0	-5,0	-9,0	-7,0	-3,0	-6,0	-3,0	1,0	-2,0	-9,0	-3,0	-6,0	5,0	5,0	5,0			
11	Desapropriações de Unidades Produtivas					Reassentamento Populacional					-5,0	3,0	7,0	5,0	-3,0	5,0	2,7	7,0	1,0	4,0	-9,0	-9,0	-7,0	-5,0	-7,5	-7,0	1,0	-4,0	-9,0	-5,0	-7,0	7,0	7,0	7,0			
12	Desapropriações de Residências					Reassentamento Populacional					-5,0	-3,0	5,0	1,0	3,0	-3,0	-1,3	5,0	3,0	4,0	-5,0	1,0	3,0	-3,0	-2,0	-5,0	1,0	-3,0	-9,0	-5,0	-7,0	5,0	3,0	4,0			
13	Vegetação Nativa					Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					-7,0	-5,0	-5,0	-7,0	-9,0	-7,0	-6,7	-3,0	-5,0	-4,0	-9,0	-9,0	-7,0	-5,0	-7,5	-7,0	-7,0	-7,0	-9,0	-7,0	-8,0	-5,0	-7,0	-6,0			
14	Vegetação Nativa					Travessia de Parques em Nível					1,0	-5,0	3,0	1,0	7,0	7,0	2,7	7,0	3,0	5,0	-3,0	-9,0	3,0	3,0	-2,5	-7,0	1,0	-4,0	1,0	-3,0	-2,0	7,0	7,0	7,0			
15	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					Travessia de Parques em Nível					9,0	3,0	7,0	7,0	9,0	9,0	7,3	7,0	5,0	6,0	5,0	5,0	7,0	7,0	6,0	5,0	7,0	6,0	9,0	7,0	8,0	7,0	9,0	8,0			
16	Interferências com Recursos Hídricos					Impactos na Qualidade do Ar					-7,0	-5,0	1,0	1,0	-7,0	-5,0	-4,3	-3,0	-3,0	-3,0	1,0	1,0	-7,0	-3,0	-3,0	-7,0	-3,0	-6,0	1,0	-3,0	-2,0	-5,0	-7,0	-6,0			
17	Interferências com Recursos Hídricos					Ruídos					-7,0	-3,0	-7,0	-7,0	-5,0	-5,0	-6,7	-9,0	-3,0	-6,0	1,0	-5,0	-9,0	3,0	-3,5	-7,0	-5,0	-6,0	1,0	-7,0	-4,0	-7,0	-5,0	-6,0			
18	Impactos na Qualidade do Ar					Ruídos					-7,0	1,0	-7,0	-5,0	-5,0	1,0	-4,3	-7,0	1,0	-4,0	1,0	-5,0	-3,0	3,0	-2,0	-5,0	-3,0	-4,0	1,0	-7,0	-4,0	5,0	5,0	5,0			
19	Impactos no Uso do Solo urbano					Impactos no Uso do Solo Rural					3,0	-3,0	-7,0	-5,0	9,0	-7,0	-2,3	-5,0	-3,0	-4,0	-7,0	7,0	3,0	-5,0	-1,5	7,0	-3,0	3,0	1,0	-5,0	-3,0	-7,0	-7,0	-7,0			
20	Impactos no Uso do Solo urbano					Impactos no Meio Físico					3,0	3,0	-3,0	3,0	5,0	-5,0	1,7	7,0	1,0	4,0	5,0	5,0	3,0	5,0	4,5	7,0	-3,0	3,0	1,0	5,0	3,0	1,0	-9,0	-6,0			
21	Impactos no Uso do Solo Rural					Impactos no Meio Físico					5,0	5,0	5,0	7,0	-9,0	5,0	3,3	9,0	3,0	6,0	5,0	-7,0	1,0	5,0	1,5	1,0	-3,0	-2,0	1,0	5,0	3,0	7,0	-5,0	2,0			
22	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS CONSTRUTIVOS					-5,0	1,0	1,0	-5,0	7,0	3,0	1,0	1,0	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	-5,0	1,5	-7,0	-5,0	-6,0	3,0	-5,0	-2,0	-5,0	1,0	-3,0			
23	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					1,0	-7,0	9,0	-3,0	5,0	3,0	2,0	5,0	7,0	6,0	5,0	5,0	5,0	3,0	4,5	9,0	-5,0	3,0	9,0	-5,0	3,0	-5,0	1,0	-3,0			
24	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS AMBIENTAIS					-3,0	3,0	5,0	7,0	7,0	7,0	4,7	7,0	7,0	7,0	7,0	9,0	9,0	5,0	7,5	9,0	3,0	6,0	9,0	-5,0	3,0	-5,0	1,0	-3,0			
25	ASPECTOS CONSTRUTIVOS					ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					5,0	5,0	7,0	-5,0	3,0	-3,0	2,7	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	9,0	1,0	5,0	5,0	-3,0	2,0	3,0	1,0	2,0			
26	ASPECTOS CONSTRUTIVOS					ASPECTOS AMBIENTAIS					5,0	7,0	5,0	7,0	5,0	7,0	6,0	7,0	5,0	6,0	5,0	7,0	9,0	3,0	6,0	9,0	5,0	7,0	9,0	5,0	7,0	-3,0	1,0	-2,0			
27	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					ASPECTOS AMBIENTAIS					1,0	1,0	-3,0	7,0	-3,0	7,0	2,3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	9,0	3,0	4,5	1,0	5,0	3,0	-5,0	5,0	1,0	-3,0	1,0	-2,0			

MATRIZ	CRITÉRIO A	CRITÉRIO B	JULGAMENTOS INDIVIDUAIS							
			RC<0,10	%	0,10 ≤ RC < 0,20	%	RC≥0,20	%	total	%
1	Áreas Favoráveis	Áreas com Algumas Restrições	10	29%	8	24%	16	47%	34	100%
	Áreas Favoráveis	Áreas com Severas Restrições								
	Áreas com Algumas Restrições	Áreas com Severas Restrições								
2	Tráfego de Passagem	Tráfego Local	14	41%	5	15%	15	44%	34	100%
	Tráfego de Passagem	Tráfego de Pedestres								
	Tráfego Local	Tráfego de Pedestres								
3	Desapropriações de Unidades Produtivas	Desapropriações de Residências	12	35%	15	44%	7	21%	34	100%
	Desapropriações de Unidades Produtivas	Reassentamento Populacional								
	Desapropriações de Residências	Reassentamento Populacional								
4	Vegetação Nativa	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura	10	29%	11	32%	13	38%	34	100%
	Vegetação Nativa	Travessia de Parques em Nível								
	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura	Travessia de Parques em Nível								
5	Interferências com Recursos Hídricos	Impactos na Qualidade do Ar	16	47%	7	21%	11	32%	34	100%
	Interferências com Recursos Hídricos	Ruídos								
	Impactos na Qualidade do Ar	Ruídos								
6	Impactos no Uso do Solo urbano	Impactos no Uso do Solo Rural	17	50%	3	9%	14	41%	34	100%
	Impactos no Uso do Solo urbano	Impactos no Meio Físico								
	Impactos no Uso do Solo Rural	Impactos no Meio Físico								
7	ASPECTOS ECONÔMICOS	ASPECTOS CONSTRUTIVOS	15	44%	10	29%	9	26%	34	100%
	ASPECTOS ECONÔMICOS	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO								
	ASPECTOS ECONÔMICOS	ASPECTOS AMBIENTAIS								
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO								
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS	ASPECTOS AMBIENTAIS								
	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO	ASPECTOS AMBIENTAIS								
matrizes			94,0		59,0		85,0		238,0	
grupo			13,4	39%	8,4	25%	12,1	36%	34,0	100%

MATRIZ	CRITÉRIO A	CRITÉRIO B	JULGAMENTOS MÉDIOS POR GRUPO							
			RC<0,10	%	0,10 =< RC < 0,20	%	RC>=0,20	%	total	%
1	Áreas Favoráveis	Áreas com Algumas Restrições	2	15%	4	31%	7	54%	13	100%
	Áreas Favoráveis	Áreas com Severas Restrições								
	Áreas com Algumas Restrições	Áreas com Severas Restrições								
2	Tráfego de Passagem	Tráfego Local	8	62%	2	15%	3	23%	13	100%
	Tráfego de Passagem	Tráfego de Pedestres								
	Tráfego Local	Tráfego de Pedestres								
3	Desapropriações de Unidades Produtivas	Desapropriações de Residências	7	54%	3	23%	3	23%	13	100%
	Desapropriações de Unidades Produtivas	Reassentamento Populacional								
	Desapropriações de Residências	Reassentamento Populacional								
4	Vegetação Nativa	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura	3	23%	7	54%	3	23%	13	100%
	Vegetação Nativa	Travessia de Parques em Nível								
	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura	Travessia de Parques em Nível								
5	Interferências com Recursos Hídricos	Impactos na Qualidade do Ar	7	54%	3	23%	3	23%	13	100%
	Interferências com Recursos Hídricos	Ruídos								
	Impactos na Qualidade do Ar	Ruídos								
6	Impactos no Uso do Solo urbano	Impactos no Uso do Solo Rural	7	54%	5	38%	1	8%	13	100%
	Impactos no Uso do Solo urbano	Impactos no Meio Físico								
	Impactos no Uso do Solo Rural	Impactos no Meio Físico								
7	ASPECTOS ECONÔMICOS	ASPECTOS CONSTRUTIVOS	9	69%	3	23%	1	8%	13	100%
	ASPECTOS ECONÔMICOS	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO								
	ASPECTOS ECONÔMICOS	ASPECTOS AMBIENTAIS								
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO								
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS	ASPECTOS AMBIENTAIS								
	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO	ASPECTOS AMBIENTAIS								
matrizes			43,0		27,0		21,0		91,0	
grupo			6,1	47%	3,9	30%	3,0	23%	13,0	100%

MATRIZ	CRITÉRIO A	CRITÉRIO B	JULGAMENTO MÉDIO DE TODOS OS ENTREVISTADOS							
			RC<0,10	%	0,10 ≤ RC < 0,20	%	RC≥0,20	%	total	%
1	Áreas Favoráveis	Áreas com Algumas Restrições	0	0%	1	100%	0	0%	1	100%
	Áreas Favoráveis	Áreas com Severas Restrições								
	Áreas com Algumas Restrições	Áreas com Severas Restrições								
2	Tráfego de Passagem	Tráfego Local	1	100%	0	0%	0	0%	1	100%
	Tráfego de Passagem	Tráfego de Pedestres								
	Tráfego Local	Tráfego de Pedestres								
3	Desapropriações de Unidades Produtivas	Desapropriações de Residências	1	100%	0	0%	0	0%	1	100%
	Desapropriações de Unidades Produtivas	Reassentamento Populacional								
	Desapropriações de Residências	Reassentamento Populacional								
4	Vegetação Nativa	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura	1	100%	0	0%	0	0%	1	100%
	Vegetação Nativa	Travessia de Parques em Nível								
	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura	Travessia de Parques em Nível								
5	Interferências com Recursos Hídricos	Impactos na Qualidade do Ar	1	100%	0	0%	0	0%	1	100%
	Interferências com Recursos Hídricos	Ruídos								
	Impactos na Qualidade do Ar	Ruídos								
6	Impactos no Uso do Solo urbano	Impactos no Uso do Solo Rural	1	100%	0	0%	0	0%	1	100%
	Impactos no Uso do Solo urbano	Impactos no Meio Físico								
	Impactos no Uso do Solo Rural	Impactos no Meio Físico								
7	ASPECTOS ECONÔMICOS	ASPECTOS CONSTRUTIVOS	1	100%	0	0%	0	0%	1	100%
	ASPECTOS ECONÔMICOS	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO								
	ASPECTOS ECONÔMICOS	ASPECTOS AMBIENTAIS								
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO								
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS	ASPECTOS AMBIENTAIS								
	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO	ASPECTOS AMBIENTAIS								
			6,0		1,0		0,0		7,0	
			0,9	86%	0,1	14%	0,0	0%	1,0	100%

matrizes
grupo

	EXTREMAMENTE	MUITÍSSIMO	MUITO	UM POUCO	MESMA IMPORTÂNCIA	UM POUCO	MUITO	MUITÍSSIMO	EXTREMAMENTE	A															
										Técnicos do governo estadual															
	-9,0	-7,0	-5,0	-3,0	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	1	2	3	4	5	6	MÉDIA									
MATRIZ	CRITÉRIO A				CRITÉRIO B					Milton Xavier	Henrique Kagan		Andrei Znamensky		Danilo Holanda Rlim		Luiz F.R. Saragiotto		Pedro Umberto Romanini		PESO	RC			
	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO		RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC								
1	Áreas Favoráveis				Áreas com Algumas Restrições					5,0	0,38	3,0	0,01	3,0	0,04	5,0	0,20	3,0	0,13	3,0	0,06	3,7	0,12		
	Áreas Favoráveis				Áreas com Severas Restrições					7,0		7,0		5,0		9,0		5,0		7,0		6,7			
	Áreas com Algumas Restrições				Áreas com Severas Restrições					9,0		3,0		3,0		7,0		5,0		5,0		5,3			
2	Tráfego de Passagem				Tráfego Local					5,0	0,00	5,0	1,21	1,0	0,00	-5,0	0,28	1,0	0,28	-5,0	0,28	1,0	0,00		
	Tráfego de Passagem				Tráfego de Pedestres					1,0		-5,0		-5,0		1,0		-5,0		-3,7					
	Tráfego Local				Tráfego de Pedestres					-5,0		1,0		-5,0		1,0		1,0		-5,0		-3,0			
3	Desapropriações de Unidades Produtivas				Desapropriações de Residências					-3,0	0,13	3,0	0,13	5,0	0,17	-5,0	1,21	-3,0	0,13	7,0	0,06	1,7	0,06		
	Desapropriações de Unidades Produtivas				Reassentamento Populacional					-5,0		3,0		7,0		5,0		-3,0		5,0		2,7			
	Desapropriações de Residências				Reassentamento Populacional					-5,0		-3,0		5,0		1,0		3,0		-3,0		-1,3			
4	Vegetação Nativa				Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					-7,0	0,01	-5,0	0,13	-5,0	0,06	-7,0	0,00	-9,0	0,42	-7,0	0,31	-6,7	0,09		
	Vegetação Nativa				Travessia de Parques em Nível					1,0		-5,0		3,0		1,0		7,0		7,0		2,7			
	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura				Travessia de Parques em Nível					9,0		3,0		7,0		7,0		9,0		9,0		7,3			
5	Interferências com Recursos Hídricos				Impactos na Qualidade do Ar					-7,0	0,42	-5,0	0,03	1,0	0,00	1,0	0,01	-7,0	0,42	-5,0	0,00	-4,3	0,15		
	Interferências com Recursos Hídricos				Ruidos					-7,0		-3,0		-7,0		-7,0		-5,0		-5,0		-5,7			
	Impactos na Qualidade do Ar				Ruidos					-7,0		1,0		-7,0		-5,0		-5,0		1,0		-4,3			
6	Impactos no Uso do Solo urbano				Impactos no Uso do Solo Rural					3,0	0,28	-3,0	0,04	-7,0	0,06	-5,0	0,06	9,0	0,28	-7,0	0,17	-2,3	0,00		
	Impactos no Uso do Solo urbano				Impactos no Meio Físico					3,0		3,0		-3,0		3,0		5,0		-5,0		1,7			
	Impactos no Uso do Solo Rural				Impactos no Meio Físico					5,0		5,0		5,0		7,0		-9,0		5,0		3,3			
7	ASPECTOS ECONÔMICOS				ASPECTOS CONSTRUTIVOS					-5,0	0,06	1,0	0,63	1,0	0,02	-5,0	0,27	7,0	0,23	3,0	0,12	1,0	0,00		
	ASPECTOS ECONÔMICOS				ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					1,0		-7,0		9,0		-3,0		5,0		3,0		2,0			
	ASPECTOS ECONÔMICOS				ASPECTOS AMBIENTAIS					-3,0		3,0		5,0		7,0		7,0		7,0		4,7			
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS				ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					5,0		5,0		7,0		-5,0		3,0		-3,0		2,7			
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS				ASPECTOS AMBIENTAIS					5,0		7,0		5,0		7,0		5,0		7,0		6,0			
	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO				ASPECTOS AMBIENTAIS					1,0		1,0		-3,0		7,0		-3,0		7,0		2,3			

- Resultados obtidos

										B								C										
										técnicos dos municípios atravessados ou afetados								Políticos envolvidos com o assunto										
										7		8		MÉDIA		9		10		11		12		MÉDIA				
										Renato Gíanola / Roberto Bataglini		Sânia Cristina Dias Baptista				Emílio de Souza		Luiz Gonzaga Vieira		Ricardo Montoro		Anntonio Carlos Pannunzio						
MATRIZ	CRITÉRIO A				CRITÉRIO B						PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC
1	Áreas Favoráveis				Áreas com Algumas Restrições						5,0		5,0		5,0	0,19	3,0		5,0		9,0		5,0		5,5	0,20		
	Áreas Favoráveis				Áreas com Severas Restrições						9,0	0,20	7,0	0,17	8,0		7,0	0,06	9,0	0,20	9,0	0,54	7,0	0,17	8,0			
	Áreas com Algumas Restrições				Áreas com Severas Restrições						7,0		5,0		6,0		5,0		7,0		9,0		5,0		6,5			
2	Tráfego de Passagem				Tráfego Local						5,0	0,11	3,0	0,00	4,0	0,05	-3,0	0,06	5,0	0,28	1,0	0,00	1,0	0,00	1,5	0,00		
	Tráfego de Passagem				Tráfego de Pedestres						9,0		3,0		6,0		-7,0		-7,0		1,0		1,0		-4,0			
	Tráfego Local				Tráfego de Pedestres						5,0		1,0		3,0		-5,0		-7,0		1,0		1,0		-3,5			
3	Desapropriações de Unidades Produtivas				Desapropriações de Residências						5,0	0,17	-3,0	0,00	2,0	0,05	-5,0	0,11	-9,0	0,00	-7,0	0,13	-3,0	0,04	-6,0	0,00		
	Desapropriações de Unidades Produtivas				Reassentamento Populacional						7,0		1,0		4,0		-9,0		-9,0		-7,0		-5,0		-7,5			
	Desapropriações de Residências				Reassentamento Populacional						5,0		3,0		4,0		-5,0		1,0		3,0		-3,0		-2,0			
4	Vegetação Nativa				Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura						-3,0	0,13	-5,0	0,13	-4,0	0,16	-9,0	0,03	-9,0	0,28	-7,0	0,13	-5,0	0,06	-7,5	0,00		
	Vegetação Nativa				Travessia de Parques em Nível						7,0		3,0		5,0		-3,0		-9,0		3,0		3,0		-2,5			
	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura				Travessia de Parques em Nível						7,0		5,0		6,0		5,0		5,0		7,0		7,0		6,0			
5	Interferências com Recursos Hídricos				Impactos na Qualidade do Ar						-3,0	0,08	-3,0	0,00	-3,0	0,05	1,0	0,00	1,0	0,28	-7,0	0,08	-3,0	0,13	-3,0	0,00		
	Interferências com Recursos Hídricos				Ruídos						-9,0		-3,0		-6,0		1,0		-5,0		-9,0		3,0		-3,5			
	Impactos na Qualidade do Ar				Ruídos						-7,0		1,0		-4,0		1,0		-5,0		-3,0		3,0		-2,0			
6	Impactos no Uso do Solo urbano				Impactos no Uso do Solo Rural						-5,0	0,20	-3,0	0,00	-4,0	0,10	-7,0	0,42	7,0	0,28	3,0	0,00	-5,0	0,28	-1,5	0,10		
	Impactos no Uso do Solo urbano				Impactos no Meio Físico						7,0		1,0		4,0		5,0		5,0		5,0		4,5					
	Impactos no Uso do Solo Rural				Impactos no Meio Físico						9,0		3,0		6,0		5,0		-7,0		1,0		5,0		1,5			
7	ASPECTOS ECONÔMICOS				ASPECTOS CONSTRUTIVOS						1,0	0,03	3,0	0,09	2,0	0,05	3,0	0,01	3,0	0,07	3,0	0,19	-5,0	0,22	1,5	0,00		
	ASPECTOS ECONÔMICOS				ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO						5,0		7,0		6,0		5,0		5,0		5,0		4,5					
	ASPECTOS ECONÔMICOS				ASPECTOS AMBIENTAIS						7,0		7,0		7,0		7,0		9,0		9,0		7,5					
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS				ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO						5,0		5,0		5,0		5,0		5,0		5,0		5,0					
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS				ASPECTOS AMBIENTAIS						7,0		5,0		6,0		5,0		7,0		9,0		3,0		6,0			
	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO				ASPECTOS AMBIENTAIS						3,0		3,0		3,0		3,0		3,0		9,0		3,0		4,5			

											D				E						F							
	EXTREMAMENTE	MUITÍSSIMO	MUITO	UM POUCO	MESMA IMPORTÂNCIA		UM POUCO	MUITO	MUITÍSSIMO	EXTREMAMENTE	Entidades profissionais						Associações de moradores						Concessionárias de Rodovias					
	-9,0	-7,0	-5,0	-3,0	1,0		3,0	5,0	7,0	9,0	13		14		MÉDIA		15		16		MÉDIA		17		18		MÉDIA	
MATRIZ	CRITÉRIO A					CRITÉRIO B					Ivan Metran Whately	Nilton Fornasari Filho / José Vitor Namele	Wanderley Diogo de Melo	Luiz Leandro			Sérgio Soares	Nilo Horn										
	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC									PESO	RC			PESO	RC	PESO	RC		
1	Áreas Favoráveis					Áreas com Algumas Restrições					3,0	0,04	3,0	0,04	3,0	0,04	7,0	0,08	7,0	0,31	7,0	0,20	5,0	0,20	9,0	0,28	9,0	0,26
	Áreas Favoráveis					Áreas com Severas Restrições					5,0		5,0		9,0		9,0		9,0		9,0							
	Áreas com Algumas Restrições					Áreas com Severas Restrições					3,0		3,0		3,0		7,0		5,0		7,0		6,0					
2	Tráfego de Passagem					Tráfego Local					1,0	0,00	3,0	0,13	2,0	0,05	-9,0	0,54	7,0	0,42	-2,0	0,05	7,0	0,08	1,0	0,00	4,0	0,05
	Tráfego de Passagem					Tráfego de Pedestres					1,0		3,0		2,0		-9,0		7,0		-2,0		3,0		1,0		2,0	
	Tráfego Local					Tráfego de Pedestres					1,0		3,0		2,0		9,0		-7,0		2,0		1,0		1,0		1,0	
3	Desapropriações de Unidades Produtivas					Desapropriações de Residências					-3,0	0,06	1,0	0,00	-2,0	0,02	-9,0	0,54	-3,0	0,13	-6,0	0,35	5,0	0,17	5,0	0,06	5,0	0,12
	Desapropriações de Unidades Produtivas					Reassentamento Populacional					-7,0		1,0		-4,0		-9,0		-5,0		-7,0		7,0		7,0		7,0	
	Desapropriações de Residências					Reassentamento Populacional					-5,0		1,0		-3,0		-9,0		-5,0		-7,0		5,0		3,0		4,0	
4	Vegetação Nativa					Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					-7,0	0,28	-7,0	0,00	-7,0	0,16	-9,0	0,00	-7,0	0,13	-8,0	0,05	-5,0	0,28	-7,0	0,31	-6,0	0,30
	Vegetação Nativa					Travessia de Parques em Nível					-7,0		1,0		-4,0		1,0		-3,0		-2,0		7,0		7,0		7,0	
	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					Travessia de Parques em Nível					5,0		7,0		6,0		9,0		7,0		8,0		7,0		9,0		8,0	
5	Interferências com Recursos Hídricos					Impactos na Qualidade do Ar					-7,0	0,28	-3,0	0,04	-5,0	0,16	1,0	0,00	-3,0	0,13	-2,0	0,05	-5,0	0,42	-7,0	0,17	-6,0	0,28
	Interferências com Recursos Hídricos					Ruidos					-7,0		-5,0		-6,0		1,0		-7,0		-4,0		-7,0		-5,0		-6,0	
	Impactos na Qualidade do Ar					Ruidos					-5,0		-3,0		-4,0		1,0		-7,0		-4,0		5,0		5,0		5,0	
6	Impactos no Uso do Solo urbano					Impactos no Uso do Solo Rural					7,0	0,00	-3,0	0,13	3,0	0,05	1,0	0,00	-5,0	0,28	-3,0	0,13	-7,0	0,00	-7,0	0,20	-7,0	0,01
	Impactos no Uso do Solo urbano					Impactos no Meio Físico					7,0		-3,0		3,0		1,0		5,0		3,0		1,0		-9,0		-5,0	
	Impactos no Uso do Solo Rural					Impactos no Meio Físico					1,0		-3,0		-2,0		1,0		5,0		3,0		7,0		-5,0		2,0	
7	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS CONSTRUTIVOS					-7,0	0,19	-5,0	0,06	-6,0	0,12	3,0	0,22	-5,0	0,19	-2,0	0,07	-5,0	0,12	1,0	0,00	-3,0	0,05
	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					9,0		-5,0		3,0		9,0		-5,0		3,0		-5,0		1,0		-3,0	
	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS AMBIENTAIS					9,0		3,0		6,0		9,0		-5,0		3,0		-5,0		1,0		-3,0	
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS					ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					9,0		1,0		5,0		5,0		-3,0		2,0		3,0		1,0		2,0	
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS					ASPECTOS AMBIENTAIS					9,0		5,0		7,0		9,0		5,0		7,0		-3,0		1,0		-2,0	
	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					ASPECTOS AMBIENTAIS					1,0		5,0		3,0		-5,0		5,0		1,0		-3,0		1,0		-2,0	

										I										J						
										Consultores										Empreiteiros de construção civil						
										24		25		26		27		28		MÉDIA		29		MÉDIA		
										Fernando Antonio Garcia		Newton Vilar Stort		João Gualberto F.G. de Moraes		Fernado Akira Kuwabara		José Roberto R. da Motta				Rodrigo Worms / Sérgio Martins				
MATRIZ	CRITÉRIO A					CRITÉRIO B					PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC		
1	Áreas Favoráveis					Áreas com Algumas Restrições					3,0	0,06	7,0	0,31	5,0	0,17	9,0	0,28	9,0	0,28	6,6	0,23	5,0	0,11	5,0	0,11
	Áreas Favoráveis					Áreas com Severas Restrições					7,0		9,0		7,0		9,0		8,2		9,0		9,0			
	Áreas com Algumas Restrições					Áreas com Severas Restrições					5,0		7,0		5,0		5,0		5,0		5,4		5,0		5,0	
2	Tráfego de Passagem					Tráfego Local					5,0	0,05	5,0	0,28	7,0	0,42	7,0	0,22	3,0	0,54	5,4	0,11	5,0	0,17	5,0	0,17
	Tráfego de Passagem					Tráfego de Pedestres					1,0		5,0		-5,0		5,0		-3,0		1,4		7,0		7,0	
	Tráfego Local					Tráfego de Pedestres					-5,0		5,0		-5,0		3,0		1,0		-1,4		5,0		5,0	
3	Desapropriações de Unidades Produtivas					Desapropriações de Residências					-3,0	0,13	-7,0	0,17	7,0	0,42	1,0	0,00	-5,0	0,13	-2,2	0,00	-9,0	0,20	-9,0	0,20
	Desapropriações de Unidades Produtivas					Reassentamento Populacional					5,0		-5,0		7,0		1,0		-3,0		-7,0		-7,0			
	Desapropriações de Residências					Reassentamento Populacional					5,0		5,0		7,0		1,0		5,0		4,6		5,0		5,0	
4	Vegetação Nativa					Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					-5,0	0,00	-5,0	0,17	-9,0	0,42	3,0	0,00	-5,0	0,28	-4,6	0,19	-5,0	0,11	-5,0	0,11
	Vegetação Nativa					Travessia de Parques em Nível					1,0		5,0		7,0		3,0		9,0		5,0		5,0			
	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					Travessia de Parques em Nível					5,0		7,0		9,0		1,0		9,0		6,2		9,0		9,0	
5	Interferências com Recursos Hídricos					Impactos na Qualidade do Ar					1,0	0,00	-3,0	0,50	-7,0	0,42	1,0	0,00	-5,0	0,13	-3,4	0,17	-9,0	0,54	-9,0	0,54
	Interferências com Recursos Hídricos					Ruidos					-5,0		-5,0		-7,0		1,0		-5,0		-4,6		-7,0			
	Impactos na Qualidade do Ar					Ruidos					-5,0		5,0		7,0		1,0		3,0		2,6		-7,0		-7,0	
6	Impactos no Uso do Solo urbano					Impactos no Uso do Solo Rural					-5,0	0,01	1,0	0,00	-7,0	0,00	-5,0	0,28	-5,0	0,28	-4,6	0,00	7,0	0,17	7,0	0,17
	Impactos no Uso do Solo urbano					Impactos no Meio Físico					1,0		-7,0		1,0		5,0		3,0		1,0		5,0			
	Impactos no Uso do Solo Rural					Impactos no Meio Físico					7,0		-7,0		7,0		5,0		3,0		3,4		-5,0		-5,0	
7	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS CONSTRUTIVOS					1,0	0,06	-5,0	0,08	-7,0	0,71	-3,0	0,12	-9,0	0,19	-5,0	0,01	-7,0	0,22	-7,0	0,22
	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					3,0		-7,0		1,0		-3,0		-9,0		-3,8		-7,0		-7,0	
	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS AMBIENTAIS					5,0		-7,0		1,0		5,0		-9,0		-2,2		5,0		5,0	
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS					ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					1,0		-5,0		5,0		3,0		3,0		1,8		5,0		5,0	
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS					ASPECTOS AMBIENTAIS					5,0		-5,0		5,0		5,0		5,0		3,4		9,0		9,0	
	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					ASPECTOS AMBIENTAIS					5,0		1,0		1,0		5,0		-3,0		2,2		9,0		9,0	

										K				L				M						MÉDIA DE TODOS OS ENTREVISTADOS				
										ONG's				Universidade				Imprensa										
	EXTREMAMENTE	MUITÍSSIMO	MUITO	UM POUCO	MESMA IMPORTÂNCIA	UM POUCO	MUITO	MUITÍSSIMO	EXTREMAMENTE	30	31	MÉDIA		32	33	MÉDIA		34	MÉDIA									
	-9,0	-7,0	-5,0	-3,0	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	Marussia Whately	Laurindo Junqueira			Ivanildo Hespanhol	Luis Enrique Sanchez			Carlos Ernani Brickmann			PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC		
MATRIZ	CRITÉRIO A					CRITÉRIO B					PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC	PESO	RC						
																							PESO					
1	Áreas Favoráveis					Áreas com Algumas Restrições					9,0		9,0		9,0		3,0		5,0		4,0		5,0		5,0		5,3	
	Áreas Favoráveis					Áreas com Severas Restrições					9,0	0,54	9,0	0,54	9,0	0,54	5,0	0,13	7,0	0,28	6,0	0,21	5,0	0,13	5,0	0,19	7,8	0,19
	Áreas com Algumas Restrições					Áreas com Severas Restrições					9,0		9,0		9,0		5,0		7,0		6,0		3,0		3,0		5,4	
2	Tráfego de Passagem					Tráfego Local					1,0		7,0		4,0		5,0		5,0		5,0		7,0		7,0		3,1	
	Tráfego de Passagem					Tráfego de Pedestres					1,0	0,00	7,0	0,42	4,0	0,21	5,0	0,28	7,0	0,17	6,0	0,22	7,0	0,28	7,0	0,28	2,6	0,05
	Tráfego Local					Tráfego de Pedestres					1,0		-7,0		-4,0		5,0		5,0		6,0		5,0		5,0		1,7	
3	Desapropriações de Unidades Produtivas					Desapropriações de Residências					1,0		-7,0		-4,0		3,0		5,0		4,0		1,0		1,0		-1,9	
	Desapropriações de Unidades Produtivas					Reassentamento Populacional					1,0	0,00	-7,0	0,42	-4,0	0,21	3,0	0,13	7,0	0,58	6,0	0,19	-9,0	0,00	-9,0	0,00	-1,6	0,00
	Desapropriações de Residências					Reassentamento Populacional					1,0		-7,0		-4,0		3,0		-7,0		-3,0		-9,0		-9,0		1,0	
4	Vegetação Nativa					Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					-9,0		-9,0		-9,0		-3,0		-9,0		-6,0		-9,0		-9,0		-6,7	
	Vegetação Nativa					Travessia de Parques em Nível					-9,0	0,54	1,0	0,00	-5,0	0,28	-3,0	0,13	5,0	0,28	2,0	0,13	-5,0	0,28	-5,0	0,28	1,9	0,04
	Reflorestamento, Pastagem/ Agricultura					Travessia de Parques em Nível					9,0		9,0		9,0		-3,0		9,0		4,0		9,0		9,0		7,1	
5	Interferências com Recursos Hídricos					Impactos na Qualidade do Ar					1,0		1,0		1,0		-5,0		-5,0		-5,0		-9,0		-9,0		-3,9	
	Interferências com Recursos Hídricos					Ruídos					-9,0	0,00	1,0	0,00	-5,0	0,00	-5,0	0,28	-5,0	0,13	-5,0	0,05	-9,0	0,54	-9,0	0,54	-4,9	0,02
	Impactos na Qualidade do Ar					Ruídos					-9,0		1,0		-5,0		5,0		-3,0		2,0		9,0		9,0		-1,9	
6	Impactos no Uso do Solo urbano					Impactos no Uso do Solo Rural					1,0		-7,0		-4,0		1,0		1,0		1,0		-5,0		-5,0		-2,6	
	Impactos no Uso do Solo urbano					Impactos no Meio Físico					1,0	0,00	-7,0	0,28	-4,0	0,13	1,0	0,00	-3,0	0,00	-2,0	0,00	9,0	0,28	9,0	0,28	1,5	0,04
	Impactos no Uso do Solo Rural					Impactos no Meio Físico					1,0		5,0		3,0		1,0		-3,0		-2,0		9,0		9,0		2,1	
7	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS CONSTRUTIVOS					1,0		-7,0		-4,0		-3,0		1,0		-2,0		-9,0		-9,0		-3,2	
	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					1,0		7,0		4,0		5,0		5,0		5,0		-9,0		-9,0		1,5	
	ASPECTOS ECONÔMICOS					ASPECTOS AMBIENTAIS					9,0		1,0	0,18	6,0	0,15	5,0	0,26	7,0	0,08	6,0	0,14	-5,0	0,05	-5,0	0,05	3,9	0,04
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS					ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					1,0		9,0		6,0		3,0		5,0		4,0		1,0		1,0		3,4	
	ASPECTOS CONSTRUTIVOS					ASPECTOS AMBIENTAIS					9,0		5,0		7,0		3,0		7,0		5,0		5,0		5,0		5,5	
	ASPECTOS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO					ASPECTOS AMBIENTAIS					9,0		1,0		6,0		5,0		5,0		5,0		5,0		5,0		3,9	

Anexo I: Pesos Globais

			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
NÍVEL HIERÁRQUICO	CRITÉRIOS E INDICADORES	MÉDIA DE TODOS OS QUESTIONÁRIOS	Técnicos do governo estadual	Técnicos de governos municipais	Políticos	Entidades profissionais	Associação de moradores	Concessionárias de rodovias	Agente financeiro	Órgãos ambientais	Consultores	Empreiteiros de construção civil	ONG's - Organizações não governamentais	Universidade	Imprensa
1	ECONÔMICOS	0,160	0,111	0,055	0,059	0,137	0,139	0,490	0,089	0,072	0,508	0,254	0,109	0,111	0,669
	AMBIENTAIS	0,572	0,551	0,565	0,622	0,568	0,440	0,116	0,613	0,633	0,271	0,635	0,608	0,543	0,220
	OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA DE TRÁFEGO	0,199	0,241	0,297	0,244	0,249	0,328	0,231	0,208	0,200	0,136	0,077	0,235	0,161	0,055
	CONSTRUTIVOS	0,068	0,097	0,084	0,075	0,046	0,093	0,163	0,089	0,095	0,085	0,034	0,048	0,184	0,055
2	Custo de Implantação	0,160	0,111	0,055	0,059	0,137	0,139	0,490	0,089	0,072	0,508	0,254	0,109	0,111	0,669
	Obras em Superfície	0,013	0,021	0,014	0,013	0,007	0,013	0,027	0,074	0,027	0,012	0,004	0,010	0,031	0,009
	Obras Especiais	0,055	0,076	0,070	0,062	0,039	0,080	0,136	0,015	0,068	0,073	0,030	0,038	0,153	0,046
	Tráfego de Passagem	0,029	0,108	0,025	0,096	0,049	0,162	0,034	0,069	0,065	0,020	0,005	0,024	0,012	0,003
	Tráfego Local	0,072	0,101	0,080	0,120	0,077	0,064	0,109	0,069	0,048	0,077	0,017	0,151	0,036	0,013
	Tráfego de Pedestres	0,097	0,031	0,191	0,029	0,123	0,102	0,087	0,069	0,088	0,039	0,055	0,060	0,113	0,039
	Impactos no Uso do Solo Urbano	0,212	0,180	0,133	0,129	0,080	0,124	0,086	0,477	0,240	0,126	0,043	0,396	0,217	0,033
	Impactos no Uso do Solo Rural	0,101	0,083	0,046	0,142	0,300	0,059	0,011	0,068	0,315	0,030	0,454	0,069	0,217	0,011
	Impactos no Meio Físico	0,259	0,289	0,385	0,351	0,189	0,257	0,019	0,068	0,078	0,114	0,138	0,143	0,109	0,175
3	Áreas Favoráveis	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,002	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001
	Áreas com Severas Restrições	0,009	0,015	0,010	0,009	0,004	0,010	0,020	0,056	0,020	0,009	0,003	0,007	0,022	0,006
	Áreas com Algumas Restrições	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	0,003	0,006	0,013	0,006	0,003	0,001	0,002	0,006	0,003
	Pontes e Viadutos	0,012	0,028	0,010	0,016	0,010	0,010	0,034	0,007	0,015	0,013	0,005	0,006	0,051	0,008
	Túneis	0,044	0,048	0,060	0,047	0,030	0,070	0,102	0,007	0,053	0,060	0,025	0,032	0,102	0,038
	Raio Mínimo	0,013	0,029	0,017	0,064	0,024	0,027	0,023	0,035	0,032	0,005	0,001	0,019	0,006	0,002
	Rampa Máxima	0,017	0,079	0,008	0,032	0,024	0,135	0,011	0,035	0,032	0,015	0,004	0,005	0,006	0,002
	Desapropriações de Unid. Produtivas	0,099	0,034	0,017	0,098	0,044	0,090	0,006	0,043	0,032	0,038	0,033	0,255	0,021	0,016
	Desapropriações de Residências	0,055	0,074	0,028	0,019	0,025	0,027	0,021	0,043	0,088	0,016	0,002	0,101	0,129	0,016
	Reassentamentos Populacionais	0,058	0,072	0,088	0,011	0,010	0,007	0,059	0,390	0,119	0,072	0,007	0,040	0,067	0,002
	Vegetação Nativa	0,037	0,026	0,010	0,088	0,204	0,034	0,002	0,021	0,096	0,007	0,094	0,049	0,083	0,008
	Reflorestamento/Pastagem/Agricultura	0,007	0,005	0,004	0,009	0,019	0,003	0,001	0,004	0,020	0,002	0,026	0,003	0,020	0,001
	Travessia de Parques em nível	0,057	0,052	0,033	0,044	0,077	0,022	0,008	0,043	0,199	0,021	0,334	0,017	0,115	0,003
	Interferências com Recursos Hídricos	0,176	0,197	0,248	0,215	0,134	0,122	0,014	0,006	0,051	0,075	0,106	0,065	0,077	0,136
	Impactos na Qualidade do Ar	0,052	0,068	0,104	0,086	0,040	0,097	0,001	0,031	0,020	0,015	0,025	0,065	0,012	0,007
	Ruídos	0,031	0,023	0,033	0,051	0,015	0,038	0,004	0,031	0,008	0,025	0,007	0,013	0,019	0,032

SEGMENTO	ALTERNATIVA	Média de todos os questionários	ANÁLISES DE SENSIBILIDADE														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	24,73	21,79	22,37	29,10	19,90	6,67	27,39	31,34	19,17	22,23	26,53	19,01	14,19	17,89	30,22	25,41
	2	12,44	28,03	12,53	24,20	13,84	3,71	20,66	9,66	18,70	16,43	18,92	6,68	15,94	13,95	16,93	26,19
	3	12,20	26,88	11,96	22,38	13,49	3,71	19,72	9,79	17,71	15,78	18,40	6,75	15,36	13,05	16,09	24,70
	4	50,63	23,30	53,14	24,32	52,77	85,91	32,23	49,21	44,42	45,62	36,15	67,56	54,50	55,11	36,76	23,71
2	1	22,20	24,14	24,20	26,23	23,53	26,82	23,31	19,56	25,73	24,19	23,19	25,48	21,85	26,52	22,90	25,18
	2	20,94	21,79	22,09	26,91	20,39	18,54	23,17	20,83	22,41	22,01	19,68	20,16	21,31	22,72	23,87	24,35
	3	29,20	29,15	27,54	24,47	29,09	27,92	27,95	30,23	27,18	27,94	29,07	28,53	29,69	26,19	27,35	26,81
	4	27,66	24,93	26,17	22,40	26,99	26,72	25,57	29,38	24,69	25,86	28,05	25,83	27,15	24,56	25,89	23,66
3	1	40,38	28,34	42,15	34,32	40,13	51,49	34,42	40,61	38,04	38,69	46,05	39,91	34,47	42,91	37,47	31,33
	2	35,28	39,49	36,56	32,80	38,80	46,35	34,28	30,54	39,54	37,28	38,45	42,93	35,02	39,58	31,67	36,15
	3	24,34	32,16	21,29	32,87	21,07	2,16	31,30	28,85	22,42	24,03	15,51	17,16	30,51	17,52	30,87	32,52

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO - BID. **Reasentamiento involuntario en los proyectos del BID**. Washington: BID, 1996. (Princípios e Diretrizes, IND96-101).

BELIA, V.; BIDONE, E.D. **Rodovias, recursos naturais e meio ambiente**. 11.ed. Niterói: EDUFF, 1993. 360p.

BITTENCOURT, E. A educação ambiental na engenharia rodoviária. In: SEMINÁRIO NACIONAL: A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS, 1., Foz do Iguaçu, 1999. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1999. p53-60.

BUBLITZ, U. Integração: estradas e conservação de solos e água.. In: SEMINÁRIO NACIONAL: A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS, 1., Foz do Iguaçu, 1999. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1999. p111-116

BUENO, F.S. **Dicionário escolar da língua portuguesa**. 11.ed. Rio de Janeiro: MEC/FENAME, 1981. 1263p.

DEPARTMENT OF TRANSPORT, HIGHWAYS, SAFETY AND TRAFFIC. **Choice between options for trunk road schemes**. London: 1982. (Departmental Advice Note)

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. - DERSA. **Rodoanel metropolitano de São Paulo – trecho oeste: relatório de impacto ambiental**. São Paulo: FESPSP, 1998. (Relatório de Impacto Ambiental – RIMA)

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. - DERSA. **Rodoanel metropolitano de São Paulo – trecho norte: estudo funcional de alternativas de traçado**. São Paulo: Planservi Engenharia, 1999. (Documento Técnico)

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. - DERSA. **Plano Diretor de Desenvolvimento de Transporte - PDDT Vivo 2000-2020.** São Paulo: Secretaria dos Transportes do Governo do Estado de São Paulo, 2000. (Relatório Executivo)

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. - DERSA. **Definição de prioridades para estradas vicinais.** São Paulo: Secretaria dos Transportes do Governo do Estado de São Paulo, 2001. (Documento Técnico)

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. - DERSA. **Relatório de impacto ambiental: Rodoanel Mário Covas – trechos Norte, Leste e Sul.** São Paulo: Protran Engenharia, 2002. (Relatório de Impacto Ambiental – RIMA)

DONNELLY, A.; DALAL-CLAYTON, B.; HUGHES, R. **A directory of impact assessment guidelines – Strategic Environmental Assessment – SEA.** 2.ed. London: International Institute for Environment and Development – IIED, 1998. 220p.

DUTTENHOEFFER, R.; PODWAL, B.E.; KIRKYL, V.A. Highway engineering, community and environmental considerations. In: MERIT, F.S. **Standard handbook for civil engineers.** McGraw-Hill, 1976. p16.86 – 16.89.

EVANS, D.I.; WILKES, P.F. Road planning in the United Kingdom. **Routes Roads,** Paris, v.2, n.277, p.10, Aug. 1992.

EXPERT CHOICE. **User manual.** Pittsburgh: RWS, 1995. 534p.

FIGUEIREDO, W.C. **A KBES to analyze the environmental impact of proposed highway design alternatives.** Orlando, 1995. 169p. Tese (Doutorado) – University of Central Florida.

GAMBARD, J-M. at al. Urban road design and architecture. In: WORLD ROAD CONGRESS – PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ROAD CONGRESSESS – PIARC, 20., Montreal, 1995. **Committees reports: urban areas**. Paris: PIARC, 1995.

GOMES, L.F.A.M.; LIMA, M.M.P.P. TODIM: basics and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts. **Foundations of computing and decision sciences**, v.16, p.113-127, 1991.

GRAEUB, W.C.; GRANT, A.A.; WINFREY, R. Impact of environmental controls on highway. **Transportation Engineering Journal of American Society of Civil Engineers**, New York, v.98, n.TE2, p.263-274, May. 1972.

KALAMARAS, G.S. et al. Application of multicriteria analysis to select the best highway alignment. **Tunnelling and underground space technology**, v.15, n.4, p.415-420, 2000.

LEANDRO, C.H.P.; CAMPOS, V.B.G.; LOUREIRO, C.F.G. Procedimento multicriterial para caracterização física de um sistema de controle de tráfego urbano. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 14., Gramado, 2000. **Relatórios de teses e dissertações em andamento**. Rio de Janeiro: ANPET, 2000. p91-94.

LISBOA, M.V.; WAISMAN, J. Contribuição para tomada de decisão na classificação e seleção de alternativas de traçado para rodovias em trechos urbanos. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 14., Gramado, 2000. **Relatórios de teses e dissertações em andamento**. Rio de Janeiro: ANPET, 2000. p.111-114.

LOBER R.; WILSON R.L. A55 North Wales coastal St Asaph to Aber: route location. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers**, London, v.84, part 1, p.895-937, Oct. 1988.

LOPES, J.A.U. Estudos e relatórios de impacto ambiental: aspectos práticos. In: SEMINÁRIO NACIONAL: A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS, Foz do Iguaçu, 1999. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1999. p.15-38.

MCCORMACK, S. Agents of change. **World highways**, Swanley, v.10, n.3, p.32-34, Apr. 2001.

MORITA, H. **Revisão do método de análise hierárquica – MAH (AHP – analytic hierarchy process)**. São Paulo, 1998. 152p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, O. **O guia MAPOGRAF**. 28.ed. São Paulo: MAPOGRAF, 1998. 413p.

OZERNOY, V.M. Some fundamental problems in the selection and justification of discrete alternative MCDM methods. In: CLÍMACO, J. **Multicriteria Analysis**. Coimbra: Springer, 1994. p.103-111.

PALHARES, G.L. **Avaliação de alternativas de transporte no corredor Rio de Janeiro-Niterói-São Gonçalo-Itaboraí: o método da análise hierárquica multicriterial**. Rio de Janeiro, 2000. 190p. Trabalho de Graduação - PET/COPPE/UFRJ.

PASSOUNNEAU, J.R.; GUNNERSON, C.G.; MILLER, D.R. Environmental engineering. In: BAKER, R. F. **Handbook of highway engineering**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1975. p140-164.

PLOWMAN, E.G.; IMHOFF, E.A. The inevitable compromise – highway vs. the environment. **Traffic Quartely**, New York, v.26, n.2, p177-188, Apr. 1972.

POMERANZ, L. **Avaliação de projetos públicos. Metodologia alternativa.** São Paulo: IPE/USP, 1992. 141p.

PRESTON, E.S. Route location. In: BAKER, R. F. **Handbook of highway engineering.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1975. p187-216.

PRIME ENGENHARIA / MUSEO NOEL KEMPF MERCADO / ASOCIACIÓN POTLATCH. **EEIA y evaluación ambiental estratégica del corredor Santa Cruz – Puerto Suárez – Informe final.** São Paulo: Consórcio Prime Engenharia, 2000. (Resumo Executivo)

RABBANI, S.J.R.; RABBANI, S.R. **Decisions in transportation with the Analytic Hierarchy Process.** Campina Grande: Ricardo Bezerra, 1996. 200p.

RAMANATHAN, R. A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment. **Journal of environmental management**, v63, p.24-35, 2001.

REIS, J.L.B.C. Licenciamento ambiental. In: SEMINÁRIO NACIONAL: A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS, 1., Foz do Iguaçu, 1999. **Anais.** Curitiba: FUPEF, 1999. p.185-194.

SAATY, T.L. **The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation.** New York; London: McGraw-Hill, 1980. 287p.

SAATY, T.L. DECISION MAKING WITH DEPENDENCE AND FEEDBACK. THE ANALYTIC NETWORK PROCESS. Pittsburgh. 1996. Descrição da metodologia ANP. Disponível em: <<http://www.expertchoice.com/books/anp>>. Acesso em: 20 de mar. 2001.

THE CONSULTING ENGINEER. Part of the landscape: a motorway designed from the outset to blend into the environment. London: Northwood Publications, v.36, n.12, p.27-29, Dec. 1972.

UZELAC, D.; VELJKOVIC, M. Assesment of environment impact as part of the road project realization. In: WORLD ROAD CONGRESS – PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ROAD CONGRESSESS – PIARC, 20, Montreal, 1995. **Communications/Papers**. Paris: PIARC, 1995.

VERA, L.A.N.; WAISMAN, J. O comportamento dos usuários de automóveis: um estudo sob a ótica do desenvolvimento sustentável na área de transportes. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 14., Gramado, 2000. **Relatórios de teses e dissertações em andamento**. Rio de Janeiro: ANPET. 2000. p.159-162.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. 2.ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1992. 154p.

WORLD ROAD CONGRESS, 20., Montreal, 1955. **The Environment**. Paris: PIARC, 1995.

ZHU, X.; DALE, A.P. JavaAHP: a web-based decision tool for natural resource and environmental management. **Environmental modelling & software**, v.16, p.251-262, 2001.