



CONTRIBUIÇÃO AO PROCESSO DE PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES PELO USO DO MÉTODO DE ANÁLISE
HIERÁRQUICA

Saul Germano Rabello Quadros

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes.

Orientador: Carlos David Nassi

Rio de Janeiro
Março de 2014

CONTRIBUIÇÃO AO PROCESSO DE PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES PELO USO DO MÉTODO DE ANÁLISE
HIERÁRQUICA

Saul Germano Rabello Quadros

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Prof. Carlos David Nassi, Dr. Ing.

Prof. Glaydston Mattos Ribeiro, D.Sc.

Prof. Hostilio Xavier Ratton Neto, Dr.

Prof. Helder Queiroz Pinto Junior, D.Sc.

Prof. Luiz Felipe Roris Rodrigues Scavarda do Carmo, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2014

Quadros, Saul Germano Rabello

Contribuição ao Processo de Priorização de Investimentos em Infraestrutura de Transportes pelo Uso do Método de Análise Hierárquica / Saul Germano Rabello Quadros. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2014.

XIX, 301 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Carlos David Nassi

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2014.

Referências Bibliográficas: p. 247-258.

1. Análise Hierárquica. 2. Planejamento de Transportes. 3. Transporte Intermodal. I. Nassi, Carlos David. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

Dedico este trabalho a minha esposa, Rosa, a meu filho, Felipe e a minha querida avó, Diva Pitanga Quadros (*in memoriam*), cujo carinho e dedicação à minha formação permitiram o meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo milagre da vida.

Ao Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ e seu corpo docente, por ter oferecido todo o apoio necessário para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ing. Carlos David Nassi, pela orientação, confiança no meu trabalho e amizade dispensada ao longo do desenvolvimento desta Tese, além da compreensão e auxílio constante, para que fosse possível conciliar minhas atividades profissionais com as tarefas acadêmicas. Por isso, muito obrigado.

Ao Prof. D.Sc. Glaydston Mattos Ribeiro, que além de amigo, se disponibilizou à colaborar no auxílio ao uso de sistemas e bases de dados geográficas, além de importantes indicações científicas.

A cada um dos professores da Banca Examinadora, Prof. Dr. Hostilio Xavier Ratton Neto, Prof. D.Sc. Helder Queiroz Pinto Junior e Prof. D.Sc. Luiz Felipe Roris Rodrigues Scavarda do Carmo, pela dedicação de seu tempo, atenção e competência na avaliação, crítica e pelas contribuições para o aperfeiçoamento desta tese.

À Secretaria de Política Nacional de Transportes – SPNT do Ministério dos Transportes, pela disponibilização dos dados que possibilitaram a experimentação prática desta tese. Agradecendo de forma especial ao Dr. Marcelo Perrupato, Dr. Paulo Schubnell e Dr. Reynaldo Soares, pelo incentivo e colaboração.

Ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT pelo apoio no processo de avaliação de informações de investimentos em infraestrutura de transportes, relevantes para a elaboração dos resultados desta Tese. Agradecendo de forma especial ao Dr. Adailton Cardoso Dias, Dr. Olimpio Luiz Pacheco de Moraes e Renato Gomes dos Santos, pelo incentivo e colaboração.

A todos os profissionais que colaboraram com suas avaliações nas ponderações dos critérios definidos na proposição metodológica apresentada neste trabalho.

À Fundação Marechal Roberto Trompowsky Leitão de Almeida, que incentivou a minha atividade acadêmica. Agradecendo de forma especial ao Gen Bda Sérgio Tavares Carneiro e Cel Antonio Carlos Guelfi.

À minha família, que sempre me apoiou, me deu meios e acreditou em mim. Em

especial ao meu tio Fabrício, às minhas tias Eunice e Rita, ao meu avô Saul, à minha avó Nira, à minha Mãe, irmãos, sobrinhos e primos. Um agradecimento maior à minha avó, Dona Diva (*in memoriam*), que me acolheu aos quinze anos de idade quando precisei deixar o lar paterno.

Agradeço de forma especialíssima à minha esposa e filho, pela paciência e compreensão das horas, dias e meses em que não pude me dedicar à família para que este trabalho fosse concluído.

Aos amigos e colegas que compartilharam e incentivaram o desenvolvimento desta Tese. A todos os demais colegas que por algum motivo não foram aqui citados.

Um agradecimento especial à minha professora e orientadora acadêmica na graduação, Prof^a. D.Sc. Maria Cascão Ferreira de Almeida, cujas orientações e incentivo foram fundamentais para que eu viesse a cursar o mestrado em Engenharia de Transportes, no Instituto Militar de Engenharia, e com isso, ingressasse no campo da pesquisa científica. Suas orientações influenciaram minhas decisões profissionais. Por isso, muito obrigado.

Por fim, meu agradecimento aos meus colegas de trabalho, Rodrigo Vianna, Gerusa Ravache, Alexandre Monteiro e Wallace de Castro Cunha, que cotidianamente acompanharam, incentivaram e colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço em especial a minha colega de trabalho e doutorado Beatriz Berti, pelos incentivos, colaborações técnicas e as valorosas trocas de ideias que permitiram os resultados registrados nesta Tese.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

CONTRIBUIÇÃO AO PROCESSO DE PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES PELO USO DO MÉTODO DE ANÁLISE
HIERÁRQUICA

Saul Germano Rabello Quadros

Março/2014

Orientador: Carlos David Nassi

Programa: Engenharia de Transportes

Este trabalho desenvolve estudos e pesquisas visando uma proposição de utilização do Método de Análise Hierárquica, na avaliação da priorização dos investimentos governamentais de infraestrutura de transportes. Essa proposição considera como diretriz metodológica o uso do citado método no tratamento da complexidade técnica, institucional e executiva, envolvidas nas ações de investimentos no setor de transportes, em face dos objetivos que se deseja alcançar com tais investimentos. Confrontando as principais e consagradas técnicas de avaliação de investimentos governamentais, a proposição justifica-se pela capacidade do Método de Análise Hierárquica em tratar, além dos parâmetros normalmente utilizados por essas principais técnicas, outras variáveis. Esses parâmetros e variáveis são todos considerados como critérios voltados à decisão das prioridades, e seus pesos decorrem da avaliação diversificada de distintos especialistas envolvidos com os investimentos de infraestrutura de transportes. Para validação da proposição descrita e avaliação de seu uso como metodologia a ser considerada nas tomadas de decisões do planejamento estratégico dos transportes, estrutura-se como elementos de aplicação, a hierarquização dos projetos indicados no portfólio do Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT, desenvolvido e utilizado pelo Governo Federal do Brasil.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

CONTRIBUTION THE PRIORITIZATION INVESTMENT IN TRANSPORT
INFRASTRUCTURE FOR THE USE OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Saul Germano Rabello Quadros

March/2014

Advisor: Carlos David Nassi

Department: Transportation Engineering

This paper develops studies and researches in a proposal for use of the Analytical Hierarchy Process, the evaluation of government investment prioritization of transport infrastructure. This proposal considers the use of methodological guidelines mentioned method in the treatment of complex technical, institutional and executive involved in the actions of investment in the transportation sector, towards the goals you want to achieve with such investments. Confronting the major and dedicated technical evaluation of government investment, the proposal is justified by the ability of the Analytical Hierarchy Process to treat, beyond the parameters normally used by these main techniques, other variables. These parameters and variables are all considered criteria addressed to the decision of priorities, and their weights varied result of the evaluation of different specialists involved with the investments of transport infrastructure. To validate the proposition described and its use as an assessment methodology to be considered in making decisions of strategic planning of transport, is structured as elements of the case study, the ranking of projects listed in the project portfolio of the National Plan Logistics and Transport – PNLТ, developed and operated by the Federal Government of Brazil.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XVI
ÍNDICE DE QUADROS	XVIII
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. A DECISÃO NO CONTEXTO DOS TRANSPORTES.....	2
1.2. OBJETIVO E ORIGINALIDADE.....	5
1.3. RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA.....	7
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	9
CAPÍTULO 2. INVESTIMENTO SOB A ÓTICA DO SISTEMA VIÁRIO NACIONAL	11
2.1. PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES	11
2.2. VISÃO SISTÊMICA DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DOS TRANSPORTES NO BRASIL	16
2.3. MODELOS DE TRANSPORTES.....	21
2.3.1 Síntese sobre o Desenvolvimento e o Uso de Modelos Nacionais de Transportes	22
2.3.2 Análise da Estrutura Metodológica Adotado para o Desenvolvimento do PNLT	27
CAPÍTULO 3. AVALIAÇÕES DE INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES	41
3.1 DEFINIÇÕES DOS CUSTOS E DOS BENEFÍCIOS DOS INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES	42
3.2 ABORDAGENS METODOLÓGICAS UTILIZADAS NA AVALIAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES	50
3.2.1. Análise de Custo e Benefício	51
3.2.1 Análise de Custo Efetividade e Custo Utilidade	57
3.2.3 Pesquisa Operacional.....	59
3.2.4 Análise Multicritério	61
CAPÍTULO 4. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA TRANSPORTES.....	82
4.1. POTENCIALIDADES DOS SISTEMAS GEORREFERENCIADOS	83
4.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PLANEJAMENTO SISTÊMICO DE TRANSPORTE COM UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS GEORREFERENCIADOS	87
CAPÍTULO 5. PROCEDIMENTO PROPOSTO	98
5.1. PROPOSIÇÃO PARA APLICAÇÃO DO AHP NA PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE.....	98
5.1.1 Conceituação do Procedimento Proposto.....	98
5.1.2 Definição da Estrutura de Aplicação do AHP	104

5.2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS ALTERNATIVAS DE SOLUÇÕES	130
5.3. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS PARA APLICAÇÃO DO AHP	135
CAPÍTULO 6. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO	138
6.1. PONDERAÇÕES DOS CRITÉRIOS	138
6.2. DENIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS	146
6.2.1 Relevância do Vetor Logístico Amazônico	147
6.2.2 Identificação dos Projetos Definidos como Alternativas de Soluções	150
6.3. ANÁLISES E PONDERAÇÕES DAS ALTERNATIVAS	156
6.3.1 Redução dos Custos de Transportes – C1	161
6.3.2 Ampliação da Taxa Interna de Retorno – C2	165
6.3.3 Ampliação da Integração Modal – C3	166
6.3.4 Ampliação da Oferta de Transporte Regional – C4	167
6.3.5 Redução das Desigualdades Regionais – C5	175
6.3.6 Redução das Interfaces Ambientais – C6	177
6.3.7 Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos – C7	178
CAPÍTULO 7. RESULTADOS DA APLICAÇÃO	204
7.1 DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS	204
7.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	216
7.3. ANÁLISES DOS RESULTADOS	230
7.3.1 Significância dos Resultados em Relação ao Objetivo Principal	230
7.3.2 Idiossincrasias entre o Planejamento e a Execução Governamental	231
CAPÍTULO 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	240
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	247
APÊNDICE I - PORTFÓLIO DE PROJETOS DO PNLT: VERSÃO 2010	259
I.1 IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E INTERVENÇÕES NECESSÁRIAS ..	259
I.2 DEFINIÇÃO DE PROJETOS	260
APÊNDICE II – PLANILHAS EM EXCEL – MATRIZ DE CRITÉRIOS.	270
APÊNDICE III – MATRIZES DE CRITÉRIOS PREENCHIDAS.	273
APÊNDICE IV – PESOS DOS CRITÉRIOS EM CADA ALTERNATIVA	292
APÊNDICE V – HIERARQUIA DAS ALTERNATIVAS POR CRITÉRIO	294
APÊNDICE VI – FICHAS DE DESEMPENHO EXECUTIVO DOS PROJETOS	297

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Componentes do Transporte	13
Figura 3.1: Custos Sociais, Internos e Externos	43
Figura 3.2: Composição Gráfica do Custo Generalizado.....	48
Figura 4.1: Mapa de Processos de Geoprocessamento para Atualização da Base.....	86
Figura 4.2: Atributos e Domínios de Entidade Geográfica Trecho Rodoviário, Definido por Linha (Dado como Exemplo o Trecho Rodoviário de Acesso ao Porto de Rio Grande, no Rio Grande do Sul).....	91
Figura 4.3: Conectores de Ligação entre a Rede de Transporte e Elementos Territoriais Representativos da Demanda, Estruturados em Sistemas de Informações Geográficas para Transportes (SIG-T).....	92
Figura 4.4: Camadas: Exemplo de Rodovias Federais Inseridas no Polo Rodoviário de Pelotas, no Estado do Rio Grande do Sul e Municípios.....	93
Figura 4.5: Fluxograma Metodológico para Organização do Banco de Dados Georreferenciado Aplicado ao Planejamento Sistemático dos Transportes.....	95
Figura 4.6: Rotas de Caminhos Mínimos com Destino em Rio Grande/RS.....	96
Figura 5.1: Fluxograma das Etapas, Processos e Relações de Atividades para Validação dos Projetos Visando à Priorização de Investimentos.....	101
Figura 5.2: Fluxograma das Etapas, Processos e Relações de Atividades para Aplicação do AHP.....	102
Figura 5.3: Estrutura Hierárquica Proposta para Aplicação do AHP.....	107
Figura 5.4: Exemplo de um Modelo de Identificação de Projeto de Infraestrutura de Transportes.....	134
Figura 5.5: Exemplo de um Modelo de Identificação de Projeto de Infraestrutura de Transportes (Continuação).....	134
Figura 6.1: Prioridades Entre Critérios – Resultados Combinados.....	140
Figura 6.2: Prioridades Entre Critérios – Resultados do Grupo Governamental (I)....	141
Figura 6.3: Prioridades Entre Critérios – Resultados do Grupo Acadêmico (II).....	142
Figura 6.4: Prioridades Entre Critérios – Resultados do Grupo Não Governamental (III).....	142
Figura 6.5: Prioridades Entre Critérios – Resultados do Grupo Especialistas (IV)....	142
Figura 6.6: Espacialização Territorial dos Projetos Definidos como Alternativas.....	159
Figura 6.7: Rede Rodoviária com Rodovias Pavimentadas e Não Pavimentadas.....	170
Figura 6.8: Rede Rodoviária com Rodovias Pavimentadas.....	170
Figura 6.9: Distribuição Percentual de Produtos Transportados pelo Sistema Ferroviário	185
Figura 6.10: Parâmetros de Eficiência Energética, Consumo de Combustível e Emissões.....	192

Figura 6.11: Cálculo da Emissão de CO ₂ por Veículos Rodoviários – Passeio.....	200
Figura 7.1: Grade de Valores Correspondentes aos Pesos Normalizados - Software Expert Choice.....	206
Figura 7.2: Pesos Normalizados “C1” Inseridos Diretamente no Software Expert Choice.....	207
Figura 7.3: Hierarquização das Alternativas – Resultado Combinação Global.....	207
Figura 7.4: Hierarquização das Alternativas – Resultados Combinados Critério C1. .	212
Figura 7.5: Hierarquização das Alternativas – Resultados Grupo Governamental (I).	213
Figura 7.6: Hierarquização das Alternativas – Resultados Grupo Acadêmico (II).....	213
Figura 7.7: Hierarquização das Alternativas – Resultados Grupo Não Governamental (III).	214
Figura 7.8: Hierarquização das Alternativas – Resultados do Grupo Especialistas (IV).	214
Figura 7.9: Gráfico de Performance das Alternativas – Combinação Global.....	217
Figura 7.10: Gráfico de Performance das Alternativas – Combinação Global – Análise de Sensibilidade, Cenário (A).....	218
Figura 7.11: Gráfico de Performance das Alternativas – Combinação Global – Análise de Sensibilidade, Cenário (B).....	219
Figura 7.12: Gráfico de Performance das Alternativas – Combinação Global – Análise de Sensibilidade, Cenário (C).....	222
Figura 7.13: Gráfico de Performance das Alternativas – Combinação Global – Análise de Sensibilidade, Cenário (D).....	223
Figura 7.14: Gráfico de Performance , Anulação - “Ampliação da Viabilidade do Projeto, C2”.....	226
Figura 7.15: Gráfico de Performance , Anulação - “Ampliação da Integração Modal, C3”.....	226
Figura 7.16: Gráfico de Performance , Anulação - “Ampliação da Oferta de Transporte, C4”.....	226
Figura 7.17: Gráfico de Performance , Anulação - “Redução das Desigualdades Regionais, C5”.....	227
Figura 7.18: Gráfico de Performance , Anulação - “Redução das Emissões de Poluentes, C7”.....	227
Figura 7.19: Gráfico Dynamic - Alteração de Posição entre “A01_8” E “A03_1”.	228
Figura 7.20: Gradiente de Sensibilidade - Alteração de Posição entre “A01_8” E “A03_1”.....	229
Figura 7.21: Ciclo de Vida Executivo dos Projetos de Infraestrutura de Transportes em Âmbito Federal.....	235
Figura 7.22: Cronograma Executivo das Fases de Implantação de Projetos de Infraestrutura de Transportes em Âmbito Federal.....	236
Figura I.1: Localização dos Projetos Selecionados para Análise.....	262

Figura I.2: Vetores Logísticos da Organização Espacial Brasileira.....	266
Figura II.1: Terceira Planilha Excel de Orientação aos Especialistas: Matriz de Critérios.	271
Figura II.2: Exemplo de Grau de Consistência Adequado: Terceira Planilha Excel de Orientação aos Especialistas, Matriz de Critérios.	272
Figura III.1: Configuração dos Participantes no Projeto de Aplicação do AHP – Expert Choice.....	274
Figura III.2: Ponderações do Especialista “E01_I” e Respectivas Prioridades dos Critérios	275
Figura III.3: Ponderações do Especialista “E02_I” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	275
Figura III.4: Ponderações do Especialista “E03_I” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	276
Figura III.5: Ponderações do Especialista “E04_I” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	276
Figura III.6: Ponderações do Especialista “E05_I” E Respectivas Prioridades dos Critérios.....	277
Figura III.7: Ponderações do Especialista “E06_I” E Respectivas Prioridades Dos Critérios.....	277
Figura III.8: Ponderações do Especialista “E07_I” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	278
Figura III.9: Ponderações do Especialista “E08_I” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	278
Figura III.10: Ponderações do Especialista “E09_I” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	279
Figura III.11: Ponderações do Especialista “E10_I” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	279
Figura III.12: Ponderações do Especialista “E01_II” e Respectivas Prioridades dos Critérios	280
Figura III.13: Ponderações do Especialista “E02_II” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	280
Figura III.14: Ponderações do Especialista “E03_II” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	281
Figura III.15: Ponderações do Especialista “E04_II” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	281
Figura III.16: Ponderações do Especialista “E05_II” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	282
Figura III.17: Ponderações do Especialista “E06_II” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	282
Figura III.18: Ponderações do Especialista “E07_II” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	283

Figura III.19: Ponderações do Especialista “E08_II” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	283
Figura III.20: Ponderações do Especialista “E09_II” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	284
Figura III.21: Ponderações do Especialista “E01_III” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	284
Figura III.22: Ponderações do Especialista “E02_III” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	285
Figura III.23: Ponderações do Especialista “E03_III” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	285
Figura III.24 :Ponderações do Especialista “E04_III” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	286
Figura III.25: Ponderações do Especialista “E05_III” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	286
Figura III.26: Ponderações do Especialista “E06_III” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	287
Figura III.27: Ponderações do Especialista “E01_IV” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	287
Figura III.28: Ponderações do Especialista “E02_IV” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	288
Figura III.29: Ponderações do Especialista “E03_IV” e Respectivas Prioridades dos Critérios.....	288
Figura III.30: Ponderações do Especialista “E04_IV” E Respectivas Prioridades dos Critérios.....	289
Figura III.31: Ponderações do Especialista “E05_IV” E Respectivas Prioridades dos Critérios.....	289
Figura III.32: Ponderações do Especialista “E06_IV” E Respectivas Prioridades dos Critérios.....	290
Figura III.33: Ponderações do Especialista “E07_IV” E Respectivas Prioridades dos Critérios.....	290
Figura III.34: Ponderações do Especialista “E08_IV” E Respectivas Prioridades dos Critérios.....	291
Figura IV.1: Pesos Normalizados do Critério “C1” em Cada Alternativa.....	292
Figura IV.2: Pesos Normalizados do Critério “C2” em Cada Alternativa.....	292
Figura IV.3: Pesos Normalizados do Critério “C3” em Cada Alternativa.....	293
Figura IV.4: Pesos Normalizados do Critério “C4” em Cada Alternativa.....	293
Figura IV.5: Pesos Normalizados do Critério “C5” em Cada Alternativa.....	293
Figura IV.6: Pesos Normalizados do Critério “C6” em Cada Alternativa.....	293
Figura IV.7: Pesos Normalizados do Critério “C7” em Cada Alternativa.....	293
Figura V.1: Hierarquia de Prioridades das Alternativas Somente em Relação ao Critério	

“C1”	294
Figura V.2: Hierarquia de Prioridades das Alternativas Somente em Relação ao Critério “C2”	294
Figura V.3: Hierarquia de Prioridades das Alternativas Somente em Relação ao Critério “C3”	295
Figura V.4: Hierarquia de Prioridades das Alternativas Somente em Relação ao Critério “C4”	295
Figura V.5: Hierarquia de Prioridades das Alternativas Somente em Relação ao Critério “C5”	295
Figura V.6: Hierarquia de Prioridades das Alternativas Somente em Relação ao Critério “C6”	296
Figura V.7: Hierarquia de Prioridades das Alternativas Somente em Relação ao Critério “C7”	296

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1: Proposição de critérios e suas especificações em níveis de avaliação	105
Tabela 5.2: Matriz comparativa dos critérios definidos para ponderação par a par – proposta de aplicação do AHP.	111
Tabela 5.3: Matriz comparativa normalizada – proposta de aplicação do AHP	113
Tabela 5.4: Identificação dos projetos – alternativas de soluções – proposta de aplicação do AHP	117
Tabela 5.5: Pesos normalizados dos projetos em cada critério - relação percentual com o respectivo somatório total – proposta de aplicação do AHP.....	120
Tabela 5.6: Quantitativos dos critérios de cada projeto normalizados em relação à referência de maior eficiência – proposta de aplicação do AHP	123
Tabela 5.7: Pesos normalizados dos projetos em cada critério - relação percentual com o respectivo somatório total, com base nos valores ajustados – proposta de aplicação do AHP	124
Tabela 5.8: Ajuste na notação dos pesos normalizados dos projetos em cada critério - relação percentual com o respectivo somatório total, com base nos valores ajustados – proposta de aplicação do AHP.	126
Tabela 5.9: Pesos dos critérios e pesos normalizados dos projetos em cada critério – proposta de aplicação do AHP.	127
Tabela 5.10: Pesos finais da hierarquização – proposta de aplicação do AHP.	128
Tabela 5.11: Projetos e respectivos pesos finais – proposta de aplicação do AHP.	129
Tabela 6.1: Especialistas colaboradores nas ponderações pareadas dos critérios de aplicação do AHP.	139
Tabela 6.2: Sigla de identificação dos critérios propostos	140
Tabela 6.3: Identificação dos projetos selecionados do Vetor Logístico Amazônico.....	151
Tabela 6.4: Sigla de identificação dos Projetos.....	157
Tabela 6.5: Estrutura de identificação dos valores (pesos) dos critérios em cada alternativa.	158
Tabela 6.6: Valor do benefício financeiro e econômico por alternativa selecionada.....	164
Tabela 6.7: Valor da TIR por alternativa selecionada.	165
Tabela 6.8: Distribuição tipológica dos Pontos de Integração por alternativa selecionada. .	166
Tabela 6.9: Quantidade de Pontos de Integração por alternativa selecionada.....	167
Tabela 6.10: Densidade territorial viária, por modo de transporte e alternativas.....	174
Tabela 6.11: Percentual de ampliação da oferta de transporte regional por alternativa selecionada.....	175
Tabela 6.12: Valores médios dos <i>IDHs</i> associados às alternativas.	177
Tabela 6.13: Extensões referentes às interfaces ambientais associados às alternativas.....	178
Tabela 6.14: Emissão do gás CO ₂ , por modo de transporte e alternativas, segundo produção quilométrica.	199

Tabela 6.15: Emissão do gás CO ₂ , para alternativas do modo rodoviário – veículos de passeio e coletivo.....	201
Tabela 6.16: Valor da Emissão de CO ₂ por alternativa selecionada.....	202
Tabela 6.17: Valor da Emissão de CO ₂ por alternativa selecionada.....	203
Tabela 7.1: Estrutura de identificação dos valores (pesos) dos critérios em cada alternativa.	205
Tabela 7.2: Estrutura de identificação dos valores (pesos) dos critérios em cada alternativa.	208
Tabela 7.3: Valor do benefício financeiro e econômico por alternativa.	212
Tabela 7.4: Variação da hierarquia de prioridade para “CI” nulo.....	220
Tabela 7.5: Variação da hierarquia de prioridade para “CI” nulo.....	224
Tabela 7.6: Estrutura de identificação dos valores (pesos) dos critérios em cada alternativa.	233
Tabela I.1 – Tipos de intervenção considerada para cada modo de transporte.	260
Tabela I.2: Identificação Detalhada dos projetos selecionados do Vetor Logístico Amazônico	268
Tabela III.1: Sigla de identificação dos critérios propostos.	274

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1: Principais modelos nacionais de transportes europeus.....	24
Quadro 2.2: Critérios de projeção considerados para produtos relevantes.....	33
Quadro 3.1: Aplicações da metodologia multicritério – tipo de uso, critérios e autores.....	63
Quadro 3.2: Comparações do AHP.	73
Quadro 3.3: Exemplo de composição da matriz de julgamento – AHP.	73
Quadro 3.4: Índices de consistência aleatória (<i>IR</i>).	75
Quadro 4.1: Atributo e domínio de um trecho rodoviário.....	90
Quadro 5.1: Instituições selecionadas como representativas para participação no processo de ponderação dos critérios.	109
Quadro 5.2: Cálculo do vetor de Eigen.	114
Quadro 5.3: Valor principal do vetor de Eigen.	115
Quadro 6.1: Percentual do Vetor Logístico Amazônico no território brasileiro.	148
Quadro 6.2: Extensões quilométricas dos projetos selecionados.	155
Quadro 6.3: Extensões quilométricas das redes viárias inseridas no Vetor Logístico Amazônico.	155
Quadro 6.4: Reduções de custos financeiros e econômicos – Benefícios, PNLT, 2023.	163
Quadro 6.5: Parâmetros utilizados no calculo da densidade territorial rodoviária.....	169
Quadro 6.6: Parâmetros utilizados no calculo da densidade territorial das rodovias pavimentadas.	171
Quadro 6.7: Parâmetros utilizados no calculo da densidade territorial ferroviária.	172
Quadro 6.8: Extensão das hidrovias navegáveis no Vetor Logístico Amazônico.....	172
Quadro 6.9: Parâmetros utilizados no calculo da densidade territorial hidroviária.....	173
Quadro 6.10: Variação histórica de emissão de Gases do Efeito Estufa pela operação do transporte ferroviário de cargas no Brasil.....	186
Quadro 6.11: Extensão (km) da malha ferroviária nacional concedida, em 2011.....	187
Quadro 6.12: Produção do transporte de cargas anual por concessionária, em milhões de tku.	195
Quadro I.1 – Lista detalhada de projetos do Vetor Amazônico	261
Quadro I.2: Lista de agrupamentos simulados.	263
Quadro VI.1: Informações executivas da alternativa “A01_1”	298
Quadro VI.2: Informações executivas da alternativa “A01_2”.	298
Quadro VI.3: Informações executivas da alternativa “A01_3”.	299
Quadro VI.4: Informações executivas da alternativa “A01_4”.	299
Quadro VI.5: Informações executivas da alternativa “A01_6”.	299

Quadro VI.6: Informações executivas da alternativa “A01_8”	300
Quadro VI.7: Informações executivas da alternativa “A01_9”	300
Quadro VI.8: Informações executivas da alternativa “A01_12”	300
Quadro VI.9: Informações executivas da alternativa “A02_1”	301
Quadro VI.10: Informações executivas da alternativa “A03_1”	301

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

Para GALINDO (2009), um método adequado de planejamento (e sua execução) exige um entendimento do objeto que se deseja atingir e deve considerar: (i) percepção e completude de seus elementos ou dimensões; e (ii) sistematização dos requisitos necessários para se definir e alcançar o estado satisfatório para o objeto.

Assim, as decisões de investimento, sustentadas pelo planejamento, estão no centro de qualquer estratégia de desenvolvimento. O crescimento econômico e o bem-estar social dependem do capital produtivo, da qualidade da infraestrutura, capital humano, conhecimento, produtividade e qualidade das instituições. Todos estes ingredientes de desenvolvimento implicam - em certa medida - na difícil decisão de aplicar recursos econômicos, em um determinado momento, na esperança de auferir benefícios futuros, independente de incertos (EC, 2008).

No contexto do crescimento econômico e bem estar social, os sistemas de transportes são essenciais. A falta de transporte adequado ou o acesso deficiente a ele pode ser visto como uma forma de exclusão social e de consequente perpetuação de estados de pobreza (VASCONCELLOS, 2003).

Os investimentos ditados pelo planejamento de transportes impactam economias regionais e locais em longo prazo, promovendo mudanças sociais e também nas diretrizes de investimentos de outros setores. Em teoria, esses investimentos devem ser resultantes de um planejamento elaborado sob a concepção sistêmica, permitindo considerar em seu arcabouço metodológico avaliações de uma rede viária e suas interfaces logísticas, sob uma concepção e funcionamento intermodal.

Esses investimentos constam, então, de alternativas de soluções, caracterizadas por projetos de infraestrutura pertencentes aos diversos modos de transportes. A decisão sobre quais devem ser priorizados depende de avaliações que consideram mais de um critério, visando atender a um ou mais objetivos.

Trata-se, nesse contexto, do fato de se poder avaliar simultaneamente, para um conjunto de investimentos em transportes, questões relacionadas às interfaces com áreas ambientais, população diretamente impactada, principais produtos beneficiados, ampliação da acessibilidade e mobilidade, reduções dos custos de transportes, integrações regionais, entre outras. As decisões devem captar, então, a importância relativa de cada um desses critérios, e para tanto, dependem de procedimentos adequados.

Considerando que os critérios que priorizam os investimentos visam atender a metas (objetivos), que dependem de informações e formulações adequadas, a inserção dos procedimentos multicritérios surge como uma opção vantajosa, tanto pela sua consagração metodológica, como também pela sua capacidade de adequação às questões específicas das tomadas de decisões sobre investimentos governamentais em infraestrutura de transportes.

Neste viés, e considerando a evolução do planejamento estratégico no setor de transportes, o aprimoramento dos critérios e métodos de priorização podem resultar em uma otimização dos recursos públicos, tanto no contexto econômico, como no social, e principalmente para as questões de sustentabilidade ambiental e redução das desigualdades regionais. Permitem, com isso, considerar com mais objetividade as dimensões envolvidas com o setor de transportes, além daquelas exclusivamente relacionadas à viabilidade econômica desses tipos de empreendimentos, consagradas e tradicionalmente utilizadas.

Dessa forma, a pesquisa, validação e proposição da utilidade de métodos multicritérios para hierarquização de investimentos em infraestrutura de transportes, consta do principal aspecto que promove a motivação dessa Tese, destacando-se o Método de Análise Hierárquica – MAH (*Analytic Hierarchy Process* – AHP) aplicado sobre um procedimento que considera a inclusão de critérios sociais, ambientais, econômicos, de logística e transporte, na hierarquização de prioridades de projetos de infraestrutura de transportes.

Assim, apresenta-se neste Capítulo, um contexto da tomada de decisão e sua relação com planejamento e investimento em infraestrutura de transportes, destacando-se a sua importância para o desenvolvimento social e econômico nacional, acrescentando novas motivações a este trabalho.

1.1. A DECISÃO NO CONTEXTO DOS TRANSPORTES

Na sociedade moderna, após o advento da revolução industrial, o setor de transportes, no mundo, passou por diversas fases. Nessa dinâmica, os investimentos nas redes de transportes tiveram, inicialmente, financiamentos de empresas privadas, para atender interesses comerciais, devidamente autorizados pelos Governos e Estados. Devido aos elevados valores para cobrir, de forma permanente, as despesas financeiras necessárias à expansão e manutenção dos sistemas de transportes, com o tempo, os

Estados passaram a arcar com os principais investimentos nesse setor, principalmente para atender aos interesses sociais, econômicos, militares e de soberania nacional (PINTO JUNIOR *et al.*, 2009).

Nas últimas décadas, mudanças tecnológicas no setor de comunicação influenciaram demasiadamente o atendimento à demanda por transportes. Afetaram ainda as práticas de operação e controle e redirecionaram algumas das tendências até então vigentes durante o século XX (PINTO JUNIOR *et al.*, 2009).

Recentemente, a abertura dos mercados à concorrência internacional foi ainda aplicada às ofertas de serviços de transportes, antes gerenciados e mantidos como assuntos domésticos dos Estados.

Independente dessas variações, com o tempo, o planejamento de transportes passou a ser cada vez mais fundamental para que se pudessem compreender, em um mesmo contexto, todas as variáveis envolvidas com esse setor, e suas tomadas de decisões tornaram-se cada vez mais complexas, seja pela diversidade de atores institucionais, quantidade de parâmetros técnicos, divergência de visões, etc.

Estabeleceram-se, então, como uma das medidas mais diretas de avaliação e priorização de investimentos, os estudos de viabilidade técnica e econômica, com os quais, pelos indicadores econômicos resultantes, setores governamentais, instituições financiadoras e até o setor privado passaram a subsidiar suas tomadas de decisões. HAYASHI, MORISUGI (2000) ao promoverem uma comparação internacional de conceitos e metodologias de avaliação da viabilidade de projetos observam que prevalece, basicamente, a utilização de estudos que consideram a relação de custo *versus* benefício na avaliação de projetos de transportes. Os principais parâmetros de critérios que são comuns a todos os países incluem economia de tempo, redução de acidentes e impactos ao meio ambiente. Entre os parâmetros comuns de impacto incluem-se também os de uso do solo e do desenvolvimento local.

Esses autores complementam o contexto, informando que à designação de peso entre os parâmetros varia para cada país, que tem seus próprios conceitos e conjuntos de procedimentos de avaliação (HAYASHI, MORISUGI, 2000).

Mundialmente, esses métodos foram aprimorados, adequados a diversas situações e dinâmicas socioeconômicas, tanto para atender as diretrizes públicas como privada. Disseminados, tornaram-se, em diversos casos, regras primárias para que investimentos em

projetos de infraestrutura de transportes fossem executados ou financiados. Essa afirmação se sustenta, pelo fato de, por exemplo, a Comissão Geral de Política Regional da Comunidade Européia, empenhar esforços para desenvolver um “Guia” para análise de Custo *versus* Benefício para investimentos em projetos, no qual se destacam, em seus estudos de caso, o setor de transportes (EC, 2008).

Contudo, em paralelo a essa tendência, estudos e pesquisas foram desenvolvidos, visando ampliar o espectro metodológico e dos fatores a serem considerados para avaliação de viabilidade e subsídio às decisões de prioridades nos investimentos em infraestrutura de transportes, apresentando-se como novas alternativas para esses fins.

No Brasil a dinâmica dos investimentos em transportes acompanhou, quase sempre, as tendências mundiais. Da mesma forma, a importância do planejamento e suas decisões sobre prioridades de investimentos, também se tornaram mais complexas. As tendências metodológicas de avaliação de viabilidade, bem como os estudos e pesquisas de métodos alternativos, obtiveram seu espaço e importância.

Contudo, diferente de outras nações, principalmente em relação àquelas economicamente desenvolvidas, no Brasil, o Sistema Nacional de Viação – SNV passou por um considerável período sem investimentos adequados, principalmente para incentivar a operação da inter e multimodalidade, destacando-se o período que vai da segunda metade da década de 1980 até o ano de 2005, quando ocorreu a retomada do planejamento estratégico, por meio da edição oficial do Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT e do Plano de Aceleração do Crescimento – PAC, em 2007.

A obrigação da retomada do planejamento e uma revisão geral dos parâmetros e critérios a serem adotados para avaliação da viabilidade e prioridade de investimentos, resultou em uma renovação dos mecanismos e práticas de planejamento dos transportes (MT, MD, 2007).

Novos paradigmas surgiram no tratamento e avaliação das prioridades de investimentos, e com os conceitos e definições apresentadas no PNLT, oficialmente, extrapolaram-se, pela primeira vez, os critérios utilizados nas decisões sobre os investimentos em infraestrutura de transportes, ampliando-se as dimensões dessas decisões para além do puro contexto tratado com base nos consagrados indicadores econômicos.

Além das suas particularidades metodológicas e propriedades técnicas tratadas e descritas no Anexo I desta tese, a proposta inserida no PNL T passou a considerar, no contexto dos investimentos em transportes, além dos indicadores econômicos consagrados, a redução das desigualdades sociais, a redução das interfaces dos eixos de transportes com áreas de proteção ambiental, a integração regional e continental, entre outros elementos. Esses elementos relacionavam-se para otimizar um objetivo maior, consubstanciado na busca do equilíbrio da matriz modal de transportes de cargas, para consequente redução dos custos de logística e transportes no Brasil (MT, MD, 2007).

Essas concepções remodelaram os conceitos e princípios adotados para as decisões nos investimentos governamentais em infraestrutura de transportes, e introduziram a oportunidade para estudos e pesquisas, que pudessem aprimorá-los.

Nesse contexto, visando contribuir para ampliação dos procedimentos voltados para priorização de investimentos governamentais no setor de transportes, considera-se que o desenvolvimento de estudos para avaliação da utilização de métodos multicritérios, como instrumentos técnicos a serem incorporados a esse processo de decisão é uma oportunidade relevante e motivadora no campo do desenvolvimento científico.

Visando, com isso, contribuir também para o aprimoramento dos procedimentos que permitam subsidiar as decisões governamentais para prioridade de investimentos que promovam a inter e multimodalidade, não somente para benefícios financeiros e econômicos, mas também em outros aspectos, como o desenvolvimento regional, a sustentabilidade ambiental, a redução de poluentes atmosféricos e outros.

1.2. OBJETIVO E ORIGINALIDADE

O objetivo desta tese consiste no desenvolvimento de uma proposição para aplicação de método multicritério visando à hierarquização de investimentos governamentais em infraestrutura de transportes, considerando uma visão sistêmica intermodal.

Para tanto, este trabalho se propõe a estabelecer um procedimento e indicar um processo de aplicação do AHP em subsídio à hierarquização e priorização de investimentos em infraestrutura de transportes, considerando, em aplicação, conjuntos de projetos indicados pelo Plano Nacional de Logística e Transportes – PNL T.

Pretende-se, com isso, verificar as seguintes questões:

Questão I: Existem vantagens na aplicação de método multicritério para avaliação de prioridades de projetos de infraestrutura de transportes, em relação aos estudos de viabilidade econômica, tradicionalmente utilizados para esse fim?

Questão II: Existe uma tendência de se priorizar os projetos de infraestrutura de transportes baseando-se apenas na minimização do custo de transportes?

Questão III: Independente da instituição, especialistas em transporte possuem a mesma opinião sobre as prioridades dos critérios, quando projetos de infraestrutura de transportes precisam ser priorizados?

Definem-se como condições básicas na elaboração do procedimento citado que:

1. Os critérios estabelecidos para aplicação do *AHP* devem ser ponderados por especialistas, visando à hierarquização das prioridades de investimentos em infraestrutura de transportes, definidas como alternativas de soluções para atendimento de uma determinada meta;
2. Deve-se estabelecer uma distribuição institucional dos especialistas que venham a colaborar na ponderação dos critérios, visando garantir a mais ampla diversidade de visões sobre investimentos em infraestrutura de transportes (democratização); e
3. Os especialistas devem ponderar somente os critérios definidos na aplicação do *AHP*, sem considerar os projetos, estabelecidos como alternativas de soluções para atendimento à meta definida.

Tem-se como originalidade deste trabalho a proposição de uma hierarquização de investimentos em conjuntos de projetos distribuídos em uma rede viária, considerando a otimização dos seus resultados pelo atendimento a um objetivo, com a utilização de mais de um critério, avaliados por diversos especialistas, ampliando-se, assim, os aspectos convencionalmente tratados nas decisões governamentais do setor de infraestrutura de transporte. Além disso, o processo de pesquisa e avaliação sobre a adequação do método multicritério e da elaboração do procedimento de aplicação promove um conjunto de questões, de natureza científica, que visam contribuir para reflexão sobre limites de suas utilizações, quando aplicados às questões tratadas no objetivo desta Tese.

1.3. RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA

O objetivo de se desenvolver procedimentos técnicos para aplicação do AHP, visando estabelecer prioridades nos investimentos de infraestruturas de transporte intermodal, consiste em um problema complexo que carece de aprimoramentos para sua disseminação como instrumento técnico.

Além do fato de se tratar de decisão em grupo, a complexidade desse problema caracteriza-se, tanto pelo aspecto metodológico, como pela natureza das questões abordadas no processo de planejamento e decisão sobre as prioridades desses tipos de investimentos.

As abordagens multicriteriais funcionam como uma base para discussão, principalmente nos casos onde há conflitos entre os decisores, ou ainda, quando a percepção do problema pelos vários atores envolvidos ainda não está totalmente consolidada (BOUYSSOU, 1989 *in* NORONHA, 1998).

Portanto, trata-se de colaborar com o “decisor” a analisar os dados que são complexos, principalmente, pela necessidade de orientar as decisões em um país com as dimensões do Brasil, cujas ações de sua política e planejamento de transportes devem buscar três atividades obrigatórias: induzir o desenvolvimento, integrar os mercados e irrigar economicamente os espaços (CONFEA, 2008).

A carência de aprimoramentos para disseminação da utilização de métodos multicriteriais em auxílio às decisões de investimentos em transportes é explícita, pois a única exigência legal, estabelecida nas Leis de Diretrizes Orçamentárias – LDO orienta quanto à necessidade de estudos de viabilidade técnica e econômica de projetos classificados como de “Grande Vulto”, o que ocorre somente se o valor do investimento ultrapassar R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais).

Por isso é usual que o já tradicional método de avaliação Benefício versus Custos e seus outros indicadores econômicos sejam ampla e quase irrestritamente, aplicado para decisões de prioridades de investimentos governamentais em projetos de infraestrutura de transportes.

Em face da necessidade de reestruturação dos mecanismos de apoio à política estratégica brasileira para os transportes, sob as condições do crescimento econômico e social vigente, entende-se relevante o assunto tratado por este trabalho, cujo estudo científico é direcionado à proposição de um método de priorização de projetos, que

considere o aproveitamento dos resultados obtidos pelo próprio planejamento governamental.

Estruturados no arcabouço metodológico e científico do PNLT, em um único processo de simulação, os projetos que orientam as indicações estratégicas de investimentos em infraestrutura de transportes são avaliados com base nas suas interações.

Assim, contribuir para aprimoramento desse mecanismo técnico, oficialmente adotado pelo Ministério dos Transportes – MT, é contribuir, também, para validação de um procedimento que pode ser utilizado no processo de tomada de decisão de outras instituições do setor de transportes.

Visando minimizar a subjetividade e as influências de nexos puramente político, além de facilitar a democratização das decisões sobre investimentos em transportes, a proposição desta Tese encontra sua relevância.

Normalmente, o planejamento estratégico do setor de transportes visa atender a mais de um objetivo, por meio da utilização de mais de um critério. Esse tipo de problema é comum no âmbito governamental, cujas decisões, em diversas questões, dependem de posições políticas e institucionais de naturezas distintas.

Entende-se que essa diversidade é inerente ao processo de investimento em infraestrutura de transportes, pois as motivações dos mesmos têm origem em fatores de atendimento a setores econômicos, sociais, ambientais, entre outros. Assim, os estudos de novas metodologias para apoio ao processo de tomada de decisão deverão buscar soluções originais, que sejam baseados em trabalhos técnicos de cunho acadêmico, mas que também sejam aplicáveis em situações práticas.

Dessa forma, essa Tese justifica-se pela oportunidade de contribuir com o aprimoramento metodológico nas avaliações de projetos, ampliando os métodos e procedimentos científicos existentes na literatura, visando estabelecer rotinas e procedimentos que podem ser introduzidos nas análises e decisões dos investimentos governamentais no setor de transportes. Tem-se ainda a oportunidade de contribuir com testes, validações e avaliações quanto à aplicabilidade de modelos multicriteriais, destacando-se o AHP.

Os investimentos multimodais que contribuam para viabilizar um maior equilíbrio no uso dos transportes de cargas no Brasil é um dos componentes principais

de interesse desse estudo, sendo que análises nesse campo geram ferramentas eficientes para avaliação de um conjunto de investimentos em uma sequência temporal (planos plurianuais) no SNV, e servem para subsidiar com informações a aplicação do procedimento proposto. Dessa forma, compreende-se que a contribuição ao processo de investimentos futuros no setor de transportes nacional é relevante em face de sua atual demanda e ao elevado tempo para as tomadas de decisões e a definitiva concretização de um projeto de transporte, se considerado o tempo entre o início das suas ações preparatórias, até o término da sua fase de obra. Nesse contexto, a metodologia de hierarquização dos investimentos torna-se um dos pontos importantes para a efetividade do planejamento estratégico governamental dos transportes, fato que também contribuiu para justificar a importância do tema e da estrutura de pesquisa proposta nesse trabalho.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em oito capítulos. O primeiro reúne as informações introdutórias, sendo um contexto histórico, a descrição do objetivo, a relevância e justificativa do trabalho e esta própria apresentação da estrutura do texto.

No segundo capítulo, é feita uma análise das principais características que influenciam os investimentos se analisados sob a ótica de um planejamento que considere os resultados para o Sistema Nacional de Viação - SNV, o que contrapõe recentes visões do planejamento de transportes nacional, onde se estudavam os modos e trechos de vias isolados. Por meio dessa visão sistêmica se estruturam as bases teóricas que norteiam tanto as proposições a serem pautadas pela Política de Transportes como para aplicação dos estudos que a subsidiam. Destaca-se nesse capítulo uma revisão geral das metodologias de transportes e de avaliação econômica dos investimentos, estruturando o tema onde se pretende aplicar a hierarquização de investimentos.

No terceiro capítulo são apresentados os estudos e descrições das metodologias aplicadas na avaliação de investimentos de transportes, destacando-se as principais, conforme pesquisa bibliográfica. Nesse capítulo são também analisados os métodos multicritérios, e suas aplicações para hierarquização de investimentos, indicando as suas aplicações no setor de transportes e quais desses métodos apresentam resultados mais aderentes para o setor de planejamento de transportes no Brasil, segundo aplicações já executadas. Nesse capítulo se estrutura a base metodológica que será utilizada para a proposição das contribuições deste trabalho.

O quarto Capítulo descreve os métodos, formulações e usos do geoprocessamento aplicados aos problemas de transportes e particularmente como estrutura lógica de dados para fins de modelagem e subsídios ao planejamento.

O quinto capítulo foi reservado para a proposição metodológica de contribuição ao processo de hierarquização e priorização de investimentos em infraestrutura de transportes.

No sexto capítulo é descrito o processo de aplicação para validação da proposição metodológica. O capítulo sete trata dos resultados da aplicação e finalmente, o capítulo oito apresenta as conclusões e recomendações, seguido pelas referências bibliográficas utilizadas e apêndices.

CAPÍTULO 2. INVESTIMENTO SOB A ÓTICA DO SISTEMA VIÁRIO NACIONAL

Compreender as implicações políticas da relação entre investimento em transporte e desenvolvimento econômico é de grande importância. Muito ainda precisa ser entendido sobre as várias interações entre os dois para que os decisores políticos atuem de forma correta sobre investimentos de transporte, em termos não somente do uso mais eficiente dos recursos, mas também do uso da terra, da qualidade do ar, entre outros aspectos (EBERTS, 2000; OZBAY *at al.*, 2014).

Considerando que um dos objetivos da presente pesquisa é contribuir metodologicamente para o aprimoramento das avaliações da priorização de investimentos em sistemas viários multimodais, julga-se adequada a elaboração de um capítulo dedicado à análise dos principais aspectos relacionados com o planejamento governamental nesse setor e sua concepção sistêmica na análise de projetos e investimentos em infraestrutura de transportes.

A relevância desse tema encontra-se especificamente na compreensão sobre o atual estágio metodológico adotado no planejamento do setor, e quais os aspectos relevantes que podem ser aprimorados, identificando-se, assim, os pontos principais de desenvolvimento desse trabalho. Dessa forma, são descritos e argumentados na sequência, os principais tópicos relacionados com a temática dos investimentos em uma concepção sistêmica.

2.1. PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

Para SHORT, KOPP (2005) o planejamento e investimento em infraestrutura é, essencialmente, uma questão nacional e a infraestrutura sempre foi e ainda é planejado, debatido, avaliado, decidido e financiado principalmente a nível nacional.

No âmbito nacional se observa que os métodos de planejamento variam e que as previsões de tráfego e de economia, em que se baseiam, são essencialmente diferentes, que as técnicas de avaliação não são as mesmas, que os processos consultivos e legais são muito diferentes e, finalmente, que os procedimentos de tomada de decisão divergem, contudo, apesar das deficiências que possam existir, os procedimentos e processos em alguns países resultaram no que são geralmente considerados como bons sistemas (SHORT, KOPP 2005).

Para TEDESCO (2008), diversos autores consideram o planejamento de transportes, essencialmente como uma ferramenta, enquanto outros o consideram como estratégico, importante para ser utilizado como “alavanca” ao desenvolvimento e às melhorias de algumas características socioeconômicas nas quais o transporte atual positivamente.

Segundo INIESTRA e GUTIÉRREZ (2009) a combinação entre a maximização da qualidade de serviço e minimização dos custos é o maior objetivo do planejamento de transportes, considerando ainda que, na avaliação de qualquer projeto, a definição de uma lista de critérios terá estrita dependência das políticas de planejamento e da legislação da região em que o sistema será implantado.

Essa combinação, contudo, normalmente ocorre sob um contexto de sistema de transporte. Nos estudos desenvolvidos por GALINDO (2009) a composição de um sistema de transporte pode ser estruturado conforme a ilustração da Figura 2.1.

Assim, o sistema de transportes pode ser considerado indutor de desenvolvimento quando, no âmbito econômico é responsável pela interligação da produção e o consumo de bens e, no âmbito social, fornece condições de conforto e bem estar de uma sociedade, permitindo o rápido e eficiente intercâmbio de homens e coisas (TEIXEIRA, 2002).

Nesse contexto, o estudo sobre transportes é vasto e complexo, principalmente se tratado em todo o seu contexto de integração entre diferentes meios de mobilidade. Divide-se entre cargas e passageiros, movimentados em ambientais urbanos, semiurbanos, regionais, nacionais e internacionais. Sua motivação depende dessa divisão e das condicionantes relacionadas aos tempos de viagens, rotinas sociais, valores das tarifas, custos dos transportes, períodos do dia (semana, mês e ano), renda dos usuários e das relações macroeconômicas da produção e do consumo de bens e serviços. Em suma, os estudos de transportes tratam de soluções para problemas sociais e econômicos, estabelecidos em um determinado espaço territorial, cujas políticas de governo são elementos determinantes para o entendimento de sua dinâmica.

A relação entre transporte e desenvolvimento socioeconômico envolve o tratamento de duas questões associadas. Em primeiro lugar, é preciso tratar da representação dos principais aspectos envolvidos com a infraestrutura de transportes, o desenvolvimento regional e características espaciais, no sentido de identificar e selecionar os indicadores apropriados. Em segundo lugar é preciso definir as técnicas de

análise a serem adotadas, no sentido de identificar e avaliar as relações de causalidade entre os aspectos mencionados (DFT, 2005).

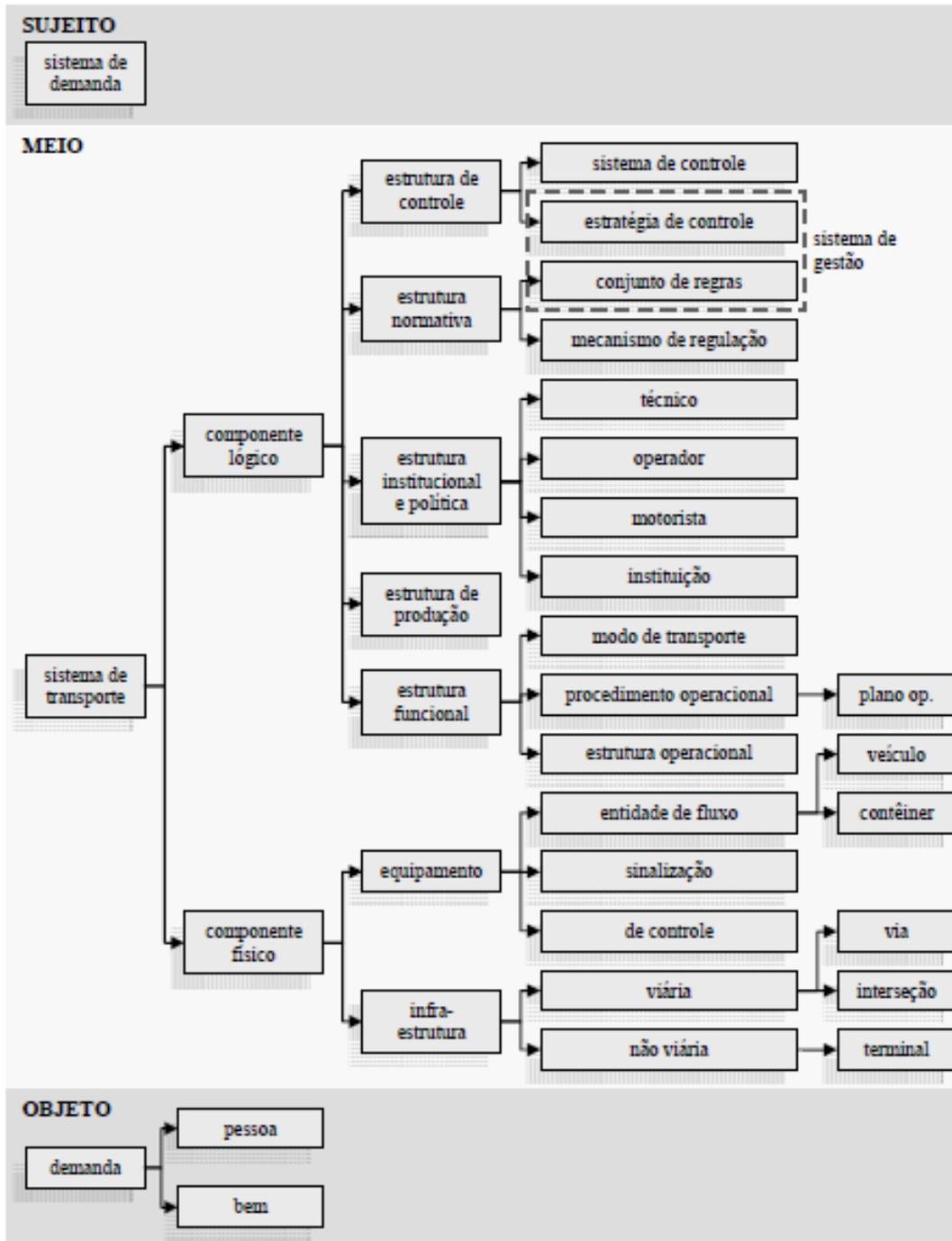


Figura 2.1: Componentes do Transporte
Fonte: GALINDO, 2009.

Ao se tratar do processo de planejamento dos transportes, considera-se também da relação futura de equilíbrio entre a sua oferta e demanda, considerando a capacidade dos recursos e as necessidades de investimentos. Esses elementos devem considerar a maximização dos benefícios econômicos *versus* os custos financeiros exigidos, pela implantação de conjuntos de projetos que melhor atendam a cada situação analisada.

Esse planejamento visa atender alguns critérios econômicos e sociais, cujas avaliações podem ser efetuadas por projeto ou de forma sistêmica, onde diversos projetos são avaliados simultaneamente. Subsidiaria, ainda, a Política de Transportes.

Entre as ferramentas da Política de Transportes a ser considerada pelo planejamento, estão: ampliação da infraestrutura viária, redução de custos de transportes e a ampliação da acessibilidade e/ou mobilidade e integração modal para equilíbrio da matriz de transportes, principalmente de cargas (MT, MD, 2007).

Esses compõem um dos principais mecanismos que orientam investimentos, intensificam produtividade, ampliam a circulação de cargas e passageiros e promovem meios para o desenvolvimento econômico manter-se competitivo. Contudo, tais mecanismos devem ser distribuídos territorialmente, visando dar ampliação da integração regional e a redução das suas desigualdades.

Nesse contexto, o objetivo da Política de Transportes deve ser bem definido, para que seja garantida a diretriz do seu planejamento setorial, e das respectivas indicações de investimentos. A título de exemplo, quando comparadas as Políticas de Transportes da Europa com o Sudeste Asiático, EMBERGER *et al.* (2008), argumenta que a provisão e gestão de infraestrutura de transporte de passageiros nas cidades europeias dão maior ênfase no apoio da utilização do transporte público, enquanto que no Sudeste Asiático, a ênfase é direcionada às viagens de veículos particulares.

Nesse contexto, as tendências estabelecidas na Política de Transporte em cada país possuem, normalmente, características que consideram fatores econômicos, sociais, culturais e históricos. Incluem-se ainda nesses fatores as dimensões geográficas e a dinâmica estabelecida nas relações comerciais domésticas e internacionais de produção e consumo. Essas tendências influenciam os planejamentos que definem os tipos de investimentos em infraestruturas de transportes.

Esses investimentos podem ser planejados de forma sistêmica ou isolados. Eles podem, também, ocorrer sob uma única diretriz executiva ou descentralizada. Essas

aracterísticas dependem das estruturas institucionais e do arcabouço legal que as regem, bem como da participação, ou não, da iniciativa privada nesses investimentos.

Assim, a visão sistêmica dos investimentos em infraestrutura de transportes dependerá, inexoravelmente, dos arranjos institucionais envolvidos com as estruturas executivas e diretrizes governamentais no exercício dos investimentos públicos, como também, da capacidade de inserção dos investimentos privados nesse setor.

Independente dessas características, e comum às diretrizes gerais do planejamento e política de transporte e seus respectivos investimentos, deve-se considerar a necessidade de otimizar recursos *versus* benefícios, a serem auferidos pela economia e a sociedade. Como a necessidade de investimentos contínuos e crescentes no setor de transportes está diretamente associada com a intensidade do crescimento econômico e, em especial, ao aumento da renda per capita, essa otimização é um aspecto fundamental que deve constar das diretrizes do planejamento e da Política de Transportes.

Considerando o contexto descrito, deduz-se que a visão da Política de Transportes e a formulação do planejamento de suas prioridades devem considerar a otimização dos recursos investidos, pelo critério de maximização dos benefícios auferidos com esses investimentos, no contexto dos sistemas de viação. Dessa forma, a visão deve ser de médio e longo prazo. Não se trata somente de atendimento à implantação de infraestrutura viária, mas de todo um sistema viário que deve ser considerado sob o enfoque multimodal, para que haja condições de se estabelecer os meios adequados para se estabelecer a otimização citada.

Em diversos países, inclusive no Brasil, o planejamento nesse setor vem sendo configurado em bases metodológicas, para sustentar modelos nacionais de transportes sob a ótica de uma visão sistêmica pautada no equilíbrio entre a demanda e a oferta de transportes, considerando como fundamento principal, a minimização total dos seus custos, além de considerarem outros fatores de natureza socioeconômica e ambiental, como apresentado adiante, pelas referências bibliográficas consolidadas no Quadro 2.1, apresentado na Seção 2.3.1.

Dentro do contexto descrito, cabe detalhar a importância da visão sistêmica no planejamento dos investimentos e, conseqüentemente, sua relação com a formulação de Políticas de Transportes.

2.2. VISÃO SISTÊMICA DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DOS TRANSPORTES NO BRASIL

A visão sistêmica do planejamento de transporte é fundamentada pela necessidade do entendimento funcional entre todos os elementos que atualmente compõem a rede intermodal de logística e transporte inserida no território brasileiro.

Essa visão consta da dimensão que trata dos elementos componentes das redes, observando seus “gaps”, que podem ser traduzidos em “elos faltantes” e/ou “esgotamento da capacidade viária”, conforme definido no PNLT (MT, MD, 2007).

Não trata somente dos “gaps” nas redes de transportes (oferta), mas também da avaliação de conjunto de projetos simultaneamente, em condições que permitam resguardar o equilíbrio de participação de cada um deles no atendimento a uma determinada meta, considerando cenários de evolução da demanda de movimentos que solicitam tal oferta.

Os efeitos sistêmicos do transporte são vivenciados pela sociedade com o avanço do desempenho econômico e produtivo do Brasil. O investimento em um determinado porto público brasileiro, por exemplo, provoca efeitos em produções e rotas de transportes no interior do País.

Atendendo a essa visão, evoluída das diversas ações históricas no setor de transportes, pela edição da Lei nº 10.233/2001, ocorreu a reestruturação legal do sistema de transportes no Brasil. Na federação brasileira, as funções e responsabilidades de planejamento, gestão, execução e regulação do setor de transportes (BRASIL, 2001).

Assim, a Lei nº 10.233/2001, em sua disposição considerou, entre outros aspectos, a criação do SNV (atendendo ao estabelecido pela Constituição Federal do Brasil). Isso demonstra uma reestruturação das bases da Política de Transportes, orientado-as para um modelo que considere efetivamente a gestão integrada dos diversos modos, sob uma visão sistêmica, cujos resultados devem ser alcançados com o enfoque na multimodalidade. Para MAGALHÃES (2004), a Lei nº 10.233/2001 “reinterou o objeto do setor de transportes: o Sistema Nacional de Viação – SNV”.

Dessa forma, após quase uma década da publicação da Lei nº 10.233/2001, com a edição da Lei nº 12.379/2011, de 06 de janeiro de 2011, além de alterar e revogar um conjunto de Leis anteriores, definitivamente revoga a Lei nº 5.917 de 1973, que instituiu o Plano Nacional de Viação – PNV, em substituição pelo SNV.

A citada Lei estabelece, no seu § 1º, art. 2º que: quanto à jurisdição, o SNV é composto pelo Sistema Federal de Viação e pelos sistemas de viação dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

Complementando, no seu § 2º, do citado artigo, quanto aos modos de transporte: o SNV compreende os subsistemas rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeroviário. Assim, o SNV fica estabelecido como o conjunto formado por todas as redes de transportes existentes no Brasil. Nesse caso, dá-se, efetivamente, o caráter oficial de inter e multimodalidade na gestão e organização de investimentos e operações no setor de transportes.

Considerando o exposto, destaca-se que, os elementos estabelecidos pela criação do SNV geraram as bases institucionais e legais para que o planejamento dos transportes pudesse, efetivamente, pautar-se sob a visão sistêmica das redes de atendimento às demandas de transportes, e ainda sob a lógica da intermodalidade, no contexto dos investimentos nacionais em infraestrutura de transportes.

A citada lei obrigou uma reorganização do setor interinstitucional, particularmente no âmbito federal, visando à gestão, execução e regulação do setor de transportes. Esse processo induziu a uma nova ordem de funcionamento das ações de investimentos em infraestrutura de transportes. O organograma da Figura 2.2 resume a relação das principais instituições envolvidas na implantação de projetos e serviços de transporte no âmbito federal.

A partir dessa reorganização, as ações deveriam ser integradas, e por isso, trata-se de uma ação complexa, devido tanto à quantidade de atores envolvidos, como pelas relações que devem ser estabelecidas entre si para tal fim, devido às disposições funcionais de cada uma delas. Pela Figura 2.2, pode-se observar que a busca da convergência das ações institucionais tendem para uma visão sistêmica dos transportes.

Essas mudanças institucionais sustentam-se, entre outras justificativas, pela necessidade de estabelecer uma gestão unificada dos meios de transportes, considerando sua funcionalidade integrada, frente às mudanças estabelecidas por uma economia globalizada e em constante crescimento.

Contudo, para tornar prática à execução das obrigações institucionais estabelecidas nas Leis citadas, à identificação da multimodalidade em uma única plataforma metodológica, estruturada por critérios técnicos, considerando base de dados

em plataformas georreferenciada do sistema de transporte multimodal existente no Brasil, fundamentou os procedimentos técnicos necessários para o planejamento de transportes subsidiar os investimentos orientados por uma nova dinâmica que visa metas da Política de Transportes, atendendo, assim, as obrigações legais do Estado, estabelecidas para com esse setor.

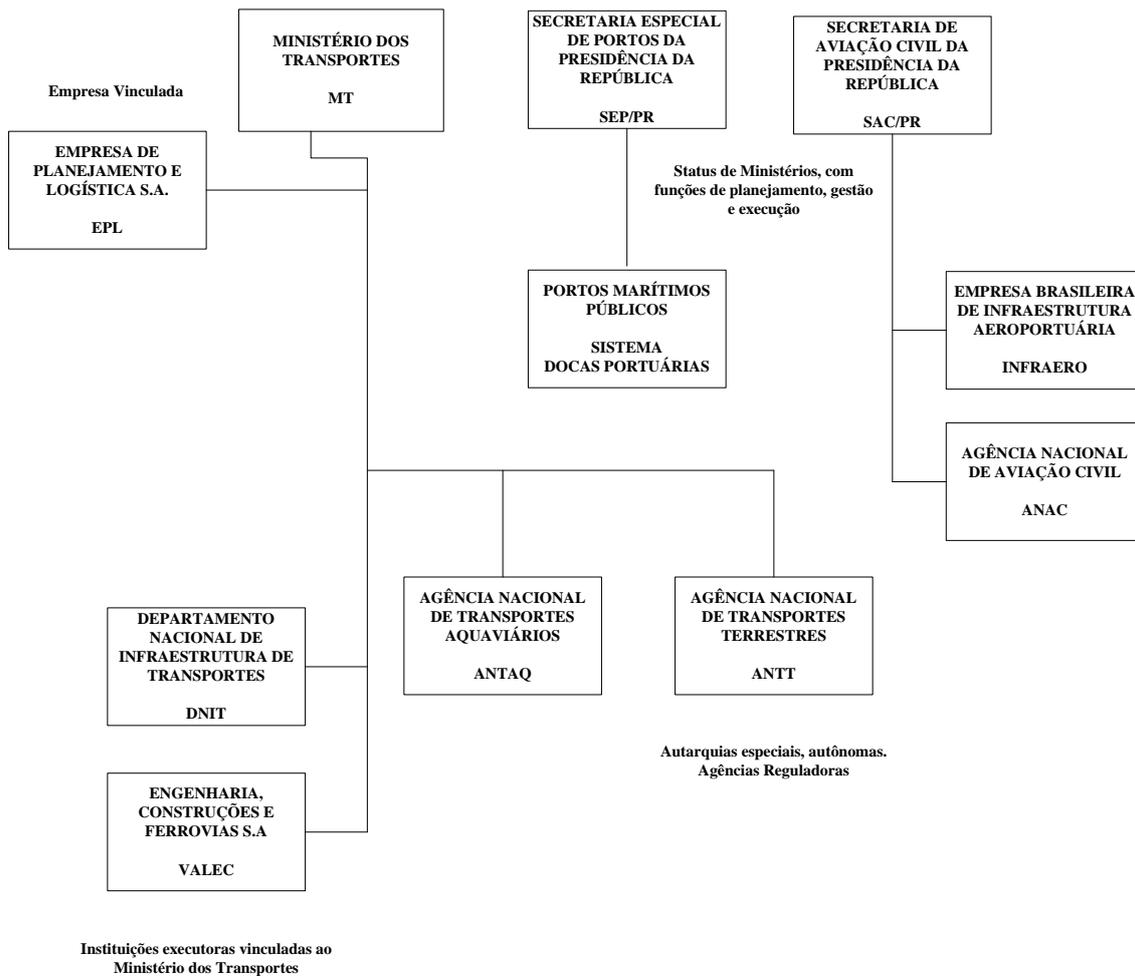


Figura 2.2: Atual organização institucional do setor de transportes federal

Nesse contexto, a avaliação estratégica dos transportes é produzida com a observação de todos os elementos simulados de forma simultânea, e com isso, considerando as suas interferências mútuas, o que proporciona um aprimoramento dos resultados sobre custos, benefícios e seus pontos de equilíbrio, o que orienta as prioridades dos investimentos.

Segundo VASCONCELOS (2009):

“A prática da intermodalidade não deve ter como objetivo o benefício de um modo específico de transporte em detrimento dos outros, já que tal conduta poderia causar prejuízos fatais aos modos secundários. Assim, a própria prática a levaria mesma a falência.”

Complementando seu raciocínio, o autor comenta:

“Ao se empregar a intermodalidade, o objetivo principal do sistema deve ser a utilização do máximo potencial possível do conjunto de todos os modos viáveis, no respectivo cenário. O que vem a ser uma meta coerente com a filosofia logística da obtenção do Custo Mínimo Total. Portanto é indispensável erradicar a visão segmentada do problema e adotar uma abordagem sistêmica.”

Para que todas as questões anteriormente estabelecidas sejam praticadas no processo de planejamento governamental do setor de transportes, considerando a ideia de um funcionamento conjunto, e não restritivo, faz-se necessário que seja definido um conjunto de metodologias adequado à lógica de execução da Política de Transportes em termos multimodal.

Sob tal conjunto, a evolução do SNV e as decisões do Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transportes - CONIT, que oficialmente são incorporadas à Política Presidencial e transformadas em proposições de investimentos financeiros, passam a contar com mecanismos técnicos e científicos e, portanto, mais credibilidade para as proposições de projeto de transportes, diminuindo-se, assim, as intervenções de nexos puramente político.

No contexto do conjunto de metodologias, no tocante a oferta de transportes, a configuração de uma rede esquemática, representada por arcos e nós, que representem cada modo de transporte, com atributos das características físicas, operacionais, de custos e de integração modal, é a base para as condições de um planejamento sistêmico.

Quando calibrada para representar o máximo possível o funcionamento real e atual do atendimento a uma demanda definida, o uso dessa rede multimodal resulta em um sistema que permite verificar os efeitos gerados em todos os elementos da oferta de transportes, quando se promove uma determinada mudança à mesma.

Como exemplo, avaliando-se o Relatório Executivo do PNLT (MT, MD, 2007) observa-se que um dos resultados mais importantes obtidos é a verificação da

deficiência de capacidade viária, quando se mantém inalterada a configuração da rede multimodal, mas se faz variar, em cenários de crescimento, a demanda de transporte. Outro importante resultado trata-se da avaliação sobre alterações dos elementos viários, como por exemplo, as ampliações e capacidade viária ou inserções de novos arcos. Nesse caso observam-se quais os efeitos dessas alterações na redução dos custos de transportes para uma determinada demanda estabelecida ou projetada.

Em termos práticos, quais os efeitos, por exemplo, da construção de um trecho rodoviário, no uso de uma determinada estrutura logística portuária? Mais do que isso, quais os efeitos de diversas construções rodoviárias em todo o sistema portuário nacional? Incluem-se ainda, nesse contexto, observações relativas à ampliação de acessibilidade e mobilidade promovida pelas modificações em uma oferta de transportes. Os efeitos dessas modificações refletem na dinâmica de economias locais, principalmente quando essas são carentes de infraestrutura de transportes.

Assim, considerando as inúmeras possibilidades de avaliações de alternativas de investimentos e suas prioridades, o planejamento estratégico deve levar em consideração o parâmetro tempo, com certas limitações orçamentárias, que deve ser gerenciado para atingir metas estabelecidas. Deve fazê-lo, contudo, simultaneamente para todo o território estabelecido para fins de planejamento. Sob o enfoque institucional, tal simultaneidade permite orientar as diretrizes executivas da implantação do planejamento estratégico governamental, estabelecido sob uma única plataforma. Tem-se com isso uma visão de desenvolvimento de toda a oferta de transportes, e de como a mesma produz benefícios para cada tipo de demanda definida.

Com base nessas disposições técnicas legais descritas anteriormente para o setor de transportes, e sob a concepção da integração de todos os modos e serviços, tem-se uma das principais motivações estabelecidas para o desenvolvimento desse trabalho, que trata da aplicação da pesquisa e do conhecimento científico para proposição de mecanismos técnicos que contribuam no setor de planejamento governamental dos transportes, visando à implantação das diretrizes definidas no SNV.

Ao mesmo tempo, a avaliação sobre adequação de métodos multicritérios, a definição de um entre todos os disponíveis, conforme a revisão bibliográfica desenvolvida, bem como o estudo e análise de suas vantagens e limitações, comunga para se estabelecer uma contribuição científica.

No contexto da simultaneidade e da visão sistêmica, uma vez definidos, metodologicamente, quais e quantos devem ser os projetos de infraestrutura de transporte a receber priorização nos investimentos Governamentais, a aplicação de métodos científicos que permitam capturar as diversidades dos interesses estabelecidos na dinâmica desse setor, em subsídio à decisão de hierarquização dessas prioridades, tem-se um elemento fundamental para atender às premissas de economicidade e ao mesmo tempo, da ampliação da acessibilidade, mobilidade e integração dos modos de transportes exigidos pela legislação descrita e analisada anteriormente. Todo esse processo estrutura o que se pode classificar de “Modelo Nacional de Transportes”.

2.3. MODELOS DE TRANSPORTES

Em muitos países foram desenvolvidos estudos para elaboração de modelos nacionais de transportes, seja no âmbito de passageiros ou de cargas, mas na Europa esses estudos estão em estágio mais avançado de desenvolvimento (BRAGA, 2008).

Segundo LUNDQVIST, MATTSSON (2002), tais modelos europeus são aplicáveis no contexto nacional, regional, local e até em escala europeia, onde, em alguns casos, o desenvolvimento é recente e em outros está mais avançado e até implementado.

Baseado no trabalho de BRAGA (2008) pode-se verificar que os modelos nacionais de transportes possuem características de subsídios aos governos, e particularmente, às instituições governamentais responsáveis pela proposição da política e execução de investimentos em transportes. Em geral, os modelos têm compreendido desejos em nível nacional, tendendo também a serem agregados a aplicações regionais. Os modelos regionais são mais detalhados e integrados dentro de uma estrutura consistente, mas necessitam de maiores investimentos, para obtenção de dados desagregados tanto em termos de viagens, como de dados socioeconômicos.

Desde 1983 os modelos nacionais orientam a tomada de decisão sobre investimentos e o funcionamento dos serviços de transportes em diversos países. Esses modelos fundamentam as bases para os planos estratégicos governamentais, e configuram-se tecnicamente pelo conjunto de diversas metodologias, pesquisas e procedimentos, ajustados e calibrados para cada realidade de transportes. Essa iniciativa se deu, original e exclusivamente dedicada à formulação de um modelo de transportes no âmbito nacional da Holanda e tratou do transporte de passageiros com objetivo de

possibilitar a expansão futura dos sistemas de transportes rodoviário e ferroviário e prover acessibilidade e mobilidade para a população. Posteriormente, o modelo nacional de transportes holandês passou a considerar também a avaliação da questão ambiental (HOFMAN, 2002).

Nesse contexto, para que haja convergência do planejamento estratégico nacional com a Política de Transporte, deve-se ter estabelecido qual o modelo de transportes a ser adotado pelo plano de governo. Dessa forma ficam estabelecidas em que bases metodológicas o sistema de redes deve integrar-se, para que sejam atingidos os resultados esperados. No Brasil, atualmente, o PNLT estrutura as bases do modelo de transportes do Governo Federal. Alguns estados, como Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Bahia possuem planos estaduais de logística e transportes. Tanto o PNLT como tais planos estaduais vem sendo desenvolvidos com bases em estudos técnicos de transportes e também socioeconômicos, conforme citado anteriormente. Em todo o contexto apresentado, importante ressaltar que o PNLT estabeleceu um modelo nacional de transportes para o Brasil, onde se estrutura um conjunto integrado de bases de dados e modelos de simulação dirigidos ao contexto nacional.

Envolvendo tanto o transporte de passageiros quanto de carga (dando-se ênfase a este último), o PNLT engloba os setores da demanda e da oferta por transportes, da economia do país, das interfaces com suas áreas ambientais, demarcações indígenas, aglomerados urbanos e outros aspectos associados em um único sistema de rede multimodal. Assim, a partir da estrutura sistêmica estabelecida no PNLT foram desenvolvidos estudos para aprimoramento dos métodos utilizados em cada uma de suas fases (MT, MD, 2007). A compreensão do uso de modelos de transportes pelo planejamento estratégico é um ponto fundamental para que seja devidamente detalhado e compreendido o que se pretende desenvolver nesta Tese em termos de contribuição metodológica. Nesse contexto, na sequência são apresentadas descrições e análises de algumas questões relevantes.

2.3.1 Síntese Sobre o Desenvolvimento e o Uso de Modelos Nacionais de Transportes

Os modelos de transportes nacionais são utilizados para vários objetivos, tais como: avaliações de projetos de infraestrutura, de integração regional e estratégias de uso do solo, de atendimento às necessidades econômicas, entre outras. Quanto à abrangência dos modelos, a maioria das aplicações considera os passageiros como

principal variável de estudo, mas vem crescendo muito a quantidade de abordagens para o transporte de carga (GUNN, 2002).

As características dos modelos nacionais de transportes na Europa possuem estrutura metodológica semelhante, dando prioridade ao transporte de passageiros, com formação de bases de dados fundamentadas em pesquisas com os usuários dos sistemas de transportes e de origens e destinos dos deslocamentos. Além dos modelos nacionais, a União Europeia apresenta modelos de transportes desenvolvidos para uso internacional. Esses modelos estruturam-se em torno de elementos de transportes (infraestrutura), economia regional, macroeconomia e meio ambiente.

Os principais modelos de transportes para uso internacional configuram-se por relacionar: fluxos de transportes, economia regional, uso do solo, macroeconomia e meio ambiente. Esses modelos possuem uma variedade de indicadores. Possuem ainda características de adoção de redes multimodais, e adotam parâmetros políticos para o transporte comum no continente europeu. O Quadro 2.1 registra descrições sintéticas sobre os principais modelos nacionais de transportes praticados na Europa, considerando, como principal fonte bibliográfica o estudo desenvolvido por BRAGA (2008). Assim, nos Estados Unidos da América, o desenvolvimento de um modelo nacional de transportes não ocorre da mesma forma como nos países da Europa, existindo um intenso planejamento do setor de natureza regional, sendo mais enfatizado o transporte de carga. Essas características também se apresentam, por exemplo, em países com dimensões geográficas semelhantes, como o Canadá e a Austrália, conforme mostrado a seguir.

Nos Estados Unidos da América, por exemplo, o Departamento de Transportes possui um planejamento estratégico que está pautado em premissas que estimulam a intensificação dos transportes coletivos e que passam pela ampliação da participação da iniciativa privada na operação dos transportes. Publicado pelo Departamento de Transportes – DOT o Plano Estratégico para o período de 2006 a 2011, intitula-se “Novas ideias para uma nação em movimento” (*New Ideas for a Nation on the Move* – DOT, 2006).

Em sua estrutura, o plano contempla como missão que os objetivos nacionais do crescimento econômico e da estabilidade, bem como da segurança nacional exigem o desenvolvimento de políticas de transporte que contribuem para o fornecimento rápido, seguro, eficiente e conveniente do setor com o menor custo, incluindo a utilização racional e a conservação dos recursos existentes daquele País (DOT, 2006).

Quadro 2.1: Principais modelos nacionais de transportes europeus.

PAÍS	CARACTERÍSTICA	DESCRIÇÃO METODOLÓGICA	ANO
Holanda	Modelo de passageiros com objetivo de possibilitar a expansão futura do sistema de transportes rodoviário e ferroviário e prover acessibilidade e mobilidade para a população. Posteriormente, o modelo incorporou a componente ambiental.	Os principais objetivos do modelo são fornecer ao tomador de decisão, instrumentos de avaliação sobre possíveis mudanças no padrão de viagens da população, a partir da introdução de alguma nova estratégia ou política para o setor e ainda, prever fluxos de tráfego nas redes troncais das malhas rodoviária e ferroviária. Segundo BRAGA (2008) a aplicação do modelo ocorre dentro de um contexto que envolve a elaboração de cenários futuros que contemplam questões espaciais, socioeconômicas e demográficas, incluindo questões bastante específicas como aumento nos preços dos combustíveis, taxação incidente na compra de veículos, melhorias implantadas nos sistemas de transportes públicos. A estrutura do Modelo Nacional da Holanda opera com “matrizes base” para o usuário do carro e para o usuário do sistema ferroviário. O modelo não leva em consideração viagens realizadas por ônibus.	1983
Noruega	O principal objetivo foi conhecer o padrão de viagens em âmbito nacional e estimar as emissões dos poluentes CO2 e NOx, retratando a questão da poluição global e destacando especial atenção ao submodelo de taxa de motorização para o país.	Modelo de previsão de demanda de passageiros semelhante à estrutura do modelo holandês, porém inclui um tratamento detalhado para viagens interurbanas, não considerando atributos de viagens de pequenas distâncias individuais em zonas específicas e adicionando modelo de taxa de motorização	1989
Itália	O objetivo para sua formulação esteve exclusivamente associado à necessidade de prover o governo italiano, particularmente o Ministério dos Transportes, um instrumento analítico que subsidiasse, de forma confiável e tecnicamente competente, o processo de tomada de decisão. Tal modelo teria que envolver todas as modalidades de transportes existentes no país e, além disso, teria que ser totalmente integrado no que concerne aos transportes de passageiros e de carga. Dadas as características peculiares da Itália no caso da elevada importância da indústria do turismo, o modelo nacional de transportes deveria contemplar os efeitos da sazonalidade provocada pela movimentação causada por este tipo de atividade.	Trata-se de um modelo multimodal, que considera o transporte rodoviário por carros particulares, ferroviário regional, ferroviário interestadual, ferroviário noturno, aéreo e rodoviário por ônibus. O modelo possui uma característica diferenciada em relação ao transporte de carga, onde o processo de definição do padrão de viagens contempla a interação com a atividade econômica, a partir do uso de modelos econômicos de fluxos de mercadorias entre cidades ou regiões. O submodelo de carga gera fluxos de mercadorias entre regiões da área geográfica estipulada para cada um dos setores específicos de interesse da economia. Tais fluxos são determinados a partir de matrizes de coeficientes da atividade econômica e de coeficientes de comércio inter-regional, os quais são sensíveis a variações nos custos de transportes. Essas matrizes, compostas por valores expressos em unidades monetárias, são transformadas em matrizes de origem e destino de carga em toneladas entre as zonas de tráfego. No submodelo de demanda por transportes de passageiros, utiliza-se uma abordagem tradicional que consiste no modelo de quatro etapas.	1992
Dinamarca	O modelo nacional de transportes da Dinamarca inicialmente foi elaborado para subsidiar o processo de tomada de decisão sobre políticas públicas de transportes, na implantação de sistema de transporte ferroviário de alta velocidade para o país.	Considera informações coletadas em domicílios e outras, de grupos específicos de usuários do sistema de transportes. Semelhante aos modelos da Holanda e Suécia, Existe uma necessidade de realização de pesquisas do tipo O/D em nível nacional em todos os casos.	1997
Suécia	O foco estabelecido para a formulação do modelo nacional de transportes sueco foi a determinação e a previsão dos padrões de viagem em função das distâncias percorridas, que já havia sido adotada pelo modelo nacional de transportes italiano, revelando-se conveniente no caso de países de maiores dimensões territoriais	Com a sigla SAMPERS, o modelo foi desenvolvido em seis subprojetos: controle de qualidade dos dados; submodelos para estimativas em nível regional; submodelos para estimativas de viagens de longa distância (nacionais); submodelos para estimativas em nível internacional; desenvolvimento de um sistema único de modelagem e validação do modelo. O sistema foi desenvolvido para analisar cenários em cada projeto específico, onde a definição de um cenário envolve um conjunto completo de informações socioeconômicas e demográficas por zona de tráfego definida, dados referentes ao sistema de tráfego e a definição de variáveis políticas. A estrutura do Modelo Nacional da Suécia está baseada na	1998

PAÍS	CARACTERÍSTICA	DESCRIÇÃO METODOLÓGICA	ANO
		realização de uma pesquisa de origem-destino (O/D) desenvolvida entre 1994 e 1998.	
Áustria	Plano de estradas nacionais utilizado para previsão dos efeitos na demanda de novos serviços de infraestrutura, mudanças de renda, população, comércio e indústria.	Contribui para o aperfeiçoamento na concepção do transporte nacional e efeitos ambientais. Contempla apenas o transporte de passageiros rodoviário e ferroviário. O ano-base considerado no modelo é 1995 com previsões aplicadas para 2005 e 2015, que representam a demanda por transportes para um dia útil do ano, segundo pesquisa domiciliar, pesquisa de OD e contagens de tráfego realizadas entre 1995 e 1996. As variáveis consideradas no modelo são: número de viagens, quilometragem percorrida para automóveis, trens, ônibus/carro regional, onde são incorporados seis motivos de viagem no modelo: trabalho, negócio, escola, compras, lazer e outros.	1998
Alemanha	Semelhante ao modelo Austríaco. Trata-se de um plano de estradas federais.	Utilizado para prever os efeitos na demanda de novas situações políticas na Europa, na política de infraestrutura e de transportes, sócio-demográficas e econômicas, além de mudanças no comércio e indústria. O modelo contempla apenas o transporte de passageiros. O ano-base considerado no modelo é 1988 com previsões aplicadas para 2010 e representam a demanda por transportes para um dia útil do ano, segundo pesquisa domiciliar do ano base.	1998
Suíça	Seu principal objetivo é fazer previsões dos impactos de implantação de infraestruturas e de medidas políticas, dentro da Suíça.	O modelo contempla apenas o transporte de passageiros. O ano-base considerado no modelo é 1997 com previsões aplicadas para 2005 e representa a demanda de transportes para um dia útil do ano, segundo pesquisa domiciliar, pesquisa de OD e contagens de tráfego realizadas entre 1995 e 1996. As variáveis consideradas no modelo são: número de viagens, quilometragem percorrida e rede de fluxos, para automóveis e trens. Três motivos de viagem são incorporados no modelo: trabalho, férias e outros.	1999
Inglaterra	Tratou-se de um processo intenso envolvendo governo, universidades e empresas de consultoria, além de consulta aos especialistas do setor. A estrutura modular possibilitou o desenvolvimento simultâneo de submodelos, que já foram devidamente integrados.	Constitui-se em um modelo de natureza intermodal, é composto por um conjunto de submodelos (estrutura modular), que envolve interações da demanda com o uso do solo (atividades), com a demografia (população) e com a infraestrutura de transportes (oferta). Dentre os submodelos que compõem o modelo nacional, três são especialmente relevantes, pois se integram e interagem para a geração das previsões e dos resultados finais: o modelo de demanda (<i>Demand Model</i>), o modelo capacidade e custos rodoviários (<i>Road Capacity and Costs Model</i>) e o modelo nacional ferroviário (<i>National Rail Model</i>).	2004
Bélgica e Hungria,	Existiram iniciativas, apesar de limitadas em escopo, para o desenvolvimento de modelos nacionais.	-	-

Fonte: Adaptado de BRAGA (2008).

Basicamente, o plano estipulou estratégias para: redução de acidentes e segurança do tráfego, redução de congestionamentos, eficiências dos sistemas de transportes, ampliação da conectividade e conservação do meio ambiente.

Nesse planejamento, foram estipulados metas para serem alcançadas como resultados estabelecidos como medidas de desempenho, nas áreas estratégicas definidas. Além disso, foram ainda definidos fatores externos que poderiam reduzir a capacidade do Estado, no seu planejamento estratégico, de atingir as metas definidas.

Nessa mesma diretriz dos Estados Unidos da América, no Canadá, o seu Ministério dos Transportes declarou a necessidade de conexões para um transporte intermodal “contínuo” e estratégico entre as redes marítima, ferroviária, rodoviária e aeroviária, com a justificativa para competir na economia global de hoje. Para tanto, a nova Política Nacional Estratégica dos Transportes para corredores comerciais, possui dotação orçamentária de US\$ 33 bilhões para que o plano de investimento em infraestruturas de redes oriente o desenvolvimento do comércio exterior. No recente período 2007-2008, foram emitidas diretrizes políticas dos transportes, programas e iniciativas regulamentares que criam as oportunidades econômicas, melhorias da segurança e proteção ao ambiente (TBS, 2008).

Os modelos nacionais de transportes proporcionam um instrumento valioso para subsidiar o processo de decisão em transportes, contribuindo, dessa forma, para a adoção de estratégias e para a realização de investimentos em infraestrutura que signifiquem maiores benefícios econômicos, sociais e ambientais para a sociedade (BRAGA, 2008).

Entre os aspectos, destacam-se elementos relevantes e que são comuns nos modelos nacionais de transportes:

1. Realização e/ou utilização de pesquisas com usuários e de origens e destinos das viagens;
2. Informações socioeconômicas associadas aos perfis de usuários ou tipo de transportes;
3. Formação de bases de dados, inclusive georreferenciadas, para identificação e simulação de redes de transportes;
4. Inclusão de aspectos ambientais no processo de planejamento; e
5. Elaboração de cenários preditivos, considerando tendências econômicas, desenvolvimento demográfico, características regionais, produções, consumos, etc.

Todos os modelos descritos anteriormente visam identificar soluções por meio de conjuntos de projetos de transportes considerando o atendimento a uma ou mais metas, e consideram, em suas elaborações mais de um critério em suas formulações metodológicas. Essa característica converge para a definição do objetivo desta Tese, conforme descrito no item 1.2.

No Brasil, como descrito anteriormente, o PNLТ define as bases do Modelo de Transportes do Governo Federal, e tem como foco uma visão estratégica do SNV.

2.3.2 Análise da Estrutura Metodológica Adotado para o Desenvolvimento do PNLТ

Publicado em 2007, pelo Ministério dos Transportes- MT, com o objetivo de retomada do planejamento estratégico dos transportes pelo Governo Federal, o PNLТ considerou a formação de um modelo nacional de transportes, por meio do desenvolvimento de um conjunto de metodologias estruturado em bases de dados geográficas, definidora da oferta de transportes (sistema viário multimodal) e dos elementos da demanda dessa oferta.

Para tanto, a demanda de transporte considerou o uso de um modelo macroeconômico, desenvolvido para determinação dos fluxos financeiros entre microrregiões do Brasil. O método usado consistiu em (MT, MD, 2007):

- (i) estruturar um cenário referencial para o ano-base, considerando as características estruturais do sistema econômico atual, sua evolução recente e conhecimentos sobre como os espaços econômicos se inter-relacionam;
- (ii) aplicar um modelo computável de equilíbrio geral (*Economic Forecasting Equilibrium System – EFES*) ao cenário referencial, permitindo a geração de cenários futuros.

O resultado final dessa modelagem, elaborada pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas / Faculdade de Economia e Administração / Universidade de São Paulo – FIPE/FEA/USP, se traduz na montagem da matriz de déficits e superávits (relações de produção e consumo) entre as microrregiões homogêneas, expressos em valores monetários para cada produto analisado, para os anos-horizonte do estudo.

O objetivo dessa modelagem da dinâmica socioeconômica do País foi estabelecer uma análise das implicações espaciais das megatendências da economia brasileira, no período, 2007 a 2023, com destaque para a demanda por serviços de transporte.

O pressuposto é que a desigualdade regional e a demanda por serviços de transporte resultam do padrão locacional das atividades, na base do qual estão, simultaneamente, forças dispersivas e forças aglomerativas.

Essa modelagem permitiu estabelecer projeções para a produção e o consumo de 80 tipos de produtos e serviços, em cada uma das 558 microrregiões do Brasil, para os períodos 2007-2011, 2012-2015, 2016-2019 e 2020-2023 (MT, MD, 2007).

Atualmente foram aumentadas as quantidades dos tipos de produtos utilizados na modelagem macroeconômica, ultrapassando os 110 tipos, e estendendo as projeções para o ano de 2031 (MT, MD, 2009).

O modelo macroeconômico foi utilizado em subsídio ao modelo convencional de transportes, dando as principais referências das taxas de crescimento a serem adotadas para os cenários de desenvolvimento de diversos produtos demandadores do transporte multimodal de cargas.

O modelo tradicional de transporte utilizado considerou como suporte um sistema computacional desenvolvido pela empresa LOGIT CONSULTORIA LTDA, consultora no desenvolvimento do PNLT, e que permitiu, com base em um modelo computacional intitulado *MANTRA*, de propriedade dessa empresa consultora, juntamente com o software *TransCAD*, (CALIPER, 2011), a modelagem de transporte, para calibração e projeção dos fluxos de cargas, por toneladas ao ano, e para volume médio diário anual do fluxo de tráfego nas rodovias nacionais.

Segundo descrito no Relatório Executivo do PNLT (MT, MD, 2007), para a modelagem de transportes foi utilizado o clássico modelo de planejamento de transporte denominado modelo de quatro etapas:

- I - Geração de Viagens;
- II - Distribuição de Viagens;
- III - Divisão modal e;
- IV - Alocação.

Segundo consta na página 16 do citado relatório:

“As etapas de geração e distribuição de viagens mais associadas à modelagem da demanda por transporte foram fortemente apoiadas nos resultados da modelagem macroeconômica do País, especialmente realizada pela FIPE para o PNLT. As etapas de divisão modal e

alocação, mais associadas à modelagem da oferta de transportes e de seus custos, se apoiaram em dados e parâmetros derivados de pesquisas de campo e estudos anteriores.”

O PNLT introduziu um novo conceito de territorialidade, que é a forma adotada para configurar o portfólio de investimentos de modo mais compatível com os fatores logísticos, que envolvem definitivamente as relações econômicas e seus rebatimentos na função transportes. Em termos territoriais, o PNLT organizou a distribuição do planejamento estratégico em regiões denominadas de “*Vetores Logísticos*”.

Desenvolveu-se uma nova proposta de organização espacial do País, na qual as microrregiões homogêneas foram agrupadas em função da superposição georreferenciada de diversos fatores representativos de suas características (MT, MD, 2007):

- Impedâncias ambientais;
- Similaridades socioeconômicas;
- Perspectivas de integração e inter-relacionamento (a antiga noção de “corredores de transporte”); e
- Funções de transporte, identificadas a partir da análise de isocustos em relação aos principais portos concentradores de carga do País.

Dividindo o território brasileiro em sete regiões (vetores logísticos), os resultados da modelagem do equilíbrio entre a oferta e a demanda de transportes, sob a lógica multimodal, foi registrado sob um enfoque da avaliação dos benefícios regionais.

Essas sete regiões foram denominadas da seguinte forma:

- Amazônico;
- Centro-Norte;
- Nordeste Setentrional;
- Nordeste Meridional;
- Leste;
- Centro-Sudeste; e
- Sul.

O PNLT considerou ainda, além dos vetores logísticos, a integração com a América do Sul, objeto da Iniciativa de Integração da Infraestrutura da América do Sul – IIRSA, razão pela qual foram agregados aos vetores logísticos nacionais outros

vetores representativos do processo de integração continental, aqui não entendidos com a mera visão de “corredores bi oceânicos”, mas dentro da visão estratégica de integração e desenvolvimento continentais. Esses vetores são os seguintes, ilustrados pela Figura 2.3 (MT, MD, 2007):

- Arco Norte;
- Amazonas;
- Pacífico Norte;
- Bolívia; e
- Prata/Chile.

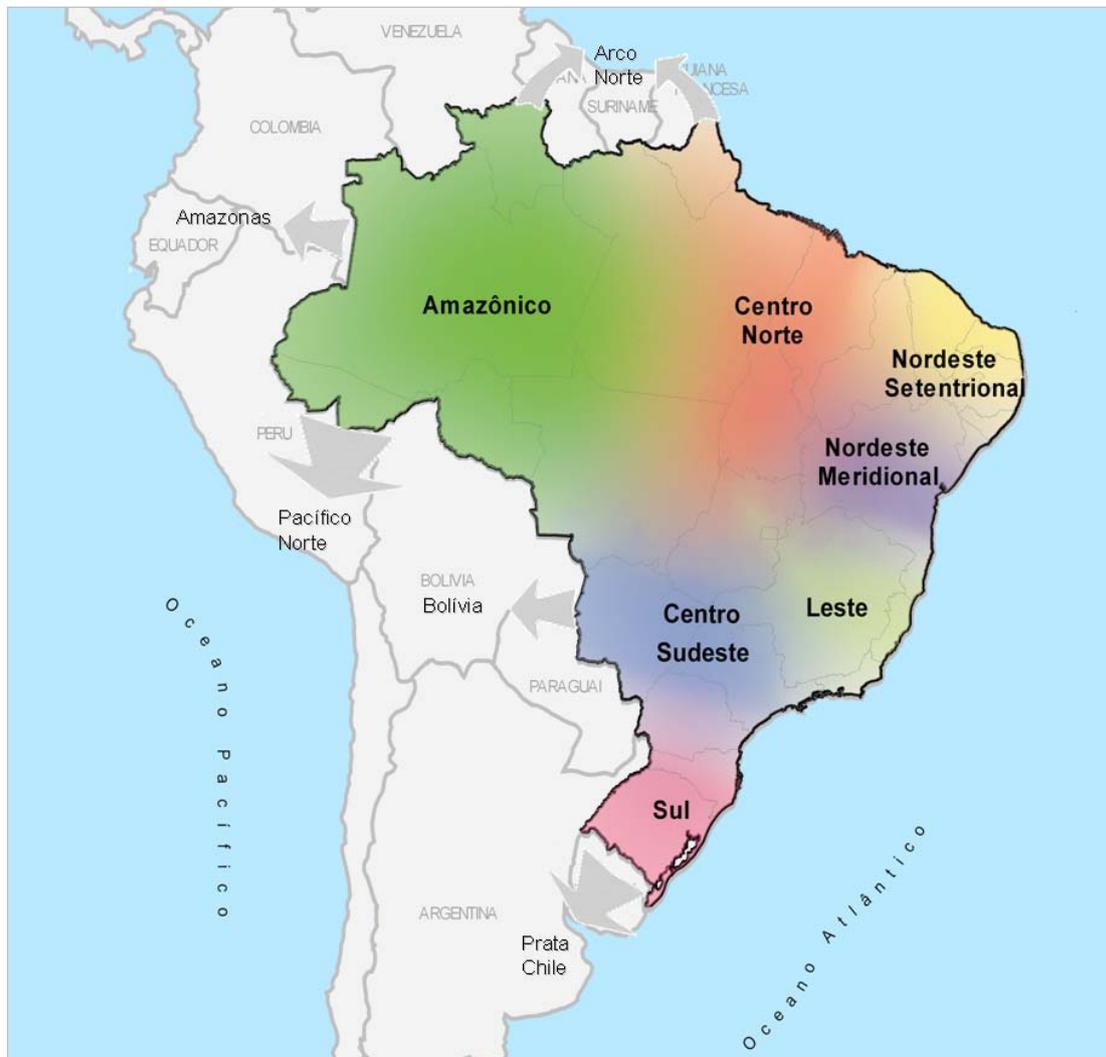


Figura 2.3: Vetores Logísticos e de Integração Continental

Fonte: MT, MD, 2007.

2.3.2.1 Caracterização da Oferta de Transporte

A identificação geográfica da rede de transporte multimodal caracteriza a oferta de transportes da área de estudo, que no caso do PNLT, trata dos arcos e pontos (nós) que permitem simular o transporte de bens e pessoas entre as zonas de origem e destino definidas no estudo¹.

Essa rede é ponderada com parâmetros viários físicos, operacionais, de relevo, de custos, entre outros. Sobre essa oferta são identificados os projetos que se desejam avaliar a viabilidade técnica e econômica.

Toda a estrutura que define a oferta de transportes é estabelecida por entidades geográficas e desenvolvida em sistema georreferenciado de dados. Os projetos viários passam, então, a configurar novos arcos ou modificações físicas e/ou operacionais de arcos existentes. Assim, os resultados advindos da identificação da demanda sobre a oferta devem ser registrados na rede de transportes, com e sem os projetos propostos, cuja representação gráfica permite visualizar o comportamento dos fluxos obtidos pelo uso de modelos de transportes.

Dessa forma, a avaliação dos investimentos necessários para implementar os projetos avaliados, ocorre simultaneamente para o conjunto de projetos definidos em cada período de quatro anos. Sob a oferta de transportes tem-se o processo de alocação de fluxos. Esses fluxos podem ser tratados na unidade toneladas por ano, para um grupo específico de produtos, ou tráfego médio diário anual de veículos, no caso das rodovias (que acabam tendo as duas avaliações).

2.3.2.2 Principais Aspectos dos Estudos de Demanda de Carga e Passageiro

O estudo de demanda é desenvolvido sob dois aspectos. O primeiro trata da geração de matrizes de produtos (mercadorias), definindo as matrizes de produção e consumo. Essas matrizes tratam os produtos definidos como relevantes para a inter e multimodalidade selecionados metodologicamente pelo PNLT.

¹ Uma rede de transportes é um conjunto interligado de rotas específicas, em que circulam meios de transportes. Essas redes são constituídas por um conjunto finito de nós e arcos (*links*), de tal forma que os nós são geralmente os pontos de maior relevância da rede, sendo as ligações entre eles feitas pelos arcos (NOVAES, 1989). Existem várias redes de transporte: urbana, rodoviária, ferroviária, hidroviária, etc. Uma rede multimodal é, então, aquela que considera todos os modos de transporte relevantes no estudo, incluindo como nós também as interligações/transfências entre os diversos modos. O Ministério dos Transportes – MT, por meio do Sistema de Informações de Planejamento Regional de Transportes – SIG-T, disponibiliza em seu *site* a rede multimodal considerada no Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT.

Para esse estudo de demanda, a identificação da produção e do consumo estrutura-se sob um zoneamento de transporte definido territorialmente pelas microrregiões brasileiras.

Dessa maneira, cada produto relevante é avaliado em termos de tonelada por ano. As matrizes desses produtos são então geradas para os pares de origens e destinos estabelecidos pelas microrregiões, onde as sedes dos municípios que definem cada microrregião, conforme estabelecido pelo IBGE passam a ser o centroide de uma zona de transporte, que serve para referenciar os pontos de produção e de consumo dos produtos considerados no PNLT.

A definição, por meio de estudos e pesquisas, das principais cadeias produtivas e a localização dos centros de produção e consumo de cada um dos produtos definidos como relevantes permite avaliar, em função do crescimento desses mercados, o crescimento do fluxo de tráfego e da utilização das infraestruturas existentes e das alternativas de investimentos para a sua melhoria, estudadas e propostas no PNLT.

Assim, uma avaliação do PNLT sobre a solicitação da oferta de transporte é exclusivamente feita para os fluxos na unidade de “tonelada/ano”. Nesse caso, a avaliação trata-se sob o enfoque da inter e multimodalidade, onde se pode avaliar o equilíbrio da oferta de transportes por mais de um modo para diversos produtos.

Para tanto, faz-se necessário que sejam definidos os critérios aplicados para as estimativas e projeções de produção e consumo por produto. A definição dos critérios de projeção deve ser feita com base em um processo de levantamento de informações para determinar a demanda no ano-base e quais as taxas de crescimento a serem adotadas para a estimativa das demandas futuras.

Em função das diferentes características dos produtos considerados no estudo, é de se esperar que as demandas específicas de cada um deles sejam mais bem explicadas em função de variáveis particulares. Portanto, para cada um dos produtos considerados, faz-se a identificação das variáveis que determinam melhor a demanda por transporte, seja no contexto da produção ou do consumo. O Quadro 2.2 apresenta como exemplo extraído do PNLT os critérios adotados em sua metodologia para a projeção da produção e consumo. Em função desses critérios, a produção e o consumo dos produtos descritos no Quadro 2.2 são projetados do ano-base até o horizonte de projeto, obtendo-se como resultado os totais produzidos e consumidos por zona que se conecta a rede multimodal.

Quadro 2.2: Critérios de projeção considerados para produtos relevantes

PRODUTO	COMPONENTES	CRITÉRIOS DE PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO	CRITÉRIOS DE PROJEÇÃO DO CONSUMO
Açúcar	Açúcar	Cenário tendencial baseado em expectativas de crescimento de mercado externo e descentralização da produção	Crescimento da população e exportação de excedentes
Adubos	Adubos	Projetado de forma a atender à demanda por adubo	Consumo previsto para as principais culturas agrícolas
Álcool	Álcool	Cenário tendencial baseado em expectativas de crescimento dos mercados interno e externo e descentralização da produção	Cenário tendencial baseado no aumento da frota de veículos bicombustíveis (<i>flex fuel</i>) e exportação de excedentes
Bauxita	Minério bauxita	Baseada em cenário tendencial de produção interna e exportação	Projetado de forma a atender ao crescimento da produção do setor metalúrgico
Cana-de-açúcar	Cana-de-açúcar	Taxas anuais projetadas de forma a atender à moagem	Crescimento necessário para atender à demanda da produção de açúcar e álcool
Carnes	Carnes de frango, suína e bovina	Crescimento do PIB do setor agropecuário	Crescimento da população e exportação de excedentes
Carvão	Carvão e coque siderúrgico	Proporcional ao crescimento do consumo	Projetado de forma a atender ao crescimento da produção do setor siderúrgico
Celulose	Celulose	Implantação de novos empreendimentos e crescimento vegetativo do parque consolidado	Projetado de forma a atender ao crescimento da produção de papel e exportação de excedentes
Cimento	Cimento	Cenário tendencial da FIPE para o setor de construção civil	Cenário tendencial da FIPE para o setor de construção civil
Combustíveis	<i>Diesel</i> , óleo combustível, gasolina, aviação e outros	Proporcional ao crescimento do consumo, sendo prevista a instalação de novas refinarias nos Estados de Pernambuco e Rio de Janeiro	Cenário tendencial da FIPE
Farelo de soja	Farelo de soja	Instalação de esmagadoras nas novas áreas agrícolas	Cenário tendencial da FIPE para o setor agropecuário
Fertilizantes	Complexos, superfosfato simples, uréia, sulfato amônio, superfosfato triplo, MAP/DAP, cloreto de potássio, nitrato de amônia	Crescimento para atendimento do consumo, mantendo-se as proporções de produtos importados	Crescimento proporcional à produção de adubo
Madeira	Madeira	Expansão da área plantada para atendimento do consumo	Crescimento proporcional à produção de celulose
Milho	Milho	Crescimento referenciado à produção de soja (rotação de culturas) e aumento de produtividade	Crescimento associado ao PIB do setor agropecuário
Minério de ferro	Minério de ferro e minério de ferro em pelotas	Cenário tendencial de produção interna e exportação	Projetado de forma a atender ao crescimento da produção do setor siderúrgico e exportação dos excedentes
Óleo de soja	Óleo de soja	Instalação de esmagadoras nas novas áreas agrícolas	Proporcional ao crescimento da população e exportação de excedentes
Papel	Papel	Implantação de novos empreendimentos e crescimentos vegetativos do parque consolidado	Cenário tendencial da FIPE e exportação dos excedentes
Petróleo	Petróleo, sendo produtor o Estado que recebe a produção das plataformas marítimas	Cenário tendencial de expansão da produção	Produção de combustíveis e exportação de excedentes
Rocha fosfática	Rocha fosfática	Projetada de forma a atender à demanda de fertilizantes primários	Projetada de forma a atender à demanda das misturadoras de adubo

PRODUTO	COMPONENTES	CRITÉRIOS DE PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO	CRITÉRIOS DE PROJEÇÃO DO CONSUMO
Siderúrgicos	Laminados planos, laminados longos e semiacabados	Produção até 2016, baseada no levantamento de investimentos anunciados. A partir de 2016, a projeção é feita em função do PIB do setor	Crescimento baseado nos cenários e tendências dos setores da indústria e da construção civil e exportação dos excedentes
Soja	Soja em grão	Cenário tendencial baseado em expectativas de crescimento de mercado externo e expansão da fronteira agrícola	Produção de farelo de soja e exportação dos excedentes
Veículos	Veículos de passeio	Cenário tendencial da FIPE para o setor industrial	Cenário tendencial da FIPE para os Municípios

Fonte: Adaptado de MT, MD, 2007.

O segundo aspecto metodológico utilizado no PNLT (MT, MD, 2007) trata da avaliação simultânea de cargas e passageiros, especificamente no modo rodoviário. Nesse caso, toma-se como referência para as avaliações o Tráfego Médio Diário Anual – TMDA (ou Volume Diário Médio Anual – VDMA). Essa referência é fundamental para a avaliação das condições da via, em termos de nível de serviço. Serve para identificação de segmentos rodoviários que necessitam de ampliação de capacidade.

Na atual versão do PNLT, a ênfase do planejamento se dá para o transporte de cargas, ficando o transporte de passageiros, restrito a uma avaliação da competição modal entre o modo rodoviário e aéreo, com análise estabelecida somente para os fluxos de passageiros entre as capitais dos Estados Brasileiros.

Contudo, o estudo e a pesquisa desenvolvidos basearam-se em uma matriz de passageiros, utilizando-se de dados coletados nas rodovias federais e estaduais, destacando-se a pesquisa de tráfego desenvolvida pelo DNIT no ano de 2005, com o apoio do Exército Brasileiro, intitulada *Semana Nacional de Contagem de Tráfego*, correspondendo aos resultados de contagens volumétricas e classificatórias, realizadas durante 24 horas em um período de sete dias, em 109 trechos rodoviários federais, onde também foram coletadas informações amostrais sobre as origens e os destinos das viagens associadas a informações socioeconômicas (DNIT, 2006).

Somando-se a essas informações foram coletadas junto a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC, dados sobre as matrizes de origens e destinos das viagens aéreas domésticas. Na atualidade, o Ministério dos Transportes – MT vem mantendo estudos para o aprimoramento e perenização do PNLT, onde se propõe aprimorar o estudo de demanda de passageiros. Da mesma forma que a oferta de transporte é estruturada em termos de base geográfica, a demanda é estruturada como um atributo das áreas georreferenciadas que

definem as microrregiões (para produção e consumo de mercadorias) e municípios (para viagens rodoviárias).

Os centroides dessas áreas são os pontos de conexão com a rede de transportes e, portanto, da matriz de origens e destinos com o sistema viário definido por essa rede. Assim, essa demanda deve ser analisada pela definição de funções preditivas da taxa de crescimento da movimentação de cargas, passageiros ou veículos, nos segmentos viários, cuja correlação geralmente depende do crescimento demográfico e econômico.

O modelo de macroeconomia utilizado no PNLT permite que a análise regional seja integrada a uma análise global, o que resulta em uma maior consistência dos valores de projeção das demandas futuras. A demanda identificada (gerada) para o ano-base é distribuída e dividida para cada cenário futuro estudado.

2.3.2.3 Geração, Distribuição e Divisão Modal

Com a oferta e a demanda estabelecida, as taxas de projeção e os critérios de avaliação de investimentos, o PNLT (MT, MD, 2007) define ainda os parâmetros de custos associados a esses elementos, sendo eles tanto operacionais, quanto tarifários. Os primeiros servem às análises de caminho mínimo na rede multimodal, e o segundo como parâmetro da divisão modal. Com essa composição metodológica, tem-se a aplicação de modelos de geração, distribuição e divisão modal.

A geração e distribuição das viagens devem ser interpretadas como a identificação da relação de produção e consumo (atração e geração) pelos pares de zonas definidos para um determinado estudo de transportes, que se deseja identificar o equilíbrio entre a oferta e a demanda de transportes, nas condições atuais e nos cenários futuros onde se considera o crescimento dessa demanda avaliada sob as modificações proposta para a oferta inicialmente estabelecida.

Para os estudos de produção e consumo de mercadorias, no PNLT, a geração de viagens é estabelecida sobre as matrizes definidas para cada produto, entre pares de zonas definidas por microrregiões.

Com as matrizes de produção e consumo para cada produto no ano-base, para que seja possível a identificação da demanda sobre a oferta de transportes, as matrizes futuras devem ser geradas, distribuídas e divididas por modos de transporte disponível (MT, MD, 2007). A produção e o consumo de cada mercadoria (produto) para cada

zona de transportes em um determinado ano-horizonte são obtidos por meio da multiplicação do valor correspondente ao último ano do período anterior, pelo valor da taxa de projeção acumulada do período, ou seja (MT, MD, 2007):

$$P_f = P_b \times (1 + t_P)^n \quad (2.1)$$

$$C_f = C_b \times (1 + t_C)^n \quad (2.2)$$

em que:

- P_b, C_b : produção e consumo, respectivamente, de um produto para uma determinada zona no ano-base;
- P_f, C_f : produção e consumo, respectivamente, de um produto para uma determinada zona no ano futuro;
- t_P : taxa anual de projeção da produção de um determinado produto no período considerado;
- t_C : taxa anual de projeção do consumo de um determinado produto no período considerado; e
- n : duração do período de análise.

Assim, as taxas anuais de projeção dependem dos critérios adotados para cada produto, conforme visto no Quadro 2.2.

Dessa forma, são definidos os vetores de produção e consumo para cada produto e para cada um dos anos-horizonte, que representam, respectivamente, os fluxos de transportes, entre pares de zonas definidas pelas microrregiões.

Uma vez definidos esses vetores, a distribuição de viagens refere-se ao processo de determinação dos deslocamentos correspondentes, ou seja, da distribuição do fluxo entre pares de zonas (origens e destinos). Existem diversos modelos que podem ser utilizados para a distribuição de viagens, entre os quais se destacam o modelo gravitacional, o de fator de crescimento e o modelo de equilíbrio, por serem os mais utilizados (CAMPOS, 2013).

Por meio de um processo iterativo, os fluxos entre zonas de origem e destino são determinados de forma a serem proporcionais aos totais produzidos em cada zona de origem e consumidos em cada zona de destino, e inversamente proporcionais às impedâncias relativas entre as zonas de origem e destino. Quanto menor a impedância (ou custo) entre as zonas de transporte envolvidas, maior o fluxo movimentado entre elas.

Como resultado do modelo de distribuição obtém-se matrizes origem e destino para cada produto e para cada ano-horizonte considerado no estudo.

A identificação da parcela de cada produto em pares de origem e destino nos diversos modos de transporte representados na rede viária de simulação é obtida pelo processo de divisão modal, que está associado à determinação do modo de transporte pelo qual as viagens são realizadas, ou seja, à distribuição do total de viagens para cada par de zonas entre todos os modos de transporte (MT, MD, 2007).

Devem ser consideradas, para tanto, a capacidade de escoamento de todos os modos e suas interferências no sistema viário analisado, observando-se a transferência modal em função das melhorias previstas no sistema. Assim, na divisão modal, são utilizadas funções representativas da porcentagem de viagens realizadas em cada modo de transporte, normalmente por modelos de escolha discreta do tipo *LOGIT* (com estrutura simples ou hierárquica). Esses modelos devem relacionar fatores como tempo de deslocamento, variáveis socioeconômicas, custo da viagem e níveis de serviço (CAMPOS, 2013).

O principal fator que determina a maior ou a menor probabilidade de uma escolha modal está no valor da tarifa/frete a ser cobrada, se existirem condições de capacidade, e as premissas operacionais e físicas que envolvem a entrega do produto ou o transporte dos passageiros forem atendidas.

Para a demanda das viagens rodoviárias, a geração de matrizes, para o ano-base, é definida pelas informações das pesquisas de tráfego citadas anteriormente. A distribuição segue os mesmos conceitos anteriores, não havendo nesse caso a etapa da divisão modal, pois o fluxo de viagens é exclusivamente do modo rodoviário. Com a geração das matrizes, distribuídas, tanto para o ano-base, como para os períodos de projeção de crescimento, devidamente divididas para cada modo de transporte considerado na rede multimodal, faz-se a alocação de viagens na oferta de transporte.

2.3.2.4. Alocação de Viagens

Com a alocação do fluxo, deve ser calibrada a rede geográfica multimodal, ajustando-se os tempos, a velocidade e os custos operacionais calculados e associados aos segmentos georreferenciados dessa rede. A alocação de tráfego na rede de transportes existente representa a etapa de escolha do caminho, por um dado modo de

transporte, entre os pares origem/destino.

Essa fase auxilia na identificação das deficiências do sistema de transporte e/ou suas necessidades em função da demanda, permitindo considerar rotas alternativas na rede. Ela é a base para a análise de capacidade e nível de serviço das vias representadas pela rede geográfica.

Essa fase finaliza o processo de simulação do sistema viário. Nela é realizada a interação entre a demanda – representada nas matrizes de fluxos resultantes da divisão modal – e a oferta – descrita pela rede multimodal do modelo de transportes. Entre os modelos que podem ser utilizados para a alocação do tráfego, destacam-se: “tudo ou nada”, estocástico, de capacidade restrita, incremental e por equilíbrio do usuário (CAMPOS, 2013).

Essas calibrações devem ser orientadas pelos resultados dos fluxos em tonelada por ano ou dos volumes médio diários de tráfego pesquisados e expandidos para a média anual. A definição dos caminhos mínimos entre os diferentes pares de zonas de tráfego é função do processo de calibração.

Esse processo de calibração difere quando se trata de ajuste entre as matrizes de produção e consumo, estabelecidas em toneladas por ano (ton./ano), por produto, do tráfego de veículos definidos pelas matrizes de viagens das pesquisas rodoviárias utilizadas como base de informações pelo PNLT.

No PNLT, o custo operacional é utilizado como critério para identificar o menor caminho entre origens e destinos². Esse custo é calculado por *link* (arco) da rede, sendo que para o modal rodoviário, preferencialmente utiliza-se a metodologia estabelecida no HDM-4 (*Highway Development and Management Model*) ou adaptações de seus conceitos e funções (TORRES, 2013; CAMPOS, 2013; PIARC, S/D).

Como resultado final, se obtém a alocação do fluxo ou tráfego atual, que consiste no carregamento da rede definida pela oferta de transporte. Esse processo é também utilizado para as alocações das matrizes futuras.

² O caminho mínimo entre um par O/D é aquele de menor impedância que une os pontos de origem e destino. Essa impedância pode relacionar-se à distância, ao tempo de viagem, a um custo generalizado de transporte, etc. Nesse caso, o PNLT adota o critério de encontrar as rotas com menor custo operacional (impedância) considerando cada modo de transporte que compõem a sua rede multimodal.

Os devidos cuidados técnicos devem ser tomados para que o processo de alocação resulte em valores de fluxo, e principalmente de tráfego rodoviário, o mais próximo da realidade observada no ano-base considerado pelo estudo³.

O processo de alocação dos volumes de fluxo realiza-se de maneira que a sua composição considere os valores desses fluxos gerados, desviados e induzidos. Essa composição também é resultado das calibrações da rede multimodal e das matrizes de produtos e de viagens.

2.3.2.4. Avaliação dos Investimentos

O processo de avaliação de investimentos do PNLT, após considerar a identificação da demanda sobre a oferta, procede à avaliação de dois tipos básicos de projetos: para ampliação da capacidade viária (gargalos) ou redução dos custos de transportes por novos elos (arcos) na rede multimodal.

Para tanto, considera-se, em um aspecto, os fluxos de produtos gerados e projetados, distribuídos, divididos e alocados na rede multimodal, para cada ano, considerando para os tipos de projetos citados, as reduções dos custos de transportes para tais produtos, em comparação aos custos de investimento.

A redução dos custos de transportes para os produtos considerados relevantes tratam tanto da redução dos fretes e tarifas praticados, quanto dos custos operacionais. Esses custos são generalizados para cada produto para cada modo de transportes.

Um determinado projeto passa a ser viável, quando a demanda projetada para os produtos considerados relevantes, passam a ter uma redução dos custos de transportes por novos caminhos definidos com a proposição de projetos, em comparação aos caminhos praticados sem o projeto, ou seja, classificados nas avaliações econômicas como o “caso base”, que representa a situação atual da oferta de transporte.

No PNLT (MT, MD, 2009), a avaliação da viabilidade do empreendimento baseia-se em indicadores econômicos tradicionalmente utilizados, destacando-se a Taxa Interna de Retorno – TIR e o Valor Presente Líquido – VPL. Para tanto, são estimados os valores dos custos de investimentos para cada projeto proposto. Assim, avalia-se em que

³ Destaca-se que os carregamentos obtidos por meio da alocação das matrizes O/D à rede de simulação, para serem considerados validados, devem estar próximos às contagens volumétricas obtidas em campo – quando isso não ocorre, é necessário fazer a calibração do modelo, ajustando-se conectividades dos arcos e nós da rede de simulação, alterações de atributos desses arcos entre outras medidas técnicas.

momento, no horizonte definido para cada tipo de projeto, o mesmo apresenta os indicadores TIR e VPL economicamente viáveis.

O outro aspecto de avaliação de investimentos se dá exclusivamente no modo rodoviário, onde se verifica quais segmentos possuem nível de serviço D, conforme o conceito e definição do *Highway Capacity Manual* – HCM (TRB, 2000).

Nesse caso, os segmentos rodoviários que apresentam nível de serviço D ou superiores, são indicados para ampliação de capacidades. Com isso, verifica-se também, no tempo, quando os segmentos com nível de serviço D surgirão, o que permite definir em que momento deve ser investido recursos nesses segmentos. Esse critério, mas por metodologia adequada, também é utilizado para segmentos ferroviários e serve para o mesmo tipo de proposição, ou seja, ampliação de capacidade (MT, MD, 2007).

O PNLT adota, contudo, para os dois aspectos de avaliação de investimentos, proposições de projetos que nem sempre se enquadram nesses casos citados. Trata-se de projetos de interesse governamental, e que se justificam por critérios de integração regional, com países de fronteira ou no território nacional, em áreas classificadas como “economicamente deprimidas” e por isso, necessitam de investimentos para alavancar suas economias locais. Assim, a conjunção dos tipos de avaliação de projeto resulta nos portfólios de investimentos, definidos para períodos de quatro anos, acompanhando o período do Plano Plurianual. Contudo, não há uma hierarquização dos projetos dentro de cada período. Todos são prioritários.

Dessa forma, o PNLT se estrutura para estabelecer as diretrizes a serem adotadas pelas Diretrizes da Política Nacional de Transportes, indicando metas e definindo critérios para alcançá-las, por meio de alternativas de investimento. Sendo um plano de caráter indicativo e estratégico, o PNLT propõe como elementos de avaliação dos investimentos os critérios descritos. Contudo, existem outros e mais detalhados tipos de benefícios econômicos que são considerados em estudos de viabilidade de investimentos em projetos de transportes. O grau de detalhamento e a quantidade dos tipos de benefícios a serem considerados, dependem de cada tipo de estudo ou plano de governo.

CAPÍTULO 3. AVALIAÇÕES DE INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

Segundo SHORT, KOPP (2005), infraestrutura de transporte é um bem socioeconômico fundamental que estrutura o território e determina a dinâmica da mobilidade, além de influenciar os fluxos de comércio, bem como locais industriais e de residência, sendo necessários à sua construção e manutenção, montantes significativos de recursos e sendo a sua natureza altamente visível e pública provoca preocupações políticas importantes, especialmente em seus efeitos ambientais e, portanto, as decisões sobre as mesmas têm impactos que duram décadas, até mesmo séculos, sendo seu planejamento e financiamento temas políticos controversos a nível nacional e cada vez mais a nível internacional.

Nessa diretriz, a avaliação de um projeto de infraestrutura de transportes visa compreender o contexto social, econômico, ambiental e institucional em que se insere. A possibilidade de realizar previsões confiáveis dos benefícios e dos custos depende, usualmente, do rigor metodológico utilizado nas suas quantificações e no detalhamento produzido na descrição das condições macroeconômicas e sociais da região de influência de um determinado projeto.

Os benefícios econômicos dos transportes usualmente são avaliados em um contexto de planejamento de longo prazo. No setor de transportes, a quantificação dos benefícios de um projeto de infraestrutura de transportes se faz ante o entendimento dos custos suportados diretamente pelos seus usuários e das suas externalidades, segundo um enquadramento socioeconômico e ambiental.

Assim, uma fase fundamental nas avaliações de investimentos em infraestrutura de transporte considera, inexoravelmente, a estimativa dos custos e benefícios, pois os mesmos são os elementos principais de quase todas as abordagens metodológicas utilizadas como subsídios de tais avaliações.

Contudo, as dimensões dessas avaliações podem ser mais amplas, considerando questões sobre o desenvolvimento econômico regional, interfaces com áreas de proteção ambiental, geração de renda e emprego, além de outras que podem ser elencadas e avaliadas, no contexto dos “ganhos” promovidos por projetos de infraestrutura de transportes.

3.1 DEFINIÇÕES DOS CUSTOS E DOS BENEFÍCIOS DOS INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

BANISTER, BERECHMAN (2001) argumentam que as ligações entre os transportes, a localização e o desenvolvimento econômico são multidimensionais e muitos outros fatores são relevantes para entender os impactos dos investimentos em infraestrutura de setor. Devido a essa complexidade, é difícil visualizar as relações de causalidade entre investimentos em transportes e crescimento econômico.

Segundo VASCONCELOS (2003), em transportes, as avaliações dos benefícios dependem diretamente da quantificação dos custos associados e podem ser classificados de acordo com sua natureza, ou seja: direta / indireta, interna / externa para o usuário ou de ser ou não representado nas transações de mercado (comercializável / não comercializável).

Assim, os benefícios podem ser tidos como tangíveis, por exemplo, redução do tempo de viagem ou intangíveis, como o aumento de conforto, e pode ser traduzido ou não em termos monetários. Dessa forma, todos os benefícios aplicáveis para o setor de transporte podem ser analisados segundo a "redução" dos custos à sociedade (VASCONCELLOS, 2003).

Segundo MARTINS (2002) a definição de custos sociais de forma simplificada pode ser assim apresentada:

“Corresponde a todos os custos diretos e indiretos que uma atividade gera – seja ela relacionada com transportes ou qualquer outro setor da sociedade. Trata-se, portanto, não só dos custos que são suportados pelos promotores da atividade, normalmente designados por custos privados, como também a todos os custos ‘extra’, os quais são suportados por terceiros, sejam estes: o Estado, a sociedade em geral ou outros indivíduos privados em particular. Neste caso, sempre que há por parte dos terceiros a consciência e aceitação desses custos, então estamos em presença de uma situação de subsidiação (direta ou cruzada). Quando não há consciência e/ou aceitação das parcelas de custo, estamos perante um fenômeno de geração de custos externos. Nesse caso podemos falar sempre da existência de uma externalidade, mesmo que esta não tenha uma tradução física concreta.”

Assim, a estrutura das relações de custos pode ser ilustrada pelo seguinte fluxograma exibido na Figura 3.1.

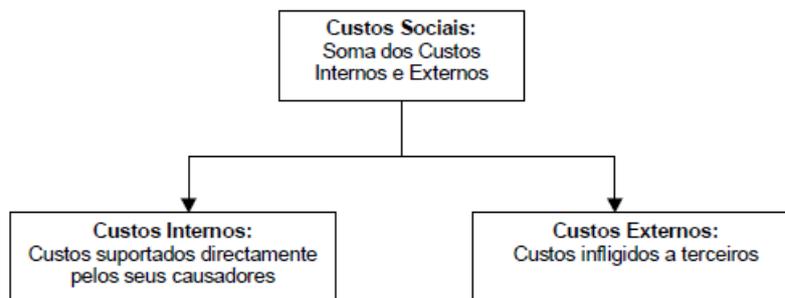


Figura 3.1: Custos sociais, internos e externos
Fonte: Martins, 2002

As principais externalidades que devem ser consideradas nessa questão – que não as únicas – são: a poluição atmosférica e o efeito estufa, o ruído, os acidentes e o congestionamento, com carácter marcadamente socioambiental e finalmente, os custos de utilização das infraestruturas e transportes públicos, predominantemente socioeconômicos.

Além desses, ditos ‘primários’, existe uma série de outros fenômenos, os quais, apesar de terem impactos e custos globais muito menores em relação aos anteriores, devem ser levados em conta, ainda que de uma forma mais pontual e/ou qualitativa. Nesta situação destacam-se as seguintes externalidades: vibrações; poluição do solo e lençóis freáticos; alterações na natureza e paisagem; alterações ao “equilíbrio urbano”; escassez de espaço para estacionamento, etc (MARTINS, 2002).

Nesse contexto, para que seja possível quantificar a consideração de um benefício em transportes classificado de “direto”, advindo de um determinado projeto a ser implantado, tem-se sempre que partir de uma comparação deste com a situação estabelecida, definida usualmente como “caso base”, o que significa “nada fazer”.

O “caso base” caracteriza em si quais os custos vigentes suportados pelos usuários de um sistema de transportes, o que permite verificar, quais benefícios “diretos” seriam adquiridos quando comparado com as proposições de melhorias dos projetos em análise.

Assim, em termos econômicos, os benefícios de transportes classificados de “diretos” são quantificados pelas reduções dos custos em comparação com o “caso base”. Com relação aos benefícios indiretos, a sua quantificação segue outra lógica, pois são avaliados em termos de ampliação dos fatores econômicos da área de influência do

empreendimento, e cuja quantificação não se pode classificar de padronizada ou com estabelecimento de critérios consolidados.

Entre esses benefícios destacam-se os relacionados à valoração imobiliária (glebas e imóveis) na área de influência do projeto e a ampliação das riquezas locais e regionais relacionadas à produção e comércio (DNIT, 2005). Em resumo, o benefício indireto, expressa os resultados econômicos positivos absorvidos pela sociedade devido à melhoria de um sistema de transportes.

As identificações dos tipos de benefícios econômicos em transportes dependem de uma definição sucinta, mas de forma clara e inequívoca, sobre as funções ao qual se presta um projeto de transportes e, portanto, quais os objetivos que orientam os investimentos. Para tanto, preliminarmente a análise dos benefícios dar-se-á por modo e pela natureza dos projetos de transportes.

Dessa forma, deve ser exposto o tipo de ação prevista, ou seja, se trata da análise de um projeto transformador, que modifica a lógica de uso da rede existente ou se é algo inserido somente para a melhoria de uma determinada infraestrutura instalada.

Alterações no sistema de transporte dão origem a alterações na percepção dos custos de circulação de mercadorias e viagens pessoais de determinados pontos de origem para determinados pontos de destino. Este aspecto é uma medida amplamente percebida para o usuário em movimentação entre dois pontos, e inclui alterações nos custos (como tarifas, despesas de combustível de automóveis e outros).

Os itens a serem incluídos nas estimativas dos custos percebidos para uma viagem particular são: mudanças no tempo de viagem, mudanças nas taxas de utilização - incluindo as tarifas e pedágios - e alterações nos custos de operação dos veículos (DFT, 2011). Para as viagens de cargas (o que também é computado nas viagens pessoais) se tem como prevalência as reduções dos custos operacionais.

Dito isso, tem-se que os objetivos socioeconômicos dos projetos de transportes são geralmente relacionados com a melhoria das condições de viagem para passageiros e mercadorias, tanto na área de estudo (acessibilidade), como na melhoria da qualidade do ambiente e do bem-estar da população servida. Mais detalhadamente, os projetos de transporte tratam das seguintes questões (EC, 2006):

- A redução do congestionamento, com a eliminação de restrições de capacidade;
- A melhoria do desempenho de uma ligação de rede ou nó, aumentando a velocidade de deslocamento e redução dos custos operacionais e taxas de acidentes, por meio da adoção de medidas de segurança;
- A transferência da demanda de transporte para modos específicos de transporte;
- O cancelamento das ligações ou redes ineficientes;
- A melhoria da acessibilidade aos meios de transportes; e
- A melhoria do consumo energético e da poluição.

Em outras palavras, as questões listadas relacionam-se com os seguintes tipos de benefícios que podem ser quantificados:

- Diretos
 - Redução do consumo de combustíveis e da poluição;
 - Redução do número de acidentes na via;
 - Redução do custo operacional dos veículos na via;
 - Redução dos custos logísticos;
 - Redução do custo do tempo de viagem do passageiro; e
 - Redução do custo do tempo de entrega da carga.
- Indiretos
 - Aumento no valor nos imóveis e glebas de terras diretamente relacionadas com o projeto; e
 - Aumento da riqueza econômica da região da área de influência do projeto.

Sobre tais benefícios, além da sua quantificação, imputam-se os “méritos” econômicos, cuja forma de avaliação é qualitativa e está propensa a subjetividades de interpretação, sendo exemplos: a melhoria das condições de acesso aos instrumentos urbanos básicos como saúde, escola, instituições públicas, etc.; a geração de renda e emprego no período de obras; a ampliação das relações sociais entre regiões ligadas com a implantação do projeto; etc (ECE, 2003).

Existem ainda outros aspectos relacionados aos benefícios, que são tratados com caráter de segurança nacional, ocupação territorial e/ou geração de meios para ampliação das relações entre países. Nesse contexto, para identificação dos tipos de benefícios, o primeiro passo é definir com clareza os principais objetivos do projeto de transporte, bem como os relacionados com a economia de energia e reduções das emissões e mantê-los

separados dos indiretos (de desenvolvimento regional, emprego etc.). Uma vez que os objetivos foram esclarecidos, em seguida, deve ser verificado se a identificação do projeto é coerente com os objetivos definidos.

Dessa forma, há projetos em que, efetivamente, os benefícios são específicos e diretos, sendo o melhor exemplo desse contexto aqueles destinados à redução de acidentes em vias pela correção de segmentos críticos ou passagens em nível. Nesse caso, outros benefícios diretos, como redução dos custos operacionais ou ganho nos tempos de viagens são praticamente nulos.

Em termos dos benefícios indiretos, esses usualmente estão associados a projetos que promovam transformações na circulação de pessoas e mercadorias e que em longo prazo funcionem como “catalisadores” para ampliação das riquezas econômicas e produtivas de uma determinada localidade ou região. Seus efeitos são mais amplos e visíveis em casos de projetos que são inseridos em territórios desprovidos ou com insuficiência dos meios de transportes (EC, 2008).

Com vistas de se promover avaliações para mais de um tipo de benefício identificado em um projeto, a relação entre esses benefícios pode ainda ser computada como um único benefício classificado de generalizado.

Dessa forma, uma vez definido quais são os benefícios que caracterizam um projeto, a generalização ou não desses benefícios dependerá da abordagem metodológica associada à sua formulação.

Considerando o contexto da viabilidade econômica como a superação dos benefícios (e sua distribuição para a sociedade) em relação aos custos de um projeto de transporte, a apropriação desses benefícios depende dos objetivos ao qual projeto visa e a sua natureza.

Esses objetivos estão relacionados às formas de execução das diretrizes políticas estabelecidas para o setor de transportes, e dependendo de suas bases conceituais, a apropriação dos benefícios pode ser especificamente para garantia de redução de custos operacionais e manutenção de níveis de serviços, ou podem ser mais amplos, e tratarem de apropriação de benefícios diretos como indiretos, podendo ainda considerar outros critérios além dos indicadores econômicos da relação custo-benefício.

Dessa forma, têm-se nas análises de viabilidade dos investimentos em infraestrutura de transporte, maiores idiossincrasias, quanto mais benefícios forem

avaliados, o que depende de como se estrutura a lógica de atendimento às condições estabelecidas pela política de transporte para considerar viável um investimento público.

Em contrapartida, a apropriação restrita de um determinado benefício pode descaracterizar o projeto, seja pela não rentabilidade advinda do mesmo em relação aos custos, seja pela necessidade de se alcançar, em termos de Estado, um conjunto maior de resultados positivos para a sociedade quando da implantação de um projeto. A garantia de que tais benefícios manter-se-ão em faixa de valores cujos patamares garantem retornos que superem os custos, deve nortear as formulações e apropriações de benefícios na avaliação de viabilidade de um projeto de transportes.

Nesse contexto, as condições gerais para a formulação dos benefícios em transportes passam pela ampliação temporal do seu uso, que é caracterizado pelo aumento da demanda. A demanda por transporte é classificada em três tipos, ou seja: desviada, induzida e gerada. A demanda desviada e a induzida estão efetivamente relacionadas ao projeto que modifica as condições de transportes, enquanto que a demanda gerada é tratada tanto no “caso base” como no projeto proposto.

Dessa forma, para os benefícios diretamente associados à via, inevitavelmente sua quantificação dependerá da formulação para estimar a variação temporal da demanda, considerando os três tipos citados, que podem ser tratados de forma generalizada.

Assim, os benefícios anteriormente citados podem ser tratados tanto desagregados, com formulações específicas, como agregados, ou melhor, generalizados.

Adotando-se a generalização dos benefícios como a forma de quantificação ter-se-á as seguintes características (EC, 2003):

- Os benefícios para os utilizadores dos projetos de transporte podem ser definidos pelo conceito de excedente dos consumidores, representado como excedente de disposição⁴ dos consumidores para pagar em relação ao custo generalizado da viagem entre origem *i* e destino *j*.
- Será aumentado num montante de ΔCS (benefício), devido à redução do custo generalizado de equilíbrio.

⁴ A disposição para pagar é o montante máximo monetário que um consumidor está disposto a pagar para efetuar um deslocamento específico; o custo generalizado é um montante que representa o impacto negativo global de uma viagem entre um ponto de origem (*i*) e um ponto de destino (*j*) através de um modo específico (*m*).

- Normalmente, é desconhecida a verdadeira forma da curva e só conhecemos CG (custo generalizado) e T (número de viagens) no cenário mínimo (base) e uma previsão de CG e de T no cenário com projeto. Supõe-se que a curva da procura é uma linha reta, como a indicada no desenho da Figura 3.2, mesmo que, na realidade, não seja este o caso.
- O benefício suplementar para os utilizadores pode ser calculado aproximadamente pela fórmula seguinte, conhecida com a regra do triângulo:

$$(CG^0 - CG^1) \times T^0 + (CG^0 - CG^1) \times \frac{T^1 - T^0}{2} = (CG^0 - CG^1) \left[T^0 + \frac{T^1 - T^0}{2} \right] = (CG^0 - CG^1) \left[\frac{T^0 + T^1}{2} \right] \quad (3.1)$$

- Em resumo, o benefício do utilizador ij é igual à diferença do excedente dos consumidores ij_1 menos o excedente dos consumidores ij_0 , sendo 1 o cenário em que o projeto é realizado e 0 é o cenário sem projeto, caracterizando o “caso base”; e
- Quando o efeito de um projeto pode ser sintetizado sob a forma de uma redução dos custos generalizados entre origens e destinos específicos, a regra do triângulo permite uma aproximação útil às vantagens suplementares reais dos utilizadores.

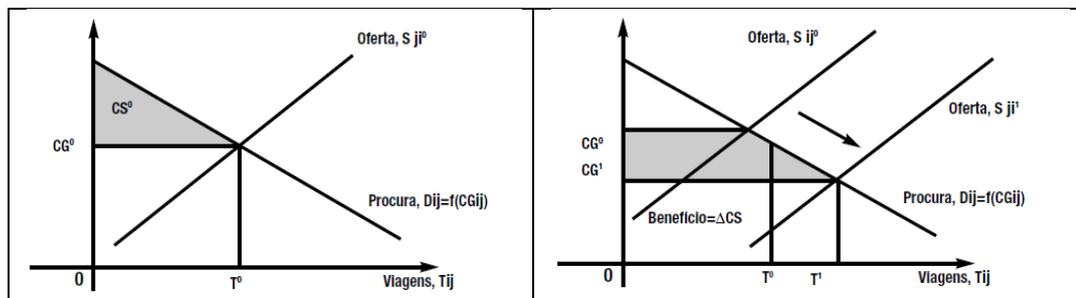


Figura 3.2: Composição gráfica do custo generalizado.

Fonte: EC, 2008.

A dificuldade da generalização do custo é a definição da curva que seja adequada à variação das viagens (demanda) no tempo.

Outra forma de tratar a quantificação do benefício é mantendo o tratamento em cada tipo de benefício definido, e ao contrário da sua generalização, tem-se a discriminação do percentual de cada um dos benefícios computados em separado, permitindo analisar qual deles efetivamente comanda os ganhos do projeto.

Em ambos os casos, ter-se-á sempre a necessidade de se tratar as formulações segundo condições econômicas estabelecidas como uma taxa de desconto (taxa mínima de juros de longo prazo) no horizonte temporal do projeto, sendo que a mudança desses parâmetros reflete nos resultados de quantificação dos benefícios.

As variáveis envolvidas nos custos diretos caracterizam os atributos físicos das vias e veículos, bem como as condições operacionais estabelecidas por meio de metodologias de avaliação da capacidade e níveis de serviços das vias. Assim, a quantificação dos benefícios diretos está correlacionada com os resultados da modelagem de transportes, tanto na estimativa da demanda, quanto na apropriação dessa demanda como fluxo na rede viária onde se insere o projeto.

Logo, para os benefícios advindos das reduções de custos operacionais são tratadas variáveis relacionadas às condições de trafegabilidade da via, por tipo de veículo e relevo da região geográfica onde a mesma se insere.

Para o tempo de viagem do passageiro e da carga são tratadas variáveis relacionadas a custos das tarifas dos transportes e da remuneração dos usuários do transporte.

A quantificação dos acidentes em transportes tem seu compito segundo informações de pesquisas sobre acidentes nas vias, os custos econômicos relacionados aos efeitos desses acidentes e a relação das condições de segurança e trafegabilidade dos trechos onde ocorrem.

No caso de valorações dos benefícios indiretos, as incertezas assumidas em suas apropriações sempre são maiores do que aquelas dos benefícios diretos.

Usualmente, a apropriação dos benefícios econômicos nas avaliações de viabilidade de projetos de transportes, principalmente de investimentos em infraestrutura viária e logística, busca separar em suas análises os benefícios diretos, cuja quantificação está ligada diretamente a via ou sistema viário, e os classificados como indiretos, demandam estudos prospectivos mais aprimorados sobre os efeitos socioeconômicos devido à implantação desses projetos.

Dessa forma, usualmente, a generalização dos custos de transportes para análise de benefícios são aqueles diretamente ligados à via.

De qualquer forma, sejam por critérios de avaliação dos benefícios diretos desagregados ou generalizados, ou pela avaliação de benefícios indiretos, os principais

critérios de validação de investimentos em projetos de infraestrutura de transportes dependem da estimativa de redução de custos que tais projetos promoverão, em longo prazo, para os usuários, como para as economias locais influenciadas pela implantação dos mesmos.

Contudo, a definição de quais benefícios devem ser considerados, nas validações de investimentos em transportes possuem abordagens distintas e em alguns casos, combinações de mais de um método.

3.2 ABORDAGENS METODOLÓGICAS UTILIZADAS NA AVALIAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

As avaliações de viabilidade e priorização dos investimentos em infraestrutura de transportes possuem como metodologia consagrada, a avaliação de parâmetros econômicos, que relacionam os ganhos *versus* os custos de implantação de um determinado projeto, conforme descrito e analisado anteriormente, pelas caracterizações dos principais custos e benefícios.

Desde a década de 1960 a análise de custo-benefício tornou-se norma acadêmica aceita para avaliar projetos de transportes, pela consideração analítica, para um amplo ponto de vista quanto às compensações por custos associados a esses projetos. Inúmeros livros e artigos foram escritos sobre o tema (LAYARD, GLAISTER, 1994; PEQUENO, 1997; TALVITIE, 2000). O alto padrão acadêmico é altamente rigoroso, no entanto, nunca alcançado na prática (TALVITIE, 2000).

Contudo, as abordagens metodológicas para avaliação, validação e priorização de investimentos em projetos de infraestrutura de transportes não se limitam somente à metodologia baseada em parâmetros econômicos, mas utilizam também outros métodos, onde tais parâmetros podem ser considerados com um, entre outros critérios.

A avaliação de viabilidade desses tipos de projetos envolve questões socioeconômicas e ambientais, que demandam, normalmente, o atendimento de mais de um objetivo, considerando para tanto, mais de um critério.

Para atender a essa questão, metodologias são adaptadas aos problemas de transportes, visando o aprimoramento dos resultados que subsidiam as decisões de investimentos nesse setor, considerando outros aspectos, além da otimização do desempenho econômico.

O problema enquadra-se em processos que permitem avaliar simultaneamente as soluções que atendem a mais de um objetivo, por mais de um critério, podendo ou não abordar interdependências entre essas soluções consideradas como elementos de avaliação. Nesse contexto, na sequência descrevem-se, de forma sucinta, conceitos e definições das principais abordagens metodológicas aplicadas na avaliação de investimentos de transportes.

3.2.1. Análise de Custo e Benefício

Análise Custo *versus* Benefício hoje em dia é o método de avaliação *ex-ante* mais popular, utilizado em muitos países para avaliação de projetos (HAYASHI, MORISUGI, 2000; BRISTOW, NELLTHORP, 2000; GRANT-MULLER *et al.*, 2001).

Tradicionalmente, problemas de decisão de investimento em transportes utilizam-se da Análise Custo Benefício – CBA para atingir o objetivo da maximização do lucro ou minimização dos custos (BUTTON, PEARMAN, 1983).

Basicamente, o método de análise de Custo *versus* Benefício trata de verificar todos os prós (benefícios) e os contras (custos) de uma opção política ou projeto buscando quantificá-los da melhor forma possível em termos monetários, apropriados ano a ano (WEE, 2012).

Para atingir este objetivo, utilizam-se três critérios (com métodos econômicos) de avaliação, ou seja, o Valor Presente Líquido (VPL), o Benefício/Custo (B/C) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) - (STOPHER, MEYBURG, 1976, apud TENG & TZENG, 1996).

Os critérios econômicos podem servir naturalmente para que a tomada de decisão dos investimentos em transportes seja hierarquizada pelos projetos que apresentem melhores indicadores, desde que todos os projetos tenham a mesma base econômica de análise.

Para utilização dessa análise, faz-se necessário avaliar os custos de investimentos, conservação e manutenção exigidos em cada alternativa de projeto de transportes, apropriando-os por ano, durante o período definido para a avaliação do retorno dos investimentos. Tem-se que apropriar quais os benefícios de cada projeto, da mesma forma, para o mesmo período, pois somente com isso podem-se calcular os indicadores VPL, B/C e TIR.

Esses indicadores possuem formulações clássicas apoiadas nas teorias econômicas. No caso de transportes é importante que os parâmetros de custos de investimento, conservação e manutenção, associado à alternativa de projeto sob análise, bem como às esperadas reduções de custos dos transportes (benefícios), sejam devidamente definidos, formulados e apropriados em termos de um fluxo de caixa.

Uma das formas de hierarquizar os projetos trata simplesmente de, utilizando-se das mesmas bases conceituais de formulações de custos e benefícios apropriados em um determinado período, decidirem as prioridades, pelas alternativas que apresentarem melhores indicadores econômicos. Isso pode ser feito com base em apenas um dos indicadores, ou no conjunto desses como um resultado.

Para se definir tais indicadores, deve-se antes definir uma taxa de desconto, que é denominada Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Essa taxa é utilizada nos fluxos de caixa, pelos quais se calculam os indicadores econômicos. Ela define o fator de desconto com a finalidade de equiparar os valores no tempo, pois os projetos são avaliados sempre em um determinado período (denominado de horizonte), e os indicadores devem ser analisados a cada momento dentro desse período, representados no valor presente da avaliação, onde a citada taxa é utilizada como base.

A TMA representa uma taxa de retorno mínima aceitável para realizar um investimento, comparada sempre com a melhor taxa disponível para aplicação do capital, com o mais baixo grau de risco do mercado financeiro, na maioria dos casos. Tratando das questões comparativas entre os critérios de análise de investimentos e a necessidade do uso implícito ou explícito da TMA, (MARCHETTI, 1995) a define como:

“A taxa mínima para aceitação do investimento é o elo entre as medidas de valor e a decisão, por considerar o valor da moeda no tempo e por refletir o custo de oportunidade dos recursos destinados ao investimento. (MARCHETTI, 1995).”

Com base nessas considerações, para se estimar o VPL, um dos parâmetros citados, deve-se proceder da seguinte forma (BUARQUE, 1984):

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (3.2)$$

Onde:

- B_t = Benefícios econômicos do projeto ao longo do período $t=1$ até $t=n$;
- C_t = Custos econômicos do projeto ao longo do período $t=1$ até $t=n$;
- i = Taxa de desconto (TMA); e
- t = Período.

Assim, a diferença entre os benefícios e os custos econômicos projetados para cada período de tempo constitui o fluxo de caixa do projeto (BUARQUE, 1984). Quando os custos de investimentos fazem parte do projeto faz com, normalmente, o fluxo de caixa seja fortemente deficitário nos primeiros anos do investimento e com um superávit estável e longo no decorrer do período de maturação do investimento, o que caracteriza um fluxo de caixa de projetos de infraestrutura de transportes.

O VPL pode ser interpretado como o lucro “líquido” do projeto. Assim, a avaliação de viabilidade de um projeto por meio do seu VPL é baseada no seu valor. Tem-se um projeto viável se o VPL é igual ou maior a zero. No caso particular de ser igual a zero, o investimento vai auferir um lucro igual à taxa de desconto adotada (TMA), estabelecida como o mínimo desejado (BUARQUE, 1984). Para um VPL negativo, o projeto não trará um lucro à taxa de referência, ou seja, a TMA, definida como taxa de desconto. Em termos de avaliação de projeto, o mesmo não apresenta uma rentabilidade melhor que a menor taxa de aplicação financeira de mercado.

Além do VPL, tem-se ainda um indicador ajustado anualmente, classificado como Valor Presente Líquido Anualizado – VPLa. Esse ajuste tem a sua utilidade para projetos de planejamento de longo prazo, onde o VLP pode apresentar dificuldades de interpretação. Esse tipo de situação pode ocorrer no caso dos projetos de infraestrutura de transportes.

O VPL_a é uma variação do método do VPL. Enquanto o VPL concentra todos os valores do fluxo de caixa na data zero, no VPL_a o fluxo de caixa representativo do projeto de investimento é transformado em uma série uniforme (BUARQUE, 1984).

$$VPL_a = VPL \times \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (3.3)$$

Substituindo o VLP na equação 3.3, tem-se:

$$VPL_a = \left[\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \right] \times \left[\frac{i(1+i)^k}{(1+i)^k - 1} \right], \quad 1 \leq k \leq n. \quad (3.4)$$

Onde:

- k = Período (ano) específico que se deseja analisar o Valor Presente Líquido do Projeto.

Por meio do VPL_a torna-se mais fácil para quem decide raciocinar em termos de ganho por período do que em termos de ganho acumulado ao longo de diversos períodos.

No caso do indicador B/C, o mesmo equivale à razão entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos descontados sempre a TMA definida. O seu cálculo é feito da seguinte forma (BUARQUE, 1984):

$$\frac{B}{C} = \frac{VPB}{VPC} = \frac{\sum_{t=1}^n \left[\frac{B_t}{(1+i)^t} \right]}{\sum_{t=1}^n \left[\frac{C_t}{(1+i)^t} \right]} \quad (3.5)$$

Onde:

- B/C = Relação Benefício-Custo ;
- VPB = Valor Presente dos Benefícios, descontados pela TMA (i = TMA); e
- VPC = Valor Presente dos Custos, descontados pela TMA.

Para a utilização do indicador econômico B/C na avaliação de um projeto, o mesmo é viável se o seu valor for maior ou igual a um. Nesse caso, indica que investir no projeto é mais rentável que aplicar na TMA. No caso do valor ser menor que um, a rentabilidade do projeto é inferior à TMA. A princípio, aplicar na TMA é uma opção mais rentável que investir no projeto.

Se o valor de B/C for exatamente um, a rentabilidade do projeto equivale ao mesmo que aplicar o recurso à TMA.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) do investimento é a taxa de juros para o qual o valor presente dos recebimentos (benefícios) resultantes do projeto é exatamente igual ao valor presente dos desembolsos (custos). Em outras palavras, a TIR é a taxa de juros

que iguala à zero o VPL de um projeto. Essa é a taxa de juros obtida no investimento.

Sendo então o $VPL = 0$ quanto $i = TIR$, então (BUARQUE, 1984):

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} \quad (3.6)$$

Onde:

- B_t = Benefícios econômicos do projeto ao longo do período $t=1$ até $t=n$;
- C_t = Custos econômicos do projeto ao longo do período $t=1$ até $t=n$; e
- TIR = Taxa Interna de Retorno (incógnita)

Conhecendo-se os custos e os benefícios do projeto, a única variável incógnita é a própria TIR – que substitui a taxa mínima de atratividade na equação anterior do cálculo do VPL. A obtenção matemática da TIR pode ser um pouco complexa, dado que é preciso encontrar o valor de uma taxa de desconto que faz com que o valor futuro do fluxo de caixa seja igual à zero. Pode-se ainda utilizar, como indicador econômico, no lugar da Taxa Interna de Retorno (TIR), a Taxa de Retorno sobre o Investimento Adicionado (TROIA). Equivale à taxa que iguala o investimento do projeto, em n períodos, ao valor da razão benefício-custo (SOUZA, *et al.*, 2001).

$$B/C = \frac{VPB}{VPC} = I(1 + i_a)^n \quad (3.7)$$

Onde:

- I = Investimento do projeto;
- i_a = TROIA; e
- n = Número de períodos (vida útil do projeto).

Além dos indicadores econômicos descritos, tem-se ainda um que trata do tempo exigido para o retorno dos investimentos. Em outras palavras, consta da unidade de tempo, adotada em cada fluxo de caixa, necessário para que todos os gastos de investimentos do projeto sejam recuperados financeiramente. Esse indicador é usualmente denominado de *Payback Time*, Tempo de Recuperação do Capital (TRC) ou simplesmente: *Payback*. Este método mede o tempo necessário para que o somatório das parcelas anuais seja igual ao investimento inicial (CASAROTTO, KOPITKE, 2000).

No caso de projetos governamentais, o tempo de recuperação do capital investido não necessariamente é um indicador relevante, uma vez que estão sendo medidos benefícios sociais advindos de um determinado investimento. Contudo, projetos que apresentam um *Payback* mais próximo do ano zero do investimento, tendem a ser mais atraentes do que outros onde esse indicador é registrado mais tardiamente.

Cabe ressaltar que todos esses indicadores variam, se o projeto em avaliação para investimentos considerar, ou não, as análises do ano ótimo para abertura do projeto, também designado como: *timing* do projeto.

Sob esse conceito, a época mais adequada para investimento em um projeto será a data (período) no qual a diferença entre benefícios e custos, descontados, seja a menor possível (CONTADOR, 1988). Assim, o ano ótimo de abertura será a data em que a perda de benefícios resultante de um adiamento for iguais à respectiva redução de custos, ambos os fluxos descontados pela TMA. Esse tipo de avaliação pode ou não ser praticado nas avaliações de projetos governamentais. No setor de transportes, normalmente se faz esse tipo avaliação, principalmente se os principais indicadores econômicos (VPL, TIR, B/C) não se apresentam favoráveis aos investimentos, para iniciar em determinado período do tempo.

Na avaliação de custos e benefícios é usual que sejam feitas análises de sensibilidade, para se identificar as variações dos indicadores econômicos descritos anteriormente. Essas análises proporcionam a simulação de cenários econômicos que permitem verificar a estabilidade desses indicadores. Dessa forma, pode-se verificar se há garantias mínimas de rentabilidade econômica esperada para o projeto, independente de variações de fatores de mercado que possam influenciar os custos e os benefícios dos investimentos. Essa análise pode ou não ser incluída nos estudos de viabilidade técnica e econômica de investimentos financeiros.

Assim, nas avaliações de investimentos governamentais em projetos de infraestrutura de transportes, destacadamente no Brasil, as execuções orçamentárias e inclusões dos mesmos nos programas de investimentos, dependem da avaliação da viabilidade técnica e econômica, e utilizam-se os parâmetros descritos anteriormente, como critérios de decisão. Cabe ressaltar que a principal observação sobre a utilização de análise econômica para avaliação e priorização de investimento em projetos de transportes, trata-se da capacidade de estimativa dos custos e principalmente dos

estudos de previsibilidade dos benefícios no período considerado como horizonte do projeto.

No caso do PNL, por exemplo, além de outros critérios foi utilizado esse tipo de avaliação para definir as alternativas de projetos de engenharia na composição de portfólios de investimentos, para períodos de quatro em quatro anos. Alguns planos estaduais de investimento em transportes também se utilizam desses critérios.

Contudo, a pura avaliação econômica de viabilidade de projetos pode reduzir as decisões de investimentos às alternativas de projetos que apresentam melhores indicadores em termos de VPL, B/C e/ou TIR. Isso, contudo, tende a não ser eficiente, quando outros objetivos, além do retorno econômico são colocados como metas a serem atingidas pela aplicação de recursos. Assim, outros modelos podem ser utilizados, e neles considerar, ainda, a eficiência econômica como um dos objetivos a serem alcançados, onde os parâmetros VPL, B/C e TIR são utilizados como dados de entrada ou índices de referência.

3.2.1 Análise de Custo Efetividade e Custo Utilidade

Além da análise de custo versus benefício, que se enquadram nas avaliações técnicas e econômicas de investimento existe abordagens que tratam da avaliação do custo efetividade e do custo utilidade.

A primeira pressupõe a comparação dos custos de políticas ou projetos com base no alcance de determinados objetivos. Conforme LANG (2007) o princípio conceitual da análise de custo-efetividade é considerar as várias opções para que seja alcançada uma prioridade predefinida, comparando-se seus custos relativos para atingir seus objetivos. Seguindo ainda as considerações de LANG (2007), as diferenças dos custos são comparadas às diferenças das consequências. A divisão dos custos pelo indicador escolhido produz índices de custo-efetividade (BRANCO, 2008). Para alguns autores, a avaliação de custo-efetividade pode ser definida como LANG (2007):

“A Avaliação de Custo Efetividade - ACE é utilizada nos casos em que há muita dificuldade de valoração de benefícios ou utilidades, ou quando os custos estiverem acima da capacidade institucional. Assim, as prioridades são ordenadas somente com base no benefício, não havendo uma valorização financeira dos mesmos, já os custos são medidos em unidades monetárias.”

Ainda segundo LANG (2007), no Brasil, a aplicação da análise de custo-efetividade é praticamente inexistente, notadamente no que se refere ao setor de infraestrutura de transportes, o qual preconiza - como já comentado - a análise de custo-benefício.

A análise de custo-utilidade é uma adaptação generalizada da análise custo-efetividade. A diferença está em tornar clara a comparação entre consequências ou benefícios, sendo possível medir os efeitos de uma intervenção tanto quantitativa quanto qualitativa, com base em uma unidade de medida designada para utilidade. Este método está calcado no procedimento de acordo com o qual cada indicador tem um peso absoluto e os benefícios das alternativas analisadas são avaliados com ponderações para cada indicador. Os resultados finais são calculados para cada opção que representará uma média ponderada para todos esses critérios (LANG, 2007).

Contudo, esse método exige a determinação de escalas coerente e aceitáveis. Nem sempre esse tipo de abordagem pode ser produzido com facilidade. Esses dois métodos também podem ser complementares à análise de custo-benefício.

Tal como a análise de custo-efetividade, o custo-utilidade também é pouco utilizada na avaliação de projetos de infraestrutura de transportes no Brasil, sendo suplantada pela avaliação de custo-benefício, que se destaca como principal método de avaliação governamental de viabilidade e prioridade de investimentos no setor de transportes.

Contudo, cabe considerar que se as características de um projeto rodoviário, por exemplo, em relação à sua localização geográfica, influencia: o tempo e custo de viagem, a segurança no trânsito, o meio ambiente e os custos de operação, importantes na avaliação de sua viabilidade e podem ser tratados pela análise de custo benefício. Contudo, há outros fatores que são relevantes, mas que não são capturados por esse método. Estes incluem os preços e a forma de pagamento de serviço, financiamento, regulação, organização e gestão das instituições para manter as condições de concorrência; todos esses fatores têm um efeito sobre os benefícios e os custos (TALVITIE, 2000).

Nessa diretriz, MORISUGI (2000) indica em seus estudos que, embora a análise de custo-benefício tenha sido um conceito bem conhecido entre os especialistas de transporte no Japão e adotado pelo governo deste País como um método formal para

avaliação prática de projeto de transportes, motivada em determinado momento por conta de uma crise financeiro, a qual refletiu em uma exigência da sociedade para que ocorressem investimentos em infraestrutura pública socialmente eficiente. Isso promoveu um avanço metodológico das técnicas de avaliação desses tipos de projetos, inclusive pela concepção de manuais para os diversos modos de transportes, os quais avançaram e passaram a empregar um tipo de análise multicritério.

Essa análise multicritério, complementado pela Análise Custo Benefício e pela avaliação quantitativa e/ou qualitativa, permite abranger aspectos como impactos econômicos regionais, os impactos ambientais locais e globais, a contribuição para alcançar padrão de vida mínimo e situações de emergência, entre outros aspectos (MORISUGI, 2000).

Assim, outros métodos podem apresentar vantagens em relação ao tradicional método de avaliação custo-benefício. Nesta tese, destacam-se aqueles relacionados com o campo da Pesquisa Operacional.

3.2.3 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional encontra-se, em parte, internalizada nos modelos de transportes, como métodos auxiliares para decisões de escolhas em rede. Isso pode ser verificado nos modelos de alocação utilizados para fins de identificação de caminhos mínimos, por exemplo.

Essa utilização, especificamente, não trata de uma aplicação para fins de priorização de investimentos em transportes. Contudo, pode-se utilizar a Pesquisa Operacional – PO para essa finalidade. Para tanto, deve-se verificar qual a modelo ou algoritmo que melhor retrata o problema real a ser resolvido. No caso de utilização da PO, por qualquer que seja a técnica aplicada, o seu objetivo é sempre otimizar um determinado desempenho.

Um modelo de otimização pode ser genericamente classificado como:

- determinístico ou estocástico, em relação ao grau de precisão com que os parâmetros do modelo são conhecidos;
- mono objetivo ou multiobjetivo, em relação ao número de funções-objetivos utilizadas no modelo; e
- dinâmico ou estático, em relação à capacidade do modelo de representar

decisões por etapas ou estágios.

A formulação do modelo depende do tipo de sistema a ser representado, podendo a função objetivo e de restrições, lineares ou não lineares e as variáveis de decisão contínuas ou discretas, com os parâmetros determinísticos ou probabilísticos (ANDRADE, 1998; CAIXETA FILHO, 2001; LACHTERMACHER, 2002).

De forma sintética, os principais modelos e formulações matemáticas utilizados na Pesquisa Operacional podem ser classificados como (ANDRADE, 1998; CAIXETA FILHO, 2001; LACHTERMACHER, 2002):

- Programação Matemática (Otimização Matemática)
- Teoria dos Estoques
- Teoria das Filas
- Teoria dos Jogos
- Teoria dos Grafos

Para a Programação Matemática tem-se algumas áreas de aplicação dos modelos de otimização:

- Linear (Programação Linear);
- Discreta (Programação Linear Inteira);
- Não Linear;
- Em Redes; e
- ***Multiobjetivo (Multicritério)***.

Para cada uma dessas áreas encontram-se distintas técnicas matemáticas. Entre os mais utilizados no setor de transportes, tem-se a Programação Linear.

A programação linear é a mais conhecida técnica de pesquisa operacional. NOVAES (1978) destaca que esta é uma técnica utilizada para resolver determinada classe de problemas em que se procura alocar recursos limitados a atividades ou decisões diversas de maneira ótima. O autor ressalta ainda que esse tipo de problema surge, geralmente, nos setores de planejamento e operação de indústrias, empresas de transporte, órgãos governamentais, entre outros.

Contudo, não somente pela técnica de Programação Linear se tem aplicação dos conceitos e definições da Pesquisa Operacional na avaliação da viabilidade e priorização de investimentos de projetos. Pode-se tratar esse assunto, por exemplo,

por meio de Programação Não Linear, como também, pela aplicação de técnica de otimização Multiobjetivo.

Dessa forma, normalmente a maioria das abordagens metodológicas utilizadas para avaliação da viabilidade e prioridade de investimentos em projetos de transportes - que não seja estritamente relacionado com os parâmetros econômicos - utiliza de critérios estabelecidos para aplicação por meio de formulação estrutura com base nos conceitos da Pesquisa Operacional.

Considerando os interesses desta Tese em avaliar a priorização de técnicas matemáticas que possam ser aplicadas para priorizar investimentos do setor de transportes, e tendo-se mais de um objetivo a ser alcançado, por mais de um critério a ser atendido, destacam-se na sequência, as principais formulações praticadas para fins de otimização por multiobjetivos, ou seja, que permitem análises multicritério.

3.2.4 Análise Multicritério

A investigação de problemas relativos a crescimento econômico, desenvolvimento sustentável e infraestrutura de transporte, requer, pela complexidade das variáveis envolvidas, o emprego de avaliação considerando critérios múltiplos (SILVA, NETTO, 2010). Ainda segundo os autores citados, dados subjetivos exigem uma abordagem qualitativa que, em determinadas condições, permitem ao analista (pesquisador) transformá-la em avaliação quantitativa.

O objetivo da Análise Multicritério é selecionar a melhor alternativa de ação quando confrontado em decisão que envolve objetivos múltiplos e talvez conflitantes (HOTTA, 2007). Segundo RAFAELI (2009), a diversidade dos fatores que envolvem os problemas de ordem institucionais nas tomadas de decisões, obriga as organizações a lidarem com o pensamento multicritério, para facilitar o processo decisório. FISHBURN, LAVALLE (1999) explicam que essa prática é denominada, genericamente, de *Multi-Criteria Decision Making* ou *MCDM* (Tomada de Decisão por Multicritérios).

Segundo SAATY (1995), problemas complexos são constituídos pela composição relacional de muitos fatores, e por isso, o pensamento lógico tradicional pode conduzir a uma sequência de ideias emaranhadas, cujas interconexões não são

prontamente discerníveis. Nesse contexto, o método multicritério surge como uma solução. Para que seja possível aplicar essa abordagem é necessário que se disponha de diversos tipos de conhecimento, informações e dados técnicos referentes à:

- Detalhes do problema para o qual a análise e decisão são necessárias;
- Pessoas ou atores envolvidos;
- Objetivos e políticas;
- Influências que afetam os resultados; e
- Horizontes de tempo, cenários e restrições.

Como se pode deduzir, tal abordagem se adéqua aos problemas de investimentos governamentais, sendo utilizado por diversos autores para tratar o problema de tomada de decisão na prioridade sobre investimentos em infraestrutura de transportes. Trata-se de problemas de decisão que requerem uma visão global, capaz de observar diversos critérios e sua interconectividade, frente às alternativas de soluções. Diversas técnicas foram desenvolvidas para realizar tais análises, destacando-se, entre as mundialmente consagradas, segundo RAFAELI (2009):

- *ELimination Et Choix Traduisant la REalité* – ELECTRE ;
- *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations* – PROMETHEE;
- *Multi Attribute Utility Theory* – MAUT;
- *Analytic Hierarchy Process* – AHP;
- *Non-Traditional Capital Investment Criteria* – NCIC;
- *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* – MACBETH;
- *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* – TOPSIS;
- *Data Envelopment Analysis* – DEA e;
- *Tomada de Decisão Interativa Multicritério* – TODIM.

A pesquisa bibliográfica produzida para este trabalho permitiu identificar aplicações com quase todas as técnicas listadas, para diversas finalidades no setor de transportes, descritas sucintamente para alguns estudos considerados relevantes, conforme Quadro 3.1.

Quadro 3.1: Aplicações da metodologia multicritério – tipo de uso, critérios e autores.

AUTOR	MODELO	TIPO DE UTILIZAÇÃO	CRITÉRIOS
MATEUS, FERREIRA, <i>et al.</i> (2008)	MACBETH	O objetivo do estudo foi comparar estratégias alternativas de localização, definido pela autoridade ferroviária Portuguesa de alta velocidade. Estas estratégias foram materializadas em um conjunto de alternativas de localização, que foram avaliados a partir de uma variedade de técnicas, econômicas, critérios sociais e ambientais.	<ul style="list-style-type: none"> - Fatores endógenos durante a construção (custos de construção e desapropriações, alternativa de localização cronogramas de construção, riscos); - Fatores endógenos durante a operação (custos de operação, manutenção, demanda, acessibilidade, tempo de viagem, conforto); - Fatores exógenos durante a construção (movimentos de terra, ruídos, vibração, impactos no trânsito, nas atividades residenciais e nas atividades econômicas); - Fatores exógenos durante a operação (impacto em áreas sensíveis ou protegidas, ruído, vibração, famílias deslocadas, impacto no trânsito, no centro da cidade, nas rodovias e na infraestrutura de intermodalidade).
INIESTRA, GUTIÉRREZ (2009)	MULTICRITÉRIO	Desenvolvimento e proposição de um modelo multicritério que considera a presença de uma característica inerente à maioria dos projetos de transporte classificada como interdependência.	<ul style="list-style-type: none"> - Custos do projeto - Relevância (conectividade com o planejamento de transportes e sistemas viários em operação) - Preferências das autoridades - Impacto social (número de pessoas beneficiadas) - Também citados: diminuição de tempos de viagem, redução de acidentes, impactos ambientais e desenvolvimento econômico.
ÜLENGİN, KABAK, <i>et al.</i> (2010)	MULTICRITÉRIO	Um modelo multicritério, para auxílio em decisões e análise entre transporte e meio ambiente.	<p>Trata-se de um estudo no qual, após levantamentos bibliográficos preliminares foram realizadas entrevistas com especialistas em transporte e meio ambiente que foram encorajados a identificar os conceitos relevantes para a interação de transporte e meio ambiente. Dessas entrevistas, 26 variáveis (forças motrizes) foram identificadas como indicadores básicos de um sistema de transportes sustentável.</p> <p>Três áreas principais foram consideradas: ambiental, social e energia. Entre os mais relevantes indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energia, limites de emissão de poluentes para veículos, número de veículos, infraestrutura de transporte existente, número de usuários atendidos pelos modos já existentes, população da área urbana, investimentos em infraestrutura, entre outros.
AZIS (1990)	AHP	Demonstrar como o método de <i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i> é útil para medir os impactos racionalmente intangíveis e complexos da Rodovia Trans-Sumatra. Analisar o impacto global da rodovia de acordo	Os critérios foram definidos considerando os impactos positivos e negativos do projeto, em âmbito nacional e regional. Para cada um desses impactos foram estabelecidos dois níveis de avaliação, onde o primeiro, ainda comum aos dois, trata dos aspectos: econômicos, sociais e outros. Esses critérios foram definidos

AUTOR	MODELO	TIPO DE UTILIZAÇÃO	CRITÉRIOS
		<p>com a percepção da população local, e não dos pesquisadores ou alguma outra parte interessada no projeto. Considera como critérios aspectos dos benefícios, custos e a relação econômica benefício/custo.</p> <p>Foram realizadas pesquisas com a população local.</p>	<p>para serem avaliados junto aos funcionários locais.</p> <p>A partir desse nível foram definidos, para cada tipo de impacto, para o âmbito nacional ou regional, e cada um dos aspectos, os seguintes critérios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impactos Positivos <ul style="list-style-type: none"> - Econômicos <ul style="list-style-type: none"> - Economia de Tempo de Viagem; - Recursos (investimentos); - Aumento nas receitas do governo; - Redução de custos; - Comércio interregional; - Comércio intrarregional; - Criação de emprego; - Social <ul style="list-style-type: none"> - Orgulho local; - Aumento da comunicação; - Aumento da segurança e confiabilidade; - Outros <ul style="list-style-type: none"> - Acessibilidade ambiental; - Segurança nacional; - Conforto em viagens; - Impactos Negativos <ul style="list-style-type: none"> - Econômicos <ul style="list-style-type: none"> - Custo de operação e manutenção; - Custo de transporte de outros modos; - Social <ul style="list-style-type: none"> - Mudanças no estilo de vida e nos valores tradicionais; - Movimento forçado de pessoas; - Substituição de emprego e nível local; - Inveja de outras regiões; - Outros

AUTOR	MODELO	TIPO DE UTILIZAÇÃO	CRITÉRIOS
			<ul style="list-style-type: none"> - Poluição; - Distorção do ecossistema; <p>Com relação aos critérios relacionados aos parâmetros das avaliações técnicas e econômicas, tanto para os benefícios, custos quanto para a relação benefício/custo, tem-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Status</i> atual da Política; - Incentivo à atividade agrícola; - Equilíbrio na política de crescimento.
FERRARI (2003)	MULTICRITÉRIO	<p>Um método para escolher entre projetos de transporte alternativo que explica a diferente natureza dos dois tipos de agentes envolvidos no processo de tomada de decisão: técnico e político.</p> <p>O método permite calcular os pesos dos elementos em cada nível de hierarquia no que diz respeito aos elementos no próximo nível superior por meio de procedimentos diferentes daqueles do processo de hierarquia analítica tradicional, na medida em que representa a dependência dos pesos segundo os pontos de vista sobre os atributos dos projetos.</p>	<p>Aplicação (comparação entre quatro alternativas de projetos).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Congestionamento na rodovia urbana atual; - Congestionamento em outras rodovias urbanas e na área metropolitana; - Congestionamento em segmentos de rodovias rurais na área metropolitana; - Custo de realização do projeto; - Poluição do ar nas vias urbanas e na área metropolitana; - Área de terras retiradas da agricultura pelo projeto.

AUTOR	MODELO	TIPO DE UTILIZAÇÃO	CRITÉRIOS
HOTTA (2007)	AHP	<p>Objetiva aplicar o AHP para avaliação de novas tecnologias de transporte público urbano.</p> <p>Especificamente, por meio da aplicação do AHP, considerando dois grupos de avaliadores (especialistas em transporte público e usuários), visa estudar a preferência e viabilidade de uso do Transporte Público Individual (TPI) ou <i>Personal Rapid Transit (PRT)</i> em cidades brasileiras em comparação com o uso do ônibus.</p>	<p>Os critérios foram selecionados a partir do conceito de mobilidade urbana. Esse conceito está baseado na definição de como o exercício do direito ao deslocamento, por toda sociedade, sem prejuízo ao meio ambiente e gerações futuras. Os principais critérios são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimensão social: que visa satisfazer a necessidade de mobilidade e acessibilidade da sociedade; - Acessibilidade, frequência, tempo, lotação, confiabilidade, segurança, tipo de veículo, parada, informação, “transbordabilidade”, operador e via; - Dimensão Ambiental: trata do uso de recursos e preservação do ambiente: <ul style="list-style-type: none"> - Intrusão visual, estrutura urbana, consumo de energia, poluição atmosférica e poluição sonora; - Dimensão Econômica: que trata do transporte enquanto atividade econômica (viabilidade técnica-econômica): <ul style="list-style-type: none"> - Tarifa, subsídio, custo de implantação, custo de operação/manutenção.
SILVA, NETTO (2010)	TOPSIS/AHP	<p>Avaliados métodos de análise multicritério que podem ser aplicados na definição e escolha de projetos que contribuam para a implantação da infraestrutura de transporte necessária à criação e expansão de condições para o atendimento às demandas sociais e aos requisitos de conservação ou de mitigação dos fatores agressivos ao meio ambiente. Como resultado da avaliação realizada, é proposto o procedimento, baseado em três métodos tradicionais – Delphi, TOPSIS e AHP – testado em condições reais do ambiente de transporte no contexto atual do Brasil.</p> <p>A utilização do método Delphi permitiu identificar, segundo as premissas relacionadas ao crescimento econômico e ao desenvolvimento sustentável, os atributos a serem empregados para a avaliação dos projetos com prioridade de execução para a infraestrutura brasileira de transporte.</p> <p>Para isso, 30 <i>stakeholders</i> foram consultados, com resultante ordenação dos projetos, de acordo com uma escala quantitativa. Após o processamento das informações obtidas na consulta às agências de governo e demais <i>stakeholders</i></p>	<p>Atributos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conexão intermodal: grau de contribuição para o desenvolvimento da multimodalidade; - Geração de empregos: medida da influência para a criação de empregos diretos e indiretos nas regiões afetadas; - Bem-estar social: alcance de benefícios sociais, p.e., em educação, saúde, segurança e mobilidade; - Impacto ambiental: interferências no meio ambiente, tanto as negativas como as positivas; - Recuperação de passivos ambientais: ganhos de qualidade ambiental, em outros locais, decorrente da execução do projeto; - Custos e benefícios: nível de dispêndio de recursos para execução <i>versus</i> possíveis benefícios associados; - Prazo de execução: tempo decorrido entre a necessidade e o pleno uso dos benefícios obtidos.

AUTOR	MODELO	TIPO DE UTILIZAÇÃO	CRITÉRIOS
		envolvidos, foram selecionados 60 projetos de Infraestrutura envolvendo rodovias, ferrovias e hidrovias, dos quais foram extraídos os 25 primeiros selecionados por meio de uma avaliação preliminar com o TOPSIS. Em seguida, foram montadas 25 matrizes do método AHP, submetidas a 32 especialistas e não especialistas, processadas pelo <i>software Expert Choice</i> .	
LISBOA, SARAGIOTTO (2004)	AHP	Com base nas duas alternativas de traçado apresentadas no Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) para o projeto do Rodoanel Mário Covas, trecho Norte, fez-se uma avaliação da prioridade de escolha entre os mesmos, com aplicação do método AHP.	<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos Econômicos: <ul style="list-style-type: none"> - Custo de Implantação; - Obras em superfície: <ul style="list-style-type: none"> - Áreas favoráveis, áreas com algumas restrições e áreas com severas restrições; - Obras especiais: <ul style="list-style-type: none"> - Pontes e viadutos, túneis; - Aspectos operacionais e de segurança de tráfego: <ul style="list-style-type: none"> - Tráfego de passagem: <ul style="list-style-type: none"> - Raio mínimo e rampa máxima; - Tráfego local; - Tráfego de pedestre; - 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; - Impactos no uso do solo rural: <ul style="list-style-type: none"> - Travessia de áreas de reflorestamento de pastagem e agricultura, emboques de túneis em parques; - Impactos no meio físico: <ul style="list-style-type: none"> - Interferência com recursos hídricos; impactos na qualidade do ar, ruídos.
BRUNO, <i>et al.</i> (1998)	MULTICRITÉRIO	Um modelo bicritério para avaliar a atratividade de um Trem Regional Metropolitano – TRM.	<ul style="list-style-type: none"> - Custos: construção e operação - Tempos de viagem - Nível de satisfação da demanda - Proteção de áreas históricas - Impacto visual - Poluição sonora e atmosférica

AUTOR	MODELO	TIPO DE UTILIZAÇÃO	CRITÉRIOS
<p>KUWAHARA (2008)</p>	<p>AHP</p>	<p>Uma proposição para avaliação e tomada de decisão no processo de investimentos em infraestrutura de transportes, sendo o processo de hierarquização destes realizado por meio do suporte do <i>AHP</i>.</p> <p>A aplicação visa à priorização de projetos inseridos na região Amazônica do Brasil, mais especificamente, no Estado do Amazonas.</p> <p>A avaliação se faz em três grandes etapas. Uma estrutura os critérios de avaliação para serem considerados na hierarquização dos projetos de infraestrutura de transportes, com os atributos que esses projetos devem incorporar.</p> <p>A segunda etapa visa definir as características técnicas que as alternativas de infraestrutura de transportes devem priorizar para atendimento do Polo Industrial de Manaus – PIM. Para tanto, foram definidos outros grupos de critérios, estudados com os chamados <i>stakeholders</i>, segundo o autor, discutidos “informalmente”. A escolha desses <i>stakeholders</i> foi baseada na avaliação das empresas que possuem maior expressão em termos de exportação do PIM.</p> <p>Essas características são: 1º Estrutura para incremento e/ou consolidação ro-ro (<i>Roll on/Roll off</i>), sendo necessário avaliações adicionais para definição(ões) da(s) rota(s) a ser(em) privilegiada(s); 2º Incremento e consolidação do Aeroporto de Cargas Eduardo Gomes; 3º Reestruturação e fortalecimento do modo cabotagem.</p> <p>A terceira etapa consta dos critérios que efetivamente foram adotados para serem computados na hierarquização das prioridades de investimentos.</p>	<p><u>Etapa 1:</u> - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M; - Segmentos consolidados: formado com determinados setores da indústria, agropecuário, produção mineral e metalúrgica, são responsáveis por grande parcela do PIB da nação: - Relação entre o número de empregos diretos gerados pela atividade produtiva analisada/número total de empregos no município, ISS (receita total do município), ICMS (receita total do Estado), IPI + IRPJ (receita total da união); - Arranjos Produtivos Locais - APL: - Número de APL's, relação entre o número de empregos diretos dos APL's/número total de empregos do município; - Impactos Ambientais: - Quantidade de espécimes atingidos, nível de poluição atmosférica, hídrica e sobre o solo, impactos decorrentes da não execução do projeto.</p> <p><u>Etapa 2:</u> - Número de empregos; - Investimentos fixos; - Indicador da relação Exportação/Importação; - Atendimento de exigências ambientais, adotando ISO 14.000; - Percentual de crescimento do faturamento; - Faturamento absoluto.</p> <p><u>Etapa 3:</u> - Expansão de malha viária urbana; - Diversificação de atividade produtiva; - Impactos ambientais resultantes do uso da obra; - Geração de empregos relacionada com as atividades produtivas dependentes; - Relação Custo/Benefício, expressando a relação do custo de implantação do empreendimento com a média de pessoas diretamente beneficiadas com o uso do empreendimento; - Acessibilidade intermunicipal, interestadual e internacional. Este parâmetro visa mensurar a redução potencial do isolamento das regiões analisadas. (Todas as alternativas de projetos foram avaliadas visando somente à melhoria de transporte das mercadorias produzidas no PIM. Mesmo que o projeto fosse relevante para outras áreas produtivas, e em especial de outros estados, e suas concepções tenham considerado elementos e aspectos estratégicos, inter-regionais e com base em uma visão de longo prazo, esses fatores não foram considerados na aplicação promovida pelo autor, o que pode ter gerado uma inadequação do processo de seleção das alternativas).</p>

AUTOR	MODELO	TIPO DE UTILIZAÇÃO	CRITÉRIOS
TUDELA, AKIKI, <i>et al.</i> (2006)	AHP	<p>Comparação entre o método de avaliação pela relação Custo <i>versus</i> Benefício e multicritério (<i>Analytic Hierarchy Process – AHP</i>), na avaliação e decisão de investimento de infraestrutura urbana, considerando uma aplicação com base em projetos aplicados na em uma cidade do Chile.</p> <p>Os critérios utilizados para aplicação do AHP são estruturados com base em atributos de custos e de benefícios.</p> <p>O Estudo considera ainda a aplicação do método de Preferência Declarada – PD, junto à população da área de influência do projeto.</p> <p>Além disso, as avaliações consideram três distintos graus de informações para aplicação do AHP.</p>	<p>Aspectos relacionados aos benefícios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Econômico: <ul style="list-style-type: none"> - Economia do tempo de viagem, economia de combustível, redução do custo operacional, redução dos intervalos entre viagens; - Meio Ambiente: <ul style="list-style-type: none"> - Redução de acidentes, melhoria da acessibilidade; <p>Aspectos relacionados aos custos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Econômico: <ul style="list-style-type: none"> - Custo de investimento, custo de manutenção; - Meio Ambiente: <ul style="list-style-type: none"> - Ruído, poluição do ar, intrusão visual.

Das informações sintetizadas no Quadro 3.1, destacam-se alguns aspectos importantes aos objetivos desta Tese, a saber:

- a. Os principais temas relacionados com os critérios abordados tratam de elementos e parâmetros de custos de investimento, manutenção e operação associados à logística e transportes;
- b. Economias financeiras absorvidas diretamente pelos usuários de transportes;
- c. Indicadores econômicos, tais como: VPL, TIR, B/C, outros;
- d. Acessibilidade territorial;
- e. Ampliação das redes de transportes e sua forma de integração com arranjos produtivos e áreas consumidoras;
- f. Ocupação do solo;
- g. Segurança e satisfação dos usuários de transportes;
- h. Benefícios para a economia e sociedade das áreas de influências dos investimentos (projetos);
- i. Mitigação de impactos ambientais (intrusão visual, ruído, poluição atmosférica, outros);
- j. Recuperação de passivos ambientais; e
- k. Redução das interferências em áreas de proteção ambiental.

A partir dessas observações geram-se as seguintes agregações que podem ser traduzidas pelos temas:

- I. Econômico e financeiro;
- II. Logística e transportes;
- III. Social; e
- IV. Ambiental (físico, biótico e antrópico).

Observa-se ainda uma característica predominante nessas aplicações, ou seja, que independente dos critérios elencados para ponderação, as alternativas de soluções são explicitadas como elementos integrantes no conjunto e contexto das avaliações multicritérios.

Esse aspecto destacado tem relevância para o desenvolvimento do procedimento proposto adiante, no Capítulo 5, pois o mesmo contraria essa tendência, e busca isolar dos especialistas as decisões de relevância dos critérios apresentados sem apresentar quais as alternativas de soluções estão disponíveis.

A escolha do *Analytic Hierarchy Process* – AHP para utilização nesta Tese foi definida com base nos seguintes atributos: a utilização de decisões em vários níveis hierárquicos; a avaliação da coerência dos julgamentos; adequação aos problemas com avaliação de desempenho e; intensidade de aplicações cientificamente comprovadas (publicações científicas).

Soma-se a esse contexto que, entre todas as técnicas listadas, o AHP apresenta diversas aplicações, veja Quadro 3.1, visando à avaliação de viabilidade e priorização, tanto para o transporte regional, como para o transporte urbano, especialmente para os problemas de planejamento e especificamente no Brasil. Essas aplicações apresentam-se tanto no âmbito acadêmico e científico, como em aplicações práticas, objetivando resolução de problemas específicos de ordem governamental.

Assim, optando-se por estudar e propor uma aplicação de hierarquização e priorização de investimentos governamentais em infraestrutura de transportes por meio da técnica multicritério (multiobjetivo) definida sob os conceitos do AHP, na sequência faz-se a sua descrição de forma mais detalhada, apresentando-se argumentações para a sua utilização para os fins aqui descritos.

3.2.4.1 Método de Análise Hierárquica

O método AHP tem sido amplamente utilizado para avaliações de otimização de investimentos em transportes. O processo de utilização do AHP pode ser traduzido da seguinte forma:

- Consta de um método desenvolvido por T. L. SAATY (1991) para tratar de alguns problemas de decisões complexas;
- Ajuda a identificar e dar peso a múltiplos critérios de seleção, relativos a alternativas existentes; e
- Incorpora medidas objetivas e subjetivas de avaliação e permite testar a sua consistência.

O modelo possui três fases:

- Decomposição (hierarquização) do problema de decisão;
- Avaliação comparativa de elementos; e
- Síntese de prioridades.

A primeira fase consiste em definir uma meta, e sob ela, relacionar os critérios, e em seguida, a combinação desses com as alternativas disponíveis. A segunda fase está relacionada à comparação das alternativas e dos critérios. Para tanto, defini-se uma escala, em termos linguísticos, associada a valores numéricos. Ainda nessa fase, defini-se uma matriz de comparação. A terceira fase, portanto, consta da determinação da contribuição de cada critério na meta organizacional e é calculado a partir do vetor de prioridade ou vetor de *Eigen*⁵.

Nesse contexto, o método AHP é baseado em comparações par a par, dispostas numa matriz quadrada $n \times n$, onde as linhas e as colunas correspondem aos n critérios analisados para o problema em questão, conforme mostrado a seguir:

$$A = [\alpha_{ij}]_{n \times n} \quad (3.8)$$

onde, cada linha $i \in N$ fornece as razões entre o peso do critério de índice i , em relação aos demais $j \in N$, sendo $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Assim, α_{ij} corresponde ao peso (valor) dado por um especialista, quando compara o critério da linha $i \in N$ com um dos critérios nas colunas $j \in N$ da matriz A . A matriz A é tal que $\alpha_{ij} = \frac{1}{\alpha_{ji}}$, e positiva, sendo ainda $\alpha_{ij} = 1$ quando $i = j$ para todo $i, j \in N$.

A escala recomendada por SAATY (1990) vai de 1 a 9 com 1 significando a indiferença de importância de um critério em relação ao outro, e 9 significando a extrema importância de um critério sobre outro. Os demais estágios intermediários de importância estão entre esses extremos, conforme Quadro 3.2.

Cabe destacar que o elemento mais importante da comparação é sempre usado como um valor inteiro da escala, e o menos importante, como o inverso dessa unidade. Se o elemento linha é menos importante do que o elemento coluna da matriz, registra-se com o valor recíproco na posição correspondente da matriz ou vice-versa.

Devido à relação de reciprocidade e à necessidade de consistência entre critérios (fatores), os recíprocos dos valores acima de zero são inseridos na matriz criada quando uma comparação é realizada.

⁵ O cálculo exato do vetor de *Eigen* é determinado apenas em casos específicos. A maioria dos casos práticos utiliza essa aproximação visando simplificar o processo de cálculo, uma vez que a diferença entre o valor real e o valor aproximado é inferior a 10% (KOSTLAN, 1991).

Quadro 3.2: Comparações do AHP.

INTENSIDADE E IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
<i>1</i>	Igual importância	Dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
<i>3</i>	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente um fator em relação a outro.
<i>5</i>	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um fator em relação a outro.
<i>7</i>	Importância muito grande ou demonstrada	Um fator é muito fortemente favorecido em relação a outro; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
<i>9</i>	Importância absoluta	A evidência favorece um fator em relação a outro com o mais alto grau de certeza.
<i>2, 4, 6, 8</i>	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Recíprocos dos valores acima de zero	Se um fator <i>i</i> recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparado com o fator <i>j</i> , então <i>j</i> tem o valor recíproco quando comparado com <i>i</i>	Uma designação razoável.
Racionais	Razões resultantes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos <i>n</i> , somente para completar a matriz.

Fonte: SAATY (1990)

O processo é robusto, porque diferenças sutis em uma hierarquia na prática não se tornam decisivas. Como exemplo do preenchimento da matriz de julgamentos de acordo com o método AHP tem-se o Quadro 3.3.

Quadro 3.3: Exemplo de composição da matriz de julgamento – AHP.

	A	B	C	D
A	1	7	8	9
B	1/7	1	5	6
C	1/8	1/5	1	5
D	1/9	1/6	1/5	1

Fonte: VARGAS (2010)

Dessa forma, na prática a avaliação se inicia pela determinação do peso relativo dos grupos de critérios definidos. Para interpretar e dar os pesos relativos a cada critério é necessário normalizar a matriz comparativa anterior. A normalização é feita pela divisão entre cada valor da matriz com o total de cada coluna (VARGAS, 2010).

Segundo Vargas (2010), a partir da matriz A obtêm-se os pesos normalizados v_{ij} para todo $i, j \in N$. A normalização é feita pela divisão entre elemento da matriz A com

o total da respectiva coluna, ou seja, $v_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i \in N} \alpha_{ij}}$, onde $\sum_{i \in N} v_{ij} = 1, \forall j \in N$ (SAATY, 1990).

Dessa forma, a matriz normalizada é apresentada na Expressão 3.9:

$$\bar{A} = [v_{ij}]_{n \times n} \quad (3.9)$$

Geralmente, ocorrem inconsistências (como previsto pelo método). O índice de consistência de uma matriz pareada é utilizado para mostrar quando o máximo autovalor λ_{max} de A está afastado do valor esperado. O valor teórico de λ_{max} é n , sendo que este representa o número de critérios definidos e, portanto, seu desvio é dado por $(\lambda_{max} - n)$.

Sendo λ_{max} o máximo autovalor de A , seja w o autovetor de A tal que o mesmo corresponde ao vetor de prioridades. SAATY (1980) demonstrou que o vetor w a ser encontrado deve satisfazer a Expressão 3.10:

$$Aw = \lambda_{max} w \quad (3.10)$$

Considerando que:

- No caso de um decisor consistente, $w_i, \forall i \in N$, pode ser obtido pela solução não trivial de $Aw = nw$; e
- No caso de um decisor não perfeitamente consistente, então, um vetor de valores, deverá ser encontrado que satisfaça a Expressão 3.11.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \left[\frac{\left(\sum_{i \in N} v_i [Aw_i] \right)}{w_i} \right] \quad (3.11)$$

Com isso, pode-se afirmar que λ_{max} permite avaliar a proximidade dos julgamentos realizados com a escala de razões que seria usada se a matriz A fosse totalmente consistente. Isso pode ser feito por meio do cálculo de um índice de consistência (IC) e da razão de consistência (RC), sendo que o índice de consistência é dado por:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3.12)$$

A razão de consistência RC é determinada pela razão entre RC e o índice de consistência aleatória (IR), sendo que o valor de IR é obtido a partir do Quadro 3.4. Para a avaliação, quanto maior for o RC , maior a inconsistência. A matriz é normalmente considerada consistente se a razão for menor que 10%, conforme mencionado anteriormente sobre o vetor de *Eigen*.

Quadro 3.4: Índices de consistência aleatória (IR).

	Número de critérios (n)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: SAATY (1977)

Assim, por meio dessa base teórica, tem-se a adaptação da metodologia ao setor de transportes. Para avaliação da viabilidade e priorização de investimentos, faz-se a identificação dos objetivos e critérios a serem considerados e ponderados, sendo as alternativas de soluções os projetos de infraestrutura de transportes propostos.

3.2.4.2. Utilização do AHP em Problemas de Transportes

Em 1977, SAATY promoveu uma das primeiras aplicações do método AHP no setor de transportes, particularmente para fins de avaliação de cenários e prioridades de investimentos a serem consideradas no planejamento de transporte do Sudão, conforme registrado no artigo intitulado *Scenarios and priorities in transport planning: Application to the Sudan* (SAATY, 1977).

Em *The Analytic Hierarchy Process in the Transportation Sector*, ISLAM, SAATY (2010) retornam a publicar o trabalho citado sobre utilização do AHP no desenvolvimento de cenários e priorização no planejamento de transporte do Sudão, bem como outras duas aplicações do AHP no setor de transporte, sendo uma delas visando avaliar a priorização de soluções para um problema de transporte urbano, relacionado à travessia por balsa, por outros sistemas de transporte apontados como soluções (alternativas).

Com o tempo, a partir dessa aplicação de SAATY (1977), esse tipo de abordagem se multiplicou e foi diversificada, principalmente para problemas de transporte urbano.

Nesse contexto pode-se inferir, pela revisão bibliográfica sobre o tema, que as principais aplicações do AHP nos transportes encontram-se na área urbana.

Contudo, alguns autores estudaram e propuseram aplicações do AHP no planejamento estratégico regional, tanto para um determinado modo de transporte como para questão que envolve multimodalidade. Essas aplicações normalmente visam subsidiar - as decisões por indicação de prioridades que devem ser atendidas, tanto no setor de infraestrutura como nos serviços de transportes. Não somente para questões de planejamento ocorrem aplicações do AHP no setor de transportes, mas também para tomadas de decisões sobre tipos de projetos e para alternativas de um mesmo tipo de projeto.

LISBOA, SARAGIOTTO (2004) aplicaram o AHP em um estudo de alternativa de traçado de rodovias, especificamente para a tomada de decisão do projeto rodoviário do trecho norte do Rodoanel Mario Covas, em São Paulo/SP.

Nesse estudo foram considerados critérios com os seguintes aspectos:

- Econômicos;
- Operacionais e de segurança de tráfego; e
- Ambientais.

Esses critérios estabelecem o primeiro nível de decisão, seguido de mais níveis de indicadores, representados quantitativamente por unidades de medição.

Os indicadores tratam de parâmetros relacionados aos critérios descritos. Para o critério econômico apresentam-se parâmetros de custos de implantação (construtivo), relacionam-se parâmetros relativos às obras de superfície e as obras de arte especiais.

Para o critério operacional e de segurança de tráfego, definem-se parâmetros quanto aos tráfegos locais, de passagem e de pedestres. Por fim, para o critério ambiental, foram apresentados indicadores relacionados com os impactos no solo urbano, solo rural e no meio físico. Cabe destacar que a estrutura apresentada no estudo de LISBOA, SARAGIOTTO (2004) serviu de orientação e diretriz na composição da árvore de hierarquia dos critérios utilizada nesta Tese.

Assim, normalmente, as proposta de aplicações do método AHP consideram critérios macroscópicos, como estruturantes do primeiro nível hierárquico.

Na sequência, representados por subcritérios, classificados de indicadores, formam-se outros níveis hierárquicos, que são ao final, caracterizados pelas unidades (físicas, monetárias, matemáticas, entre outras) referenciando-se o que deverá efetivamente ser considerado como critério na avaliação dos especialistas (que podem ser também os usuários do sistema de transporte) para hierarquização das alternativas disponíveis, visando atender ao objetivo do estudo (projetos de infraestrutura de transporte).

Nessa mesma diretriz dos estudos de LISBOA, SARAGIOTTO (2004), outra referência bibliográfica que contribuiu consideravelmente para a proposição deste trabalho, consta da aplicação do método AHP promovida por SILVA, NETTO (2010).

Trata-se de uma aplicação combinada dos métodos Delphi, TODIM e AHP, em três fases distintas, conforme resumido no Quadro 3.1. A estratégia de abordagem considera a visão dos usuários de transportes, mais especificamente dos *stakeholders* (SALIBA, 2009).

No trabalho de SILVA, NETTO (2010), os autores definem uma estrutura do procedimento para a escolha dos projetos prioritários, sendo estabelecida uma fase preliminar onde são discutidas as “premissas de projeto”, por meio de debates conduzidos por analistas/pesquisadores com os *stakeholders*, em oficinas de trabalho (*workshops*) e entrevistas semiestruturadas, envolvendo questões como prioridades da infraestrutura de transporte para o crescimento e desenvolvimento sustentável e ponderações no estabelecimento de critérios/atributos de avaliação de projetos e empreendimentos relacionados.

Dessa forma, são considerados os seguintes aspectos:

- a. Critérios de avaliação em face do objetivo do estudo;
- b. Ponderação dos critérios; e
- c. Indicação dos projetos que estruturam o objeto de avaliação.

Uma árvore de decisão, semelhante à estrutura hierárquica do AHP é recomendada para auxiliar o planejamento da extração de conhecimentos.

Com isso, tem-se, segundo os autores:

“A estrutura hierárquica é constituída dos seguintes elementos: objetivo (definição de prioridades) como primeiro nível decisório; no segundo, os critérios gerais pré-definidos (engenharia de transporte, visões econômica e social, visão ambiental); no terceiro nível, os critérios específicos, escolhidos com o auxílio do método Delphi, em número entre seis e dez, de modo a evitar um número elevado de combinações quando do processamento AHP; e no quarto nível, as alternativas propostas, correspondentes aos projetos a serem avaliados pelo procedimento (SILVA, NETTO, 2010).”

Com os dados coletados é feita a distribuição de frequência. A proposição de SILVA, NETTO (2010) considera uma fase onde ocorre uma operação idêntica à citada anteriormente, na qual é feita uma relação de projetos considerados prioritários, com base em uma escala de prioridades de 1(maior) a 5 (menor). Com base nisso os autores descrevem:

“Esses dados são utilizados na primeira aplicação do TOPSIS, que vai determinar os coeficientes de prioridade, respeitado o princípio do método que é o de priorizar as alternativas que apresentem o menor desvio (distância euclidiana) em relação à solução ideal e o maior em relação à solução não ideal ou negativa (SILVA, NETTO, 2010).”

A aplicação do método TOPSIS ocorre em seis etapas (passos). Em seguida, escolhe-se entre os empreendimentos (alternativas) avaliados pelo TOPSIS, o conjunto com os maiores coeficientes de prioridade, em número significativo para o objetivo desejado pelo decisor. Para avaliar essas alternativas é aplicado o método AHP. Cabe ressaltar que as alternativas (projetos) consideram condições reais do ambiente de transporte no contexto atual do Brasil, conforme comentado no Quadro 3.1.

Especialistas (pesquisadores) e *stakeholders* associados aos projetos avaliam o grau de importância entre os critérios de avaliação por meio de entrevistas e *workshops* para preenchimento da matriz conforme estabelecido pelo método AHP, descrito no item anterior. A avaliação final dos empreendimentos é feita com base em recálculo da planilha associada ao método TOPSIS com o emprego do conjunto de ponderações aplicável a cada um dos empreendimentos selecionados, considerando a realização de um novo processamento, com obtenção de nova matriz ponderada e resultados subsequentes, inclusive do coeficiente de prioridade. De acordo com SILVA, NETTO (2010), a aplicação do procedimento em situação real para escolha de projetos de infraestrutura de transportes no Brasil deve considerar os seguintes aspectos:

- a. Proporcionar condições para que um processo de intermodalidade seja efetivamente implantado, reduzindo custos logísticos dos produtos movimentados no país, especialmente aqueles com baixo valor agregado destinado às exportações;
- b. Possibilitar a geração de empregos, diretos e indiretos, contribuindo para que benefícios decorrentes da obtenção de renda associada à produção possam gerar ganhos nas áreas de saúde, educação e habitação, contribuindo para fixar o homem à terra (ou evitar o êxodo demográfico);
- c. Proporcionar condições para aumento da qualidade de vida da população, privilegiando a oferta de meios de transporte e a segurança dos indivíduos no seu deslocamento;
- d. Possibilitar condições de funcionamento eficiente dos portos, no que diz respeito à entrada e saída de mercadorias e ao acesso aos mesmos pelos diversos modos de transporte;
- e. Considerar o impacto ambiental, prevendo medidas corretivas que recuperem pelo menos parte do que for afetado pela implantação do empreendimento;
- f. Levar em conta possíveis benefícios ambientais em função da implantação de projetos que, mesmo produzindo impactos produzam benefícios totais; e
- g. Avaliar os prazos e custos de execução como variáveis importantes, mas que não devem se sobrepor a perdas ambientais ou à redução da qualidade de vida das populações envolvidas com os empreendimentos avaliados.

Além desses aspectos ainda foram considerados as seguintes premissas relacionadas com as escolhas de projetos prioritários de acordo com as estratégias de crescimento e desenvolvimento sustentável:

- i. A resolução dos problemas logísticos de contorno das grandes cidades brasileiras, como São Paulo/SP e Rio de Janeiro/RJ, sujeitas ao trânsito de veículos pesados pela zona urbana para o acesso às diversas rodovias federais que se inserem nessas cidades;
- ii. Custo médio dos investimentos necessários, considerando-se que o custo do modo ferroviário é da ordem de US\$ 1.000 x 10³/km, enquanto o custo do modo rodoviário é de US\$ 250 x 10³/km; e
- iii. Redução do impacto ambiental decorrente da emissão de CO₂, pelos veículos pesados que trafegam pelas duas grandes cidades.

Cabe destacar que os projetos selecionados constam de proposições do PAC para o setor de transporte, como também do PNLT, estabelecidos para o período de 2008 a 2011 e atualmente em execução governamental.

Como conclusão deste trabalho, os autores apresentam suas justificativas para a utilização do AHP em uma fase, e do método TOPSIS, em outra fase, da seguinte forma:

“Na situação particular deste artigo, a escolha do AHP foi condicionada à montagem de uma hierarquia que definisse critérios alinhados com as premissas estabelecidas para a elaboração do procedimento. Entretanto, o método AHP, embora proporcione uma ordenação teoricamente mais precisa do que o TOPSIS, quando trabalha com um grande número de subcritérios acarreta dificuldades para a extração do conhecimento sobre os mesmos. A comparação par a par de critérios exige dos respondentes um nível de consistência que, na maioria das vezes, fica além do mínimo de 0,10 recomendados por SAATY (1991), o que exige constantes ajustes, com vistas a favorecer o processo de análise (SILVA, NETTO, 2010).”

Assim, o destaque dado nesta Tese, a esse estudo, promovido por SILVA, NETTO (2010), tem justificativa, tanto pela inovação na aplicação de técnicas e métodos multicritério como instrumento de subsídio do planejamento estratégico governamental na priorização de investimento de transportes intermodal, que permitam a dinamização da multimodalidade, considerando as dimensões regionais e a distribuição do SNV no território brasileiro, como também pelo fato de ter sido aplicada em projetos indicados pelo PNLT, uma das principais referências bibliográficas deste trabalho.

Importante destacar que a principal diferença adotada no procedimento elaborado e proposto nesta Tese consta de dois aspectos, em relação ao estudo de SILVA, NETO (2010), ou seja:

- I. Enquanto os autores citados promovem oficinas de trabalho com os especialistas colaboradores (stakeholders) com apoio de pesquisadores auxiliares, para debates e avaliações de quais devem ser os critérios e as alternativas mais adequadas na solução buscada para o problema exposto, nesta Tese se propõe uma forma de interação isolada com o especialista colaborador, que após instruções e contextualização do objetivo, elabora as suas ponderações dos critérios previamente

definidos, com base no Estado da Arte (pressupõe-se que o mesmo não deva sofrer influências em dinâmicas de grupo, para que a sua experiência seja traduzida nos pesos dos critérios);

- II. Os especialistas colaboradores interagem no processo, com base no conhecimento de quais projetos devem ser hierarquizados. Isso é considerado inadequado na proposição desta Tese, pois em conjuntos de projetos de transportes, de distintos modos, o prévio conhecimento pode levar a um “viés” de escolha, dependendo da formação e cultura do especialista colaborador, o que se deseja evitar.

Além desses estudos descritos, aplicações do AHP como método para priorização de alternativas de transporte urbano, também são relevantes para este trabalho, destacando-se entre outros, o estudo de TUDELA, *et al.* (2006), aplicado no Chile, e no qual considera em uma das fases, para a coleta de informações, a aplicação da técnica de Preferência Declarada – PD, como descrito no Quadro 3.1. O conceito utilizado por TUDELA, *et al.* (2006) foi anteriormente testado em um estudo desenvolvido por AZIS (1990) na avaliação dos impactos não mesuráveis diretamente, provenientes da construção da rodovia Trans-Sumatra, cujo resumo e critérios estão descritos, também, no Quadro 3.1.

Dessa forma, considera-se pelos exemplos descritos e analisados, que a tendência de aplicações do método AHP como instrumento de apoio à tomada de decisões na priorização de investimentos em transporte é consideravelmente praticada em diversas situações, países e principalmente, por recentes estudos no cenário brasileiro e internacional de investimentos governamentais de transportes.

Assim, a opção dessa Tese em apoiar seu desenvolvimento na aplicação do AHP como método de hierarquização das prioridades de investimentos em infraestrutura de transportes no Brasil, encontra respaldo metodológico e científico, não somente nos exemplos descritos anteriormente, mais também em outra diversidade de estudos e aplicações, que em parte estão referenciadas nessa Tese.

CAPÍTULO 4. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA TRANSPORTES

A justificativa da inserção desse tema no contexto dessa Tese fundamenta-se na consideração estabelecida anteriormente, que incorpora ao processo de validação de priorização e hierarquização de investimentos em transportes, o conceito de interdependência entre diversos projetos que se apresentem como solução para esses investimentos e, portanto, tais projetos devem possuir atributos oriundos de uma única plataforma metodológica, que permita avaliá-los simultaneamente, frente aos cenários estabelecidos para a evolução do equilíbrio entre a oferta e demanda por infraestrutura de transporte, estabelecido por um processo de planejamento governamental estratégico desse setor. Em outras palavras, entende-se que a validade de hierarquização dos investimentos, em projetos de infraestrutura de transporte, depende do fato de que tais projetos tenham sido considerados sob as mesmas bases metodológicas, quando de suas concepções, proposições e validações como soluções de transportes e, portanto, no caso específico deste trabalho, pautado sob uma visão sistêmica das redes de transportes inseridas no território brasileiro.

Nesse contexto, e tomando-se como base as premissas estabelecidas no arcabouço metodológico do PNLT, o desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas para Transportes – SIG-T estabelece mecanismos para que essas premissas sejam implantadas nas avaliações de projetos de infraestrutura de transporte como soluções de investimentos governamentais, considerando simultaneamente, que as mesmas condições de avaliação, sob o enfoque sistêmico, tenham sido praticadas na validação de tais projetos. Dentro desse contexto, segundo PEREIRA (2007), os Sistemas de Informações Geográficas – SIG desempenham uma função como integrador de tecnologia, pelos quais é possível elaborar mapas, aplicar modelos matemáticos, fazer consultas e analisar uma grande quantidade de dados, todos mantidos em um único banco de dados. A definição de SIG apresentada por TOMLIN (1990) é:

"Um sistema de informação geográfica é um recurso para preparar, apresentar, e propiciar a interpretação de fatos relativos à superfície da terra. É uma definição ampla, porém uma definição consideravelmente restrita é empregada mais frequentemente. Um sistema de informação geográfica ou SIG é uma configuração de hardware e software desenvolvida especificamente para a aquisição, manutenção e uso de dados cartográficos".

Assim, um SIG é um banco de dados estruturados por informações associadas às entidades geográficas espacialmente referenciadas, e que permitem sobre si um conjunto de operações de usos para consulta e geração de resultados combinados por aplicação de formulações, modelos e processos específicos para cada foco de análise.

Dada à capacidade de um SIG representar em termos gráficos e matemáticos os sistemas e elementos territoriais, seu uso como mecanismo técnico nas avaliações sobre transportes é amplo e consagrado mundialmente. Considerando a temática abordada nesse trabalho, faz-se fundamental a consideração conceitual e metodológica sobre a formação de sistemas de informações geográficas, pois os mesmos definem as condições elementares de representatividade, que em transportes se classifica como oferta (rede de infraestrutura e serviços de transportes) e demanda (fluxos de movimentos associados ao transporte de mercadorias e pessoas).

Basicamente, os problemas de transportes consideram os elementos territoriais definidos pelas redes de transportes e as áreas e/ou pontos de representatividade social e econômica, associados aos fluxos de mercadorias e pessoas, que juntos definem o funcionamento de um sistema de transportes. Tais fluxos podem ser cientificamente representados como quantitativos de produtos, pessoas ou veículos que se deslocam entre pontos de um território, conectados aos segmentos de um sistema de transportes.

Dessa forma, as potencialidades dos sistemas georreferenciados são abrangentes, principalmente quando aplicadas para integrar os mecanismos técnicos utilizados nas metodologias de avaliação e solução de problemas de transportes.

4.1. POTENCIALIDADES DOS SISTEMAS GEORREFERENCIADOS

Os Sistemas de Informações Geográficas podem ser classificados como tecnologias que utilizam georreferenciamento, permitindo utilizar informações na forma de dados geográficos.

Um SIG, em essência, é a combinação de imagens de mapas com diferentes tipos de informações, cujas aplicações não se limitam somente ao planejamento de transportes, mas em inúmeras outras áreas, como no planejamento urbano, de uma forma mais abrangente (SILVA, 1998). Contudo, uma das potencialidades do SIG que serve tanto aos transportes como ao planejamento urbano ou regional, trata da definição do zoneamento territorial.

Segundo VONDEROHE *et al.* (1993), os SIG provaram ser ferramentas poderosas para o compilação, gerenciamento e visualização de dados associados com o espaço geográfico.

Em qualquer nível de complexidade, estrutura-se visualmente em mapas associados a bases de dados relacionadas às informações dessas zonas às entidades geográficas, territoriais e de outras naturezas. A partir desse tipo de aplicação, desenvolve-se a base do arcabouço metodológico para utilização de modelos de transportes, estando diretamente associada à ilustração geográfica das matrizes de viagens, sejam elas do transporte de mercadorias, pessoas ou veículos.

As elaborações de mapas que associam diferentes temáticas (layers) possibilitam aos resultados das aplicações dos modelos de transportes uma visualização do sistema viário distribuídos pelas áreas territoriais, relacionadas a produções, consumos, densidades populacionais, produtos internos brutos, taxas de motorização, áreas urbanizadas, entre outras questões socioeconômicas correlacionadas com os fluxos de transportes. Uma específica aplicação de SIG consta dos estudos de acessibilidade, como um instrumento de avaliação da qualidade de um serviço de transporte em uma determinada região (PEREIRA, 2007).

Avaliação da densidade de infraestrutura viária (equivalente ao metro de via por quilômetro quadrado de território, m/km^2) por exemplo é uma das temáticas de interesse do setor de transportes. A utilização de SIG permite que seus resultados sejam apresentados tanto em termos de informações geográficas, como indicadores de transportes. Entre as diversas potencialidades do uso de SIG, de acordo com FREITAS (1999) tem-se a tomada de decisão para avaliação de sistemas de transporte coletivo pela utilização de critérios que podem influenciar de forma significativa os resultados do processo de seleção de alternativas de projetos de transportes.

Para avaliações de sistemas viários, com observações que resguardem as condições de sua distribuição territorial, a utilização de ferramenta SIG é a mais comum e universalmente utilizada, particularmente nos estudos de redes de transportes. A base de dados utilizada no PNLT (MT, MD, 2007), e que servirá aos objetivos propostos nesta Tese, é uma base em SIG, por esta razão, os conceitos associados à base do referido plano fundamentam as descrições colocadas neste capítulo. Conforme descrito em MT, MD (2009), a organização de uma base de dados georreferenciada aplicado a estudos de redes de transporte, permite que seja estruturada uma divisão temática por:

- Modo de transporte: rodoviário, ferroviário, aeroviário, aquaviário, dutoviário e multimodal e;
- Por assunto: agropecuária, demografia, divisão política, projeções econômicas, Produto Interno Bruto – PIB, produção agrícola, de mineração, industrial, de serviços, e outros, infraestrutura energética, de saneamento, localização de jazidas minerais, demarcações de áreas ambientais, indígenas, outras protegidas por leis, obras em andamento, portfólio de projetos, recursos naturais, urbanização, entre outros temas.

Em resumo, pode-se considerar que no tópico Sistema de Informações Geográficas – SIG (onde se enquadra base georreferenciada de dados) encontram-se os temas: socioeconômicos, territoriais, urbanos, ambientais, de produção e consumo, de transportes e custos, normalmente considerados relevantes nas avaliações sistêmicas de investimentos em infraestrutura de transportes. O interesse especial deste trabalho está no potencial do uso do SIG em processos metodológicos de definição de soluções de transportes, que se configurem em projetos de infraestrutura. Nesse contexto, cabe destacar que o ajuste da base georreferenciada de dados permite considerar a atualização dos atributos para cada tema, corrigindo informações como, por exemplo, os trechos definidos pelos códigos do antigo Plano Nacional de Viação – PNV, atualmente definidos no Sistema Nacional de Viação – SNV.

Essa segmentação obedece à estrutura lógica funcional estabelecida por Lei e adotada pelo Governo Federal na caracterização dos trechos viários que compõem um projeto de infraestrutura de transporte, principalmente quando relacionado com o modo rodoviário. Possibilita ainda, a inserção de informações que resguardem dados históricos existentes, como no caso do PIB, população e demais dados socioeconômicos, e a ampliação de seus atributos, fundamentais em termos de avaliação por fatos em série temporal. A estrutura lógica apresentada na Figura 4.1, ilustra a organização de uma base de dados, considerando a necessidade de atualizações, modificações e ajustes exigidos para o seu funcionamento no setor de transporte (MT, MD, 2009). Logo, o passo inicial e fundamental para a padronização e diretriz a serem seguidas pelo protocolo de desenvolvimento e uso da base georreferenciada, e com isso de um SIG, é a utilização de um único banco de dados, no qual as entidades geográficas definidas para cada tema se relacionam por código-chave. Como exemplo, podem-se citar as maneiras como os atributos de um segmento do SNV se relacionam ao seu código oficial.

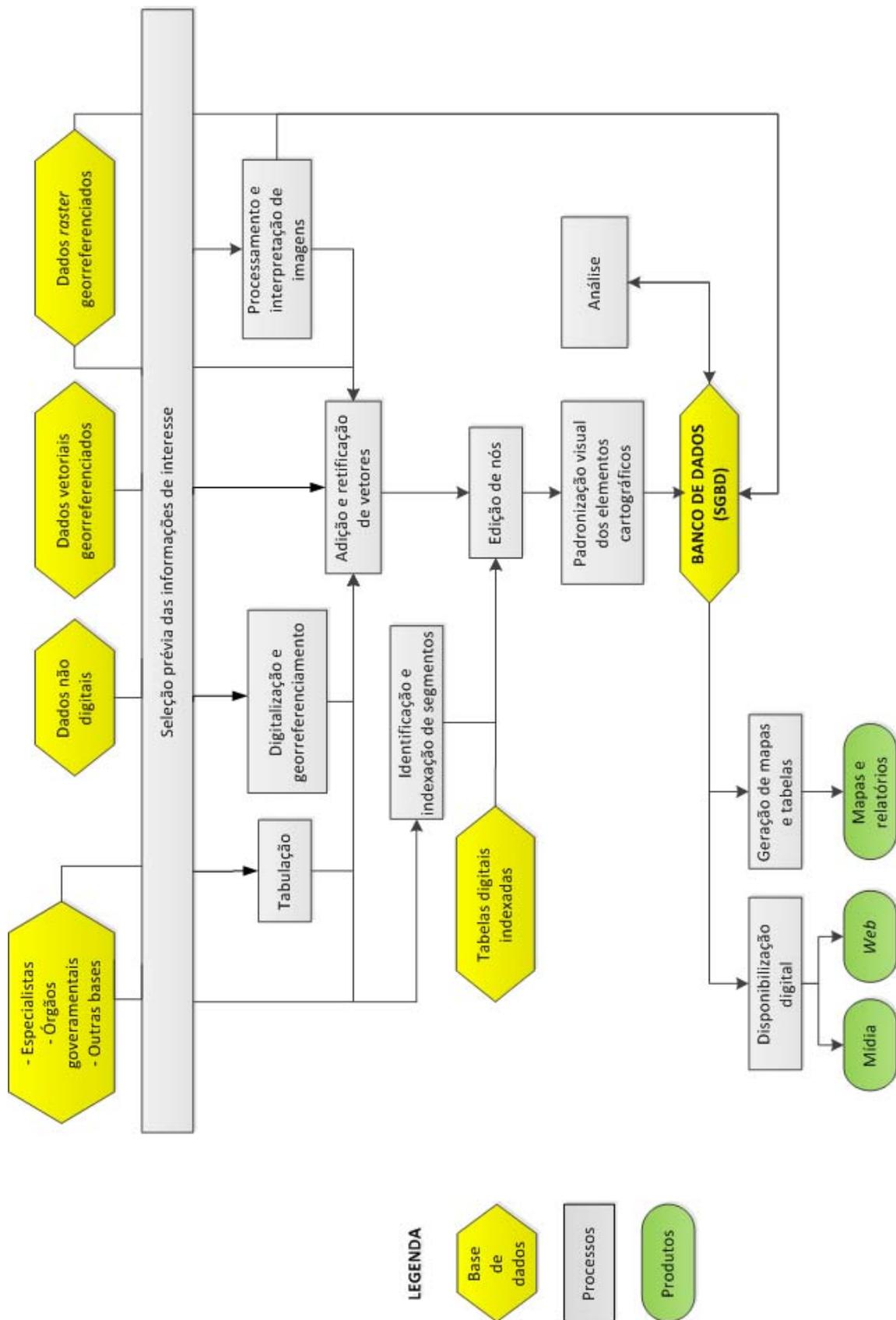


Figura 4.1: Mapa de processos de geoprocessamento para atualização da base.

Fonte: MT, MD (2009).

Com base na organização de processos apresentado na Figura 4.1, verifica-se que a formação de sistemas georreferenciados serve para quase todos os tipos de problemas que envolvem a necessidade de identificação das relações entre elementos físicos e operacionais, distribuídos territorialmente em uma determinada área de interesse.

Nesse contexto, sistemas georreferenciados podem ser desenvolvidos para fins de avaliações ambientais, produções e consumos, distribuições populacionais, das áreas urbanas, infraestrutura básica, bem como para fins de planejamento sistêmico dos transportes.

O conceito mais importante sobre a potencialidade do uso de sistemas georreferenciados, para fins de representação de problemas de transportes é a capacidade que tais sistemas possuem de representar em modelos teóricos, a realidade física e operacional do funcionamento de redes de transporte. Normalmente, esses sistemas são os mais adaptados para representação das realidades dos transportes em modelos matemáticos, pois os mesmos podem ser interpretados, entre outras funções, como elementos de grafos (LEITE, 2012).

VONDEROHE *et al.* (1993) afirmam que a aplicação de SIG ao transporte exigem a extensão da funcionalidade básica de incluir rede sobreposições e a ligação de informação linearmente relacionado com a rede.

Nesse contexto, quanto mais detalhado e ajustado um modelo teórico a um sistema de transportes, mais confiança técnica é depositada nos resultados como soluções de investimentos em transportes, advindos do seu uso.

4.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PLANEJAMENTO SISTÊMICO DE TRANSPORTE COM UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS GEORREFENCIADOS

No desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas para Transportes – SIG-T, considera-se, normalmente, uma estrutura de relação entre as áreas de geoprocessamento, do desenvolvimento de sistema e de planejamento de transportes. Em síntese, o setor de geoprocessamento e sistemas desenvolvem os processos de elaboração da base de dados considerando as orientações dos técnicos de planejamento de transportes e engenharia de tráfego, tanto sobre o conteúdo das informações, sua utilidade, como nos produtos (saídas de dados) que se deseja.

A estruturação do SIG-T aborda, então, combinações entre objetos geográficos (polígonos, linhas e pontos) e atributos (números, textos e imagens), pertinentes a cada tema definido como relevante ao problema de transporte. A realização do diagnóstico das

necessidades de informações para a concepção do SIG-T deve considerar estudos similares, desenvolvidos para fins semelhantes, dando assim a confiabilidade técnica e científica a esse desenvolvimento.

De forma geral, a base de dados do SIG-T se subdivide em duas categorias:

1. Dados Cartográficos: consistem em informação de camadas armazenadas numa forma digital. Constam das características geográficas descritas num mapa. Estas características são classificadas como pontos, linhas e polígonos (os polígonos também são chamados de áreas ou regiões). Portanto, cada entidade de um mapa pode ser definida como:

- **PONTO:** um ponto representa uma característica para a qual somente se necessita de uma localidade geográfica (tal como latitude-longitude). Exemplos de características de um ponto incluem localização de praças de pedágio, postos de contagem volumétrica classificatória, sedes municipais, etc. Os pontos definem localizações discretas de elementos geográficos demasiadamente pequenos para serem descritos como linhas ou áreas;
- **LINHA:** uma linha é formada por uma série de pontos conectados. É unidimensional, possuindo comprimento, mas não largura. Exemplos de características de linhas incluem hidrovias, rodovias, ferrovias, etc. São definidas como um conjunto ordenado de pontos interligados por segmentos de reta, ou arcos, e são utilizadas na representação de objetos sem largura suficiente para serem consideradas áreas;
- **POLÍGONO:** um polígono é uma área cercada por linhas. É bidimensional; a área compreendida num polígono possui comprimento e largura. Exemplos de polígonos são áreas que compreendem os municípios, os Estados, áreas produtoras de grãos, áreas urbanas, etc. São definidas como um conjunto ordenado de pontos interligados, em que o primeiro ponto e o último coincidem sendo utilizados quase sempre na representação de zonas que possuem uniformemente uma dada propriedade, ou seja, figura fechada, cujos limites encerram uma área homogênea.

Esses três tipos de elementos (pontos, linhas e polígonos) se relacionam no mapa, constituindo-se nas camadas de dados dos mapas temáticos (*layers*), representando o espaço geográfico em estudo.

O mapa corresponde a um modelo genérico dos fenômenos espaciais, onde cada camada corresponde a um tema específico, isto é, dados geográficos com características comuns.

2. Dados Não Gráficos: o segundo tipo de dado aplicado ao SIG-T é o dado não gráfico. Este tipo considera as informações descritivas sobre as características (pontos, linhas e polígonos) armazenadas na base de dados.

As informações descritivas recebem o nome de atributos. Os atributos dependem do tipo e de quais características são importantes para um propósito ou aplicação em particular, por exemplo:

- Código do trecho rodoviário pertencente a uma rodovia federal,
- Um porto é operado por uma determinada empresa, que despacha um fluxo anual de toneladas de grãos; e
- Um trecho rodoviário possui um código, um tipo de superfície e pode fazer parte de uma ou mais rotas.

Cada uma destas características pode ser identificada especificamente no SIG-T ao dar-lhe um nome de atributo, tal como o nome da rodovia, código do trecho rodoviário, extensão do trecho, tipo de superfície, entre outros.

O atributo possui um conjunto de possíveis valores chamados "domínio". O domínio, por exemplo, para o atributo "nome da rodovia" refere-se a todos os nomes de rodovias oficialmente designados, para a rede de influência na área de interesse do estudo de transporte.

A característica desse atributo refere-se aos valores específicos associados a ela. Por exemplo, rodovias geralmente possuem nomes, mas uma rodovia em particular chama-se "Rodovia XYZ".

O atributo "nome da rodovia" é um atributo para todas as rodovias de uma rede e a "Rodovia XYZ" é o valor daquele atributo para uma rodovia ou trecho rodoviário específico.

Para fins de exemplo dos conceitos abordados, o Quadro 4.1 apresenta uma estruturação do atributo e do domínio (descrição) para dados diretamente aplicados ao SIG-T.

Quadro 4.1: Atributo e domínio de um trecho rodoviário.

ATRIBUTO	DESCRIÇÃO
ID	Código identificador do trecho rodoviário
LENGHT	Tamanho da linha representada pela entidade geográfica que compõe o trecho rodoviário
DIR	Direção que é permito o tráfego do trecho rodoviário
CODIGO	Código SNV do trecho rodoviário
RODOVIA	Nome da rodovia ao qual o trecho rodoviário identificado pelo Código SNV pertence
COINCIDE_C	Código SNV coincidente
EXTENSÃO	Extensão do trecho rodoviário indicada no SNV
REVESTIM	Tipo de revestimento (pavimento)
JURISDICA0	Jurisdição do trecho rodoviário (esfera governamental)
TRAFEGO_ME	Tráfego médio (volume de veículos médios diário de referência)
ESTADO_DA_	Estado do trecho rodoviário (condição do pavimento, medido por índices específicos)
PISTA	Tipo de pista (classe da rodovia, exemplo: rodovia duplicada)
KM_INICIO	km inicial do trecho rodoviário (normalmente conforme referência SNV)
KM_FIM	km final do trecho rodoviário (normalmente conforme referência SNV)
DESCRICA0	Descrição do trecho rodoviário, indicando entre quais pontos físicos de referência se encontra o trecho
TAR_BASIC3	Tarifa básica de pedágio, quando ocorre no trecho rodoviário
CONCESSION	Concessionária que administra a rodovia ao qual o trecho rodoviário pertence
NOMENCLATU	Nomenclatura utiliza para identificar o trecho rodoviário e a rodovia ao qual pertence

Fonte: ANTT (2010).

Os elementos apresentados no Quadro 4.1, em um SIG-T, associam-se sempre a uma entidade geográfica, georreferenciada, por um determinado sistema cartográfico, e pode ser representado graficamente como um ponto, área ou linha, e visualizado por meio de imagem organizada em um mapa.

Outras informações podem ser associadas aos atributos do Quadro 4.1, como velocidade de fluxo livre, nível de serviço, tempo de viagem, distribuição percentual do tráfego médio em categorias de veículos, entre outros, que podem não estar diretamente associados a observações dos elementos do trecho rodoviário, mas sim oriundos das aplicações de modelos e/ou procedimentos técnicos específicos e praticados para fins de avaliações de transportes, que se associam como resultados aos elementos geográficos que representam as rodovias. A Figura 4.2 ilustra um trecho georreferenciado da rede rodoviária nacional, no qual os atributos do Quadro 4.1 podem estar associados, ligados pelo código-chave definido pelo código do segmento SNV rodoviário.



Figura 4.2: Atributos e domínios de entidade geográfica trecho rodoviário, definido por linha (dado como exemplo o trecho rodoviário de acesso ao porto de Rio Grande, no Rio Grande do Sul).

Fonte: ANTT (2010).

A oferta de transporte, representada pelas redes viárias (podendo ser multimodais ou não), interligam-se fisicamente a pontos que representam os centros de origens e destinos das demandas que utilizam essa oferta. Nesse contexto, a Figura 4.3 ilustra a forma como a oferta se conecta aos elementos geográficos definidos por pontos (que podem ou não representar atributos de áreas), estruturando-se a ligação entre a oferta de transportes, e os elementos que podem representar a demanda por transporte.

Quando tais conexões são estabelecidas entre pontos e áreas representativas de unidades e pontos geográficos oficialmente definidos como sedes de município, microrregiões, regiões e outros recortes geográficos que determinam áreas de ocupação humana, produção, consumo, entre outros fatores, de tal forma que sejam cobertos todos os elementos na área de interesse do estudo de transporte. Dado o grau de detalhamento dos atributos desses elementos, tem-se o desenvolvimento de um modelo teórico que se aproxima da realidade ao qual se baseia, e cuja estrutura pode ser ainda visualizada por meio de mapas. Com tais conexões, e pelo detalhamento dos atributos de cada temática inserida no modelo geográfico, o problema de transporte pode considerar os elementos de custos associados a diversas questões econômicas e financeiras, tanto da infraestrutura, como dos serviços de transportes identificados no sistema geográfico desenvolvido.

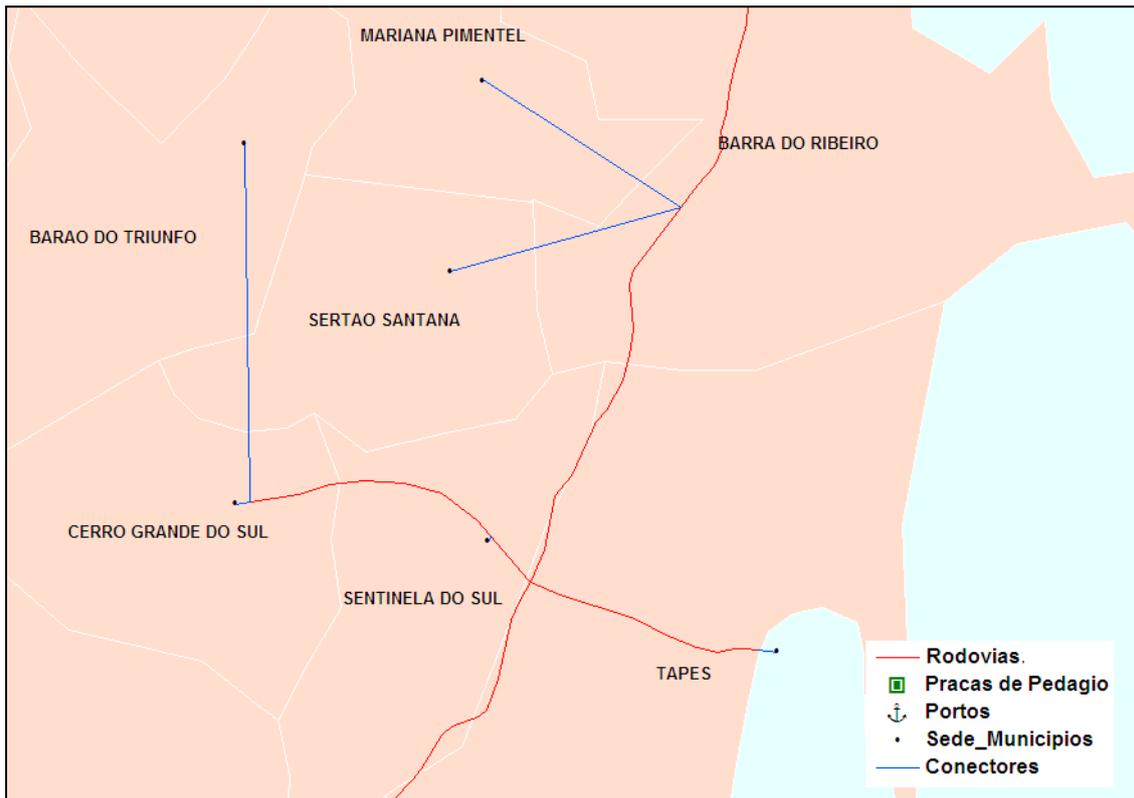


Figura 4.3: Conectores de ligação entre a rede de transporte e elementos territoriais representativos da demanda, estruturados em Sistemas de Informações Geográficas para Transportes (SIG-T).

Fonte: ANTT (2010).

De modo geral, no SIG-T, são promovidos ajustes da base geográfica de dados (como exemplo, a base rodoviária) assumindo para cada arco (*link* que representa um trecho viário) uma impedância, que é definido como uma das fases envolvidas no processo de alocação do tráfego (fluxo).

Para tanto, os pontos que representam as origens e destinos pelo qual se estabelece uma viagem (centroide de cada zona de transporte) são conectados à rede viária por meio de conectores (que procuram representar os acessos entre as vias e as áreas onde se localizam a demanda por transporte), transformando os centroides em ponto finais dos segmentos de uma rede viária (*endpoints*).

Utilizando-se da ilustração representada pela Figura 4.3, destaca-se que as linhas representam os trechos rodoviários, e os pontos (*endpoints*) representam a origem e o destino da viagem. Esta forma de representação gráfica é transferida para a forma de representação matemática que, por sua vez, é utilizada na formulação de algoritmos, solucionando os problemas de transporte em rede.

O SIG-T permite a separação de informações de um mapa em categorias lógicas chamadas de camadas de mapa. Estas também são conhecidas como temas de mapa, níveis ou coberturas. As camadas contêm informações sobre um só tipo de característica, como rodovias, sedes de municípios, portos, entre outros temas associados ao sistema de transporte em avaliação.

Os dados separam-se de maneira lógica em camadas de mapa para que assim possam ser manipulados e analisados espacialmente, sejam sozinhos ou em combinação com outras camadas. Para obter resultados analíticos significativos, as camadas devem ser registradas com respeito à outra pelo sistema de coordenadas comum da base de dados (no sistema cartográfico definido).

Para cada camada há um conjunto de atributos com seus respectivos domínios, conforme mencionado anteriormente. A Figura 4.4 exemplifica o SIG-T com as camadas de uma rede rodoviária e municípios.

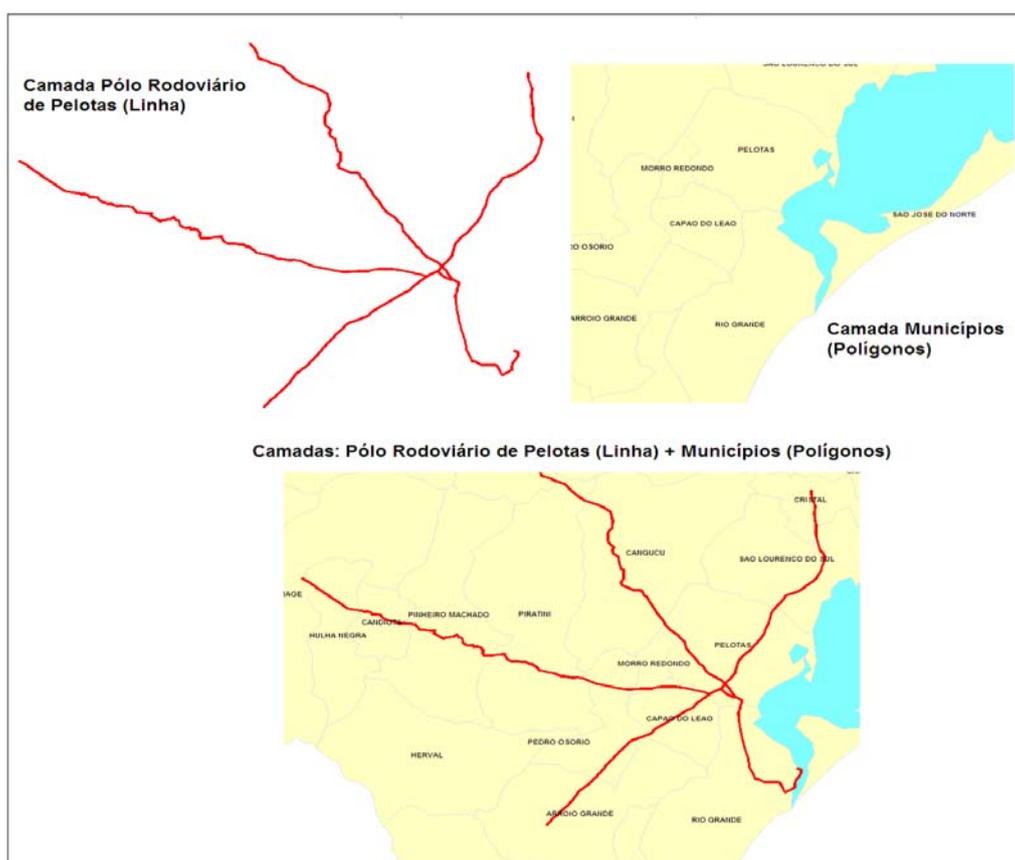


Figura 4.4: Camadas: Exemplo de rodovias federais inseridas no Polo Rodoviário de Pelotas, no Estado do Rio Grande do Sul e municípios.

Fonte: ANTT (2010).

Nesse contexto, a representação por meio de SIG-T de redes de transportes, conforme descrito e também ilustrado os principais elementos de sua construção, permitem representar e estabelecer modelos que subsidiam avaliações de planejamento de transporte sistêmico.

Contudo, diversas etapas das avaliações de planejamento de transporte sistêmico são desenvolvidas por modelos de transportes, econômicos, ambientais, entre outros, que demandam as informações do SIG-T e ao mesmo tempo, retornam para a base do SIG-T, informações e dados resultantes de suas aplicações, que podem ou não servir de elementos para outros modelos matemáticos, dependendo da forma como se estrutura o arcabouço metodológico para executar tais avaliações.

Assim, destaca-se que um aspecto relevante na concepção das premissas estabelecidas na proposição metodológica desta Tese, consta da capacidade que o SIG-T fornece, quando da necessidade de modificações temporais das demandas por transporte e também da conformação da sua oferta, e nesse contexto, da definição e proposição de elementos que se caracterizam como projetos de transportes (soluções de transporte), principalmente de investimentos de infraestrutura, a opção de serem simulados simultaneamente e, portanto, comportarem-se com interdependências próximas da realidade de funcionamento dos sistemas de transporte ao qual pertencem ou pretende modificar.

Sintetizando as relações e processos de estruturação de uma base de dados georreferenciada para fins de formação de um SIG-T, a Figura 4.5 ilustra as principais etapas para o seu desenvolvimento.

O banco de dados formado é o elemento principal para a estruturação do SIG-T. Atualmente, diversos *softwares* especializados no tratamento de dados georreferenciados encontram-se disponíveis comercialmente para a execução de todas as atividades que um SIG-T pode fornecer. Entre eles, o *TransCAD*, (CALIPER, 2011), pode ser citado como um dos mais utilizados e mundialmente difundidos para uso de modelos de transportes em plataformas georreferenciadas.

Outros sistemas semelhantes, ora mais adaptados para fins de planejamento urbano, ora para fins de planejamento regional, e até *software* com modelos de micro simulação de redes viárias, podem ser utilizados para o desenvolvimento de SIG-T.

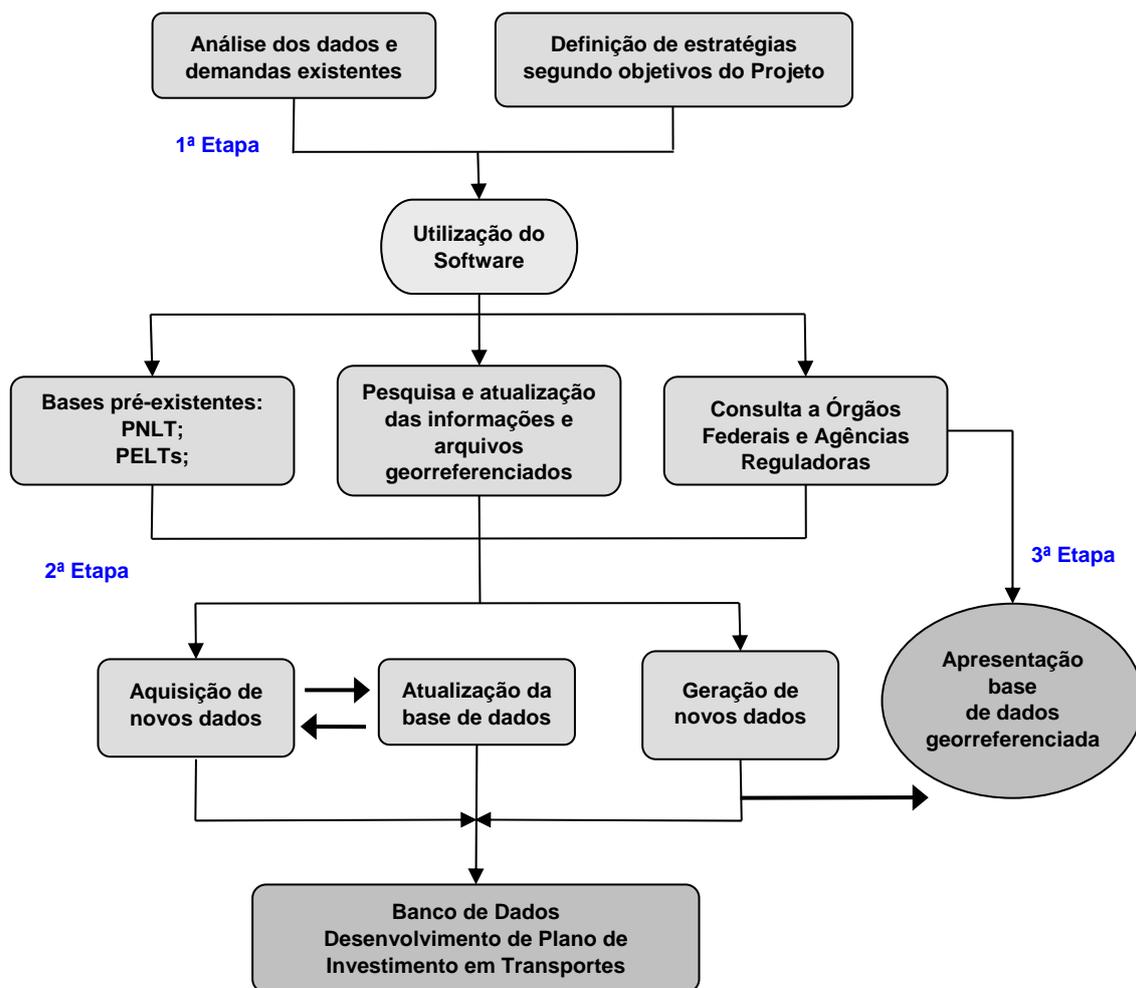


Figura 4.5: Fluxograma metodológico para organização do banco de dados georreferenciado aplicado ao planejamento sistêmico dos transportes.

Fonte: MT, MD (2009).

Segundo THONG, WONG (1997), um banco de dados SIG -T é projetado para (i) simulações realistas de rede nas formas bidimensionais e tridimensionais, (ii) a manipulação de vários tipos de informação relacionados a transporte em um banco de dados consistente, e (iii) ferramentas de apoio para a comparação entre a mudança de fluxo de rede entre um cenário existente e um cenário futuro, em uma área de estudo pré-definida.

Nesse contexto, cabe destacar que a uma base georreferenciada de dados pode ser representada por arquivos associados a cada tipo de *software* que se esteja utilizando como mecanismo computacional de apoio à estruturação do SIG-T.

Destaca-se que para solução de problemas ou diagnósticos de sistemas de transporte, os *softwares* disponíveis comercialmente possuem ferramentas e procedimentos

para análise e modelagem de tais sistemas que incluem, por exemplo, modelos clássicos para o cálculo de demanda de viagens, modelos de geração de viagens e cálculo do caminho de menor impedância (podendo ser minimizado o tempo de viagem, à distância, custo ou qualquer outra variável), sendo tais modelos descritos no Capítulo 2 desta tese.

Esses sistemas, então, configuram-se como uma rede de transportes com seus atributos físicos, operacionais e de custos, no qual se executa o processo de alocação do fluxo de veículos, utilizando os algoritmos de alocação de tráfego concebidos para funcionamento em cada *software* em particular.

Como exemplo dessas aplicações, a Figura 4.6 apresenta uma ilustração gráfica, da interface georreferenciada de um sistema de transporte estruturado no *software TransCAD*. Trata-se de avaliação de modelos de rotas que representam caminhos mínimos entre pares de origem e destino, definidos para a região de influência do Polo Rodoviário de Pelotas, considerando como um destino principal o porto de Rio Grande, estando todo esse sistema inserido em uma região do Estado do Rio Grande do Sul.

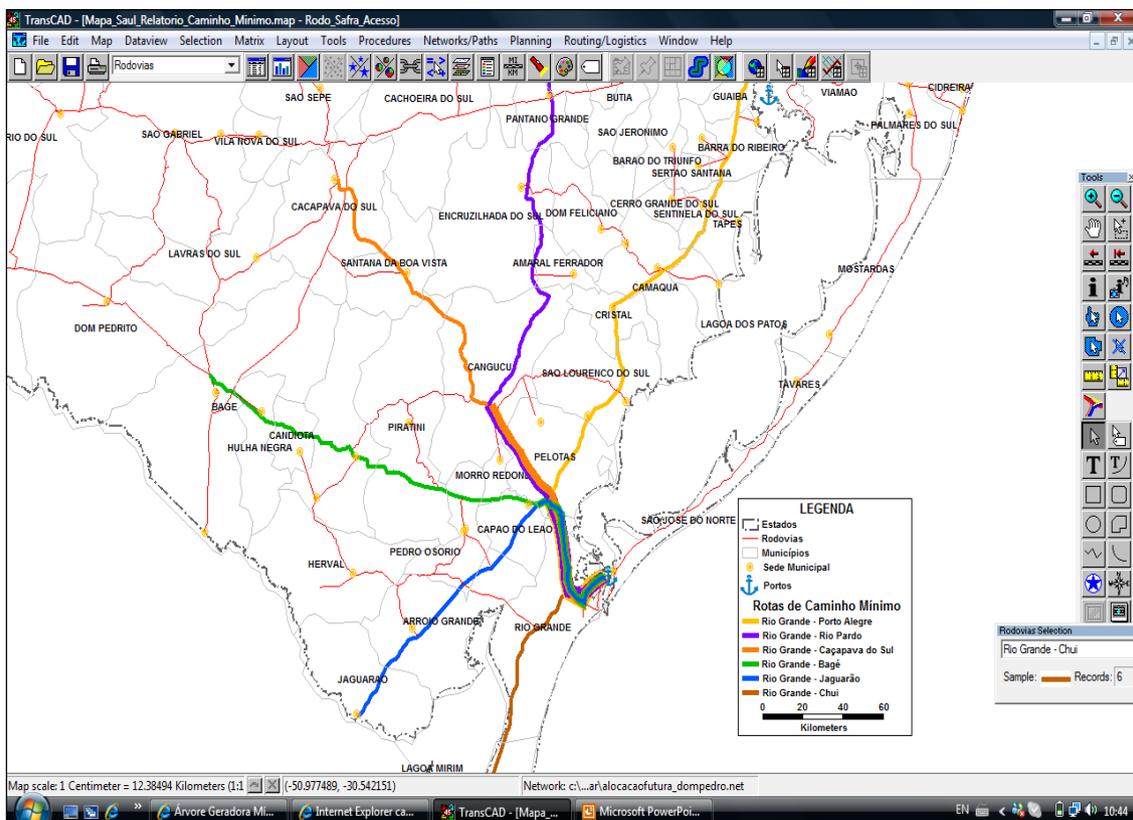


Figura 4.6: Rotas de caminhos mínimos com destino em Rio Grande/RS.

Fonte: ANTT (2010).

Para fins de exemplo, no caso de utilização do *software ArcGIS*, amplamente divulgado e também utilizado para produção de serviços de geoprocessamento (ou outros similares), os arquivos *shapefile* são constituídos basicamente pelas extensões: *.prj (projeto), *.shp (visualização do tema), *.sbx, *.sbn, *.shx (arquivos de ligação), *.lyr (*layer*) e *.dbf (tabela de atributos).

Para aplicações e usos de bases de dados georreferenciadas de transportes no *software TransCAD*, também amplamente divulgado e utilizado mundialmente para aplicações de modelos de transportes em redes (ou outros similares) utiliza-se para estruturar a rede de transportes arquivos no formato *.dbd.

Com tais exemplos, explora-se aqui a questão do SIG-T possuir a capacidade de representar um modelo não somente para um modo de transporte, mas para fins de problemas de planejamento do Sistema Viário Nacional – SNV, o SIG-T pode incorporar todos os elementos viários e de demanda que definem um sistema de transporte multimodal.

Trabalhos como de MACHARIS, PEKINS (2009), apresentam as vantagens de usar um Sistema de Informação Geográfica – SIG para a análise de diferentes opções políticas para estimular o transporte intermodal.

Nesse ponto, cabe destacar que o Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT, bem com os Planos Estaduais de Logística e Transportes – PELT's, brasileiros, desenvolvidos recentemente, basearam-se em estruturas de Sistemas de Informações Georreferenciadas de Transportes semelhantes aos definidos nesse capítulo.

Assim, os projetos de transportes considerados por esses planos para fins de investimentos governamentais (indicados em seus portfólios) possuem as propriedades de pertinência a um mesmo ambiente metodológico, bem como a um mesmo processo de avaliação, premissa fundamental para que os estudos de caso desta Tese os considerem como elementos a serem elencados no contexto de alternativas para fins de aplicação de hierarquização e priorização de investimentos.

CAPÍTULO 5. PROCEDIMENTO PROPOSTO

Entre as questões relevantes para o setor de transportes, a consideração de priorização dos projetos (como alternativas de soluções), com base em uma visão de investimentos que considerem o funcionamento de sistemas viários, sob um enfoque sistêmico intermodal, tem como um dos pontos relevantes para os investimentos governamentais, principalmente a médio e longo prazo, que seus efeitos sejam devidamente sentidos pelas reduções nos custos de transportes, nos deslocamentos entre diversos pontos de um território.

Com base em tais questões, na sequência, estruturam-se os conceitos, definições e aspectos técnicos relevantes para a proposição metodológica dessa tese.

5.1. PROPOSIÇÃO PARA APLICAÇÃO DO AHP NA PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE

A aplicação do AHP estabelecida nesta tese é descrita em duas fases. A primeira trata dos conceitos e critérios adotados, enquanto a segunda, descreve a estrutura de aplicação.

Para estabelecer as relações de causalidade entre ações e processos definem-se os temas que devem ser atendidos para, na sequência, associar quais os parâmetros e respectivos critérios devem representá-los. Dessa forma, e utilizando-se de toda a metodologia do AHP, fica estabelecido o procedimento de avaliação de prioridade de investimentos em infraestrutura de transportes.

5.1.1 Conceituação do Procedimento Proposto

O procedimento proposto nesta Tese visa estabelecer conceitos, definições, critérios e processos metodológicos, aplicados à avaliação de prioridades de investimentos em projetos de infraestrutura de transporte. Uma das condições estabelecidas consta da priorização de projetos que estejam integrados e definidos no contexto de sistema de viação. Essa premissa visa garantir que a concepção, definição e proposição dos projetos de infraestrutura de transporte ocorram sob as mesmas condições de avaliação do equilíbrio entre a oferta e demanda de transporte de um sistema multimodal, onde cada projeto se insere como uma alternativa, cujo procedimento de validação é sempre o mesmo para qualquer alternativa concebida.

Pretende-se, com isso, evitar na aplicação do procedimento proposto, incoerências quanto às definições dos critérios a serem utilizados na execução de hierarquização e priorização dos projetos, em face de se tratarem de diferentes abordagens e/ou concepções, como por exemplo, a comparação entre projetos de características locais, puramente urbanas, de atendimento a passageiros por meio do modo ferroviário, com projetos inter-regionais de navegação fluvial, destinados à integração entre áreas de produção e o atendimento ao comércio exterior.

No exemplo dado, tanto o contexto, como a finalidade de cada projeto possuem características tão distintas, que afetam tanto os tipos de critérios a serem concebidos no processo de priorização, como as suas ponderações pareadas, pois haveria aspectos a serem considerados para atender às características exigidas no caso do projeto ferroviário urbano, que provavelmente, não seriam utilizados na avaliação do projeto de transporte fluvial para integração regional.

Assim, são condições de contorno para a aplicação do procedimento proposto que:

- I. as alternativas caracterizadas por projetos de infraestrutura de transporte a serem consideradas no processo de hierarquização e priorização possuam a mesma origem metodológica na sua concepção e definição;
- II. os objetivos e metas de tais alternativas sejam os mesmos (possuam um mesmo plano de metas).

Nesse contexto, conforme abordado e descrito nos capítulos anteriores, uma solução de transporte normalmente é definida por um projeto de engenharia, o qual possui atributos que o qualificam sobre quatro aspectos principais, ou seja: econômico/financeiro, transporte/logística, social e ambiental. Esses aspectos tratam dos principais temas que envolvem as motivações de investimento em projetos de transporte. Essa afirmação é baseada nas análises de diversos estudos considerados no desenvolvimento desta Tese e integrantes das referências bibliográficas que a compõe. Em parte, essas análises foram apresentadas em resumo no Quadro 3.1, no Capítulo 3 deste trabalho. Dessa forma, um projeto concebido como uma solução de transporte tem seus atributos relacionados e definidos da seguinte forma:

- **Econômicos/Financeiros:** constam dos custos de investimentos, de manutenção e de operação, exigidos para execução e utilização do projeto pela sociedade, bem como todas as estimativas de benefícios de ordem monetária e

econômica que possam ser atribuídas ao mesmo, ao longo de um determinado período (horizonte de projeto).

- **Transporte/Logística:** equivale a todos os parâmetros relacionados com os aprimoramentos no sistema de transporte onde o projeto se insere, considerando os aspectos do tráfego de cargas e/ou passageiros e da integração modal, que possam ser representados por meio de indicadores físicos e operacionais de logística e transporte.
- **Social:** caracteriza-se pelos efeitos diretos e indiretos que a execução do projeto promove para a redução das desigualdades regionais (número de empregos gerados na fase de construção, interligação de áreas produtivas a novas áreas consumidoras, ampliação da mobilidade e da acessibilidade, grau de desenvolvimento humano e social da população na área de influência do projeto, entre outros).
- **Ambiental:** relacionado aos impactos que o projeto causará no meio físico, biótico e antrópico, limitando-se, no caso desta Tese, respectivamente, a emissão de poluentes do ar, a quantidade e a intensidade da interface com áreas de proteção ambiental e terras indígenas legalmente demarcadas.

O fluxograma da Figura 5.1 ilustra as etapas, relações e apropriações consideradas relevantes para manutenção das garantias sobre a proposição de projetos e sua avaliação quanto à priorização de investimentos, considerados como alternativas no contexto do AHP. Esse fluxograma indica, principalmente, os conceitos e definições que envolvem a formação da base georreferenciada que normalmente se utiliza em suporte ao uso de modelos e critérios de transportes, visando obter as proposições de investimentos em projetos de infraestrutura, considerando uma visão sistêmica para um determinado território. A Figura 5.2, trata dos procedimentos e da lógica funcional de aplicação do AHP proposto nesta Tese.

Com isso, verifica-se que as principais variáveis que devem ser avaliadas simultânea e conjuntamente para definição dos investimentos em projetos de infraestrutura de transportes constam da demanda, sua evolução e seu equilíbrio, em face da oferta de transportes disponível no território definido. Assim, no Capítulo 6, que trata da aplicação do procedimento proposto, são tratados os projetos inseridos no SNV do Brasil.

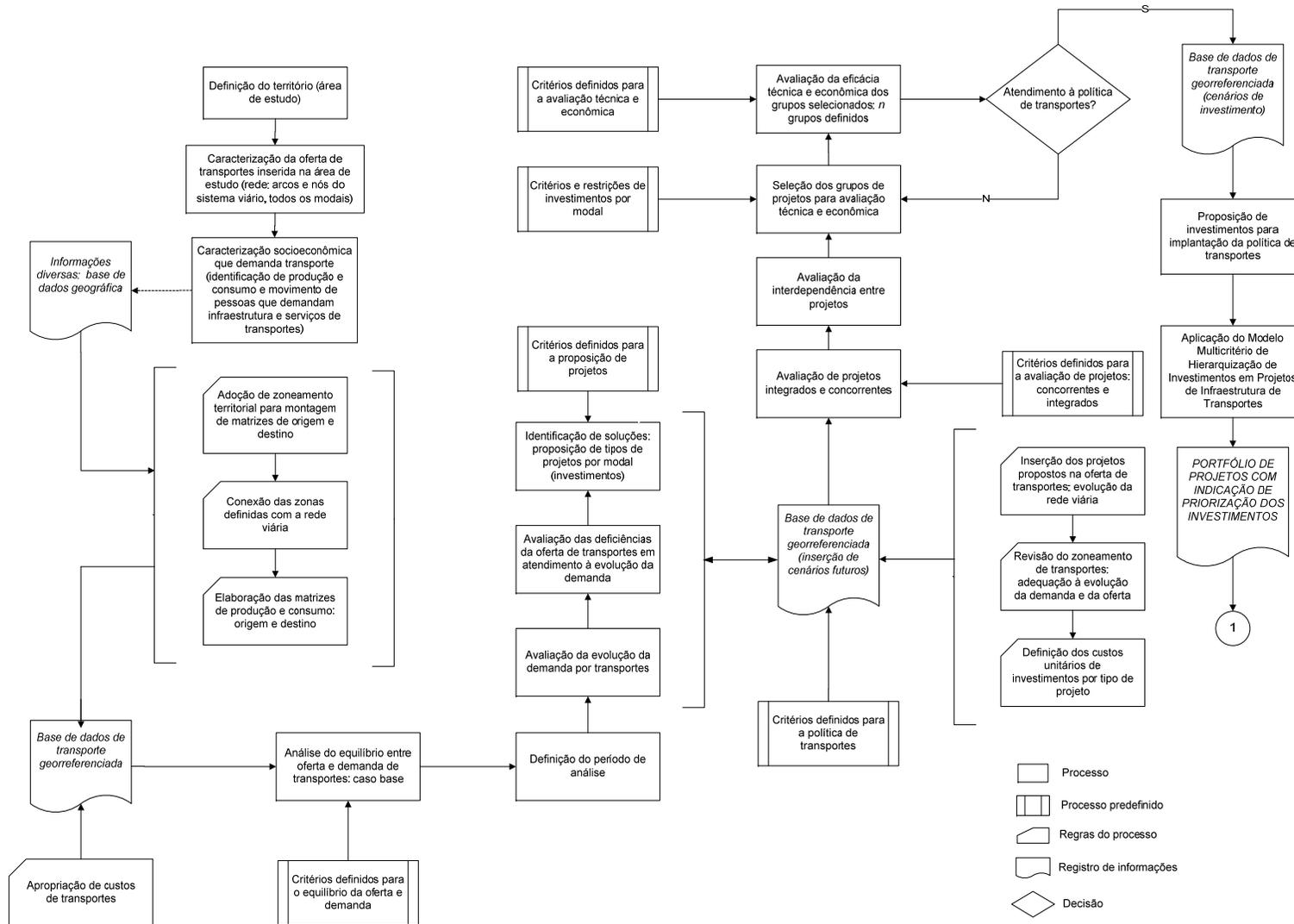


Figura 5.1: Fluxograma das etapas, processos e relações de atividades para validação dos projetos visando à priorização de investimentos.

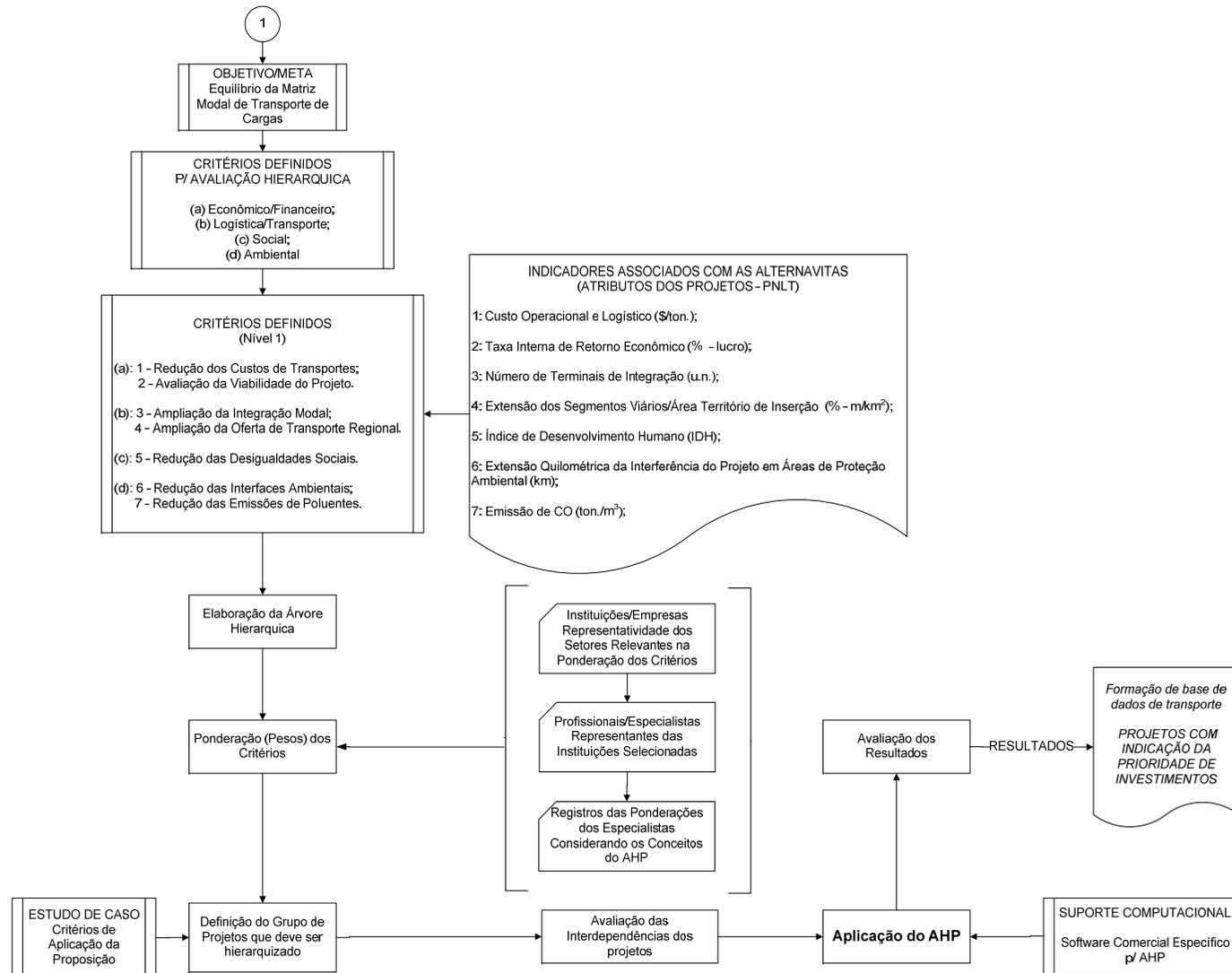


Figura 5.2: Fluxograma das etapas, processos e relações de atividades para aplicação do AHP.

Nesse contexto, definido especificamente quais atributos devem compor os critérios, os mesmos passam a ser considerados como equivalendo ao primeiro nível da estrutura hierárquica definida pelo AHP, adotado nesta Tese como o método multicritério para avaliação da priorização de investimentos em infraestrutura de transporte. Com base nisso, a estruturação metodológica para avaliação da priorização, considera os princípios básicos do AHP. A essência do método é a construção de uma matriz que expressa os valores relativos de um conjunto de critérios (atributos).

Conforme definido por SAATY (1991), se um atributo *A* é absolutamente mais importante do que um atributo *B* e é avaliado em 9, então, considera-se razoável que *B* deva ser absolutamente menos importante do que *A* e é avaliado como $1/9$. Dessa forma, a proposição de escalas definidas pelo AHP é devidamente assumida como escala a ser adotada neste trabalho.

A escala recomendada por SAATY (1990), mostrada anteriormente no Capítulo 3, no Quadro 3.2, vai de 1 a 9, com 1 significando a indiferença de importância de um critério em relação ao outro, e 9 significando a extrema importância de um critério sobre outro, com estágios intermediários de importância entre esses níveis.

Além disso, desconsiderando as comparações entre os próprios critérios, que representam 1 na escala, apenas metade das comparações precisa ser feita, porque a outra metade constitui-se das comparações recíprocas na matriz de comparações, que são os valores recíprocos já comparados.

Com essas considerações, o julgamento reflete as respostas de duas perguntas: qual dos dois elementos é mais importante com respeito a um critério de nível superior, e com que intensidade, usando a escala de 1-9.

Segundo CHAN *et al.* (2004) os passos recomendados para aplicação do AHP se resumem em:

- I. Definir o problema e o que se procura saber. Expor as suposições refletidas na definição do problema, identificar partes envolvidas, checar como estas definem o problema e suas formas de participação no AHP.
- II. Decompor o problema desestruturando em hierarquias sistemáticas, do topo (objetivo geral) para o último nível (fatores mais específicos, usualmente as alternativas). Seguindo do topo para a extremidade, a estrutura do AHP

contém objetivos, critérios (parâmetros de avaliação) e classificação de alternativas (medição da adequação da solução para o critério). Cada nó é dividido em níveis apropriados de detalhes. Quanto mais critérios, menos importante cada critério individual se torna, e a compensação é feita pela atribuição de pesos para cada critério. É importante certificar-se de que os níveis estejam consistentes internamente e completos, e que as relações entre os níveis estejam claras.

- III. Construir uma matriz de comparação paritária entre os elementos do nível inferior e os do nível imediatamente acima. Em hierarquias simples, cada elemento de nível inferior afeta todos os elementos do nível superior. Em outras hierarquias, elementos de nível inferior afetam somente alguns elementos do nível superior, requerendo a construção de matrizes únicas.
- IV. Fazer os julgamentos para completar as matrizes. Para isso são necessários $n(n - 1) / 2$ julgamentos para uma matriz $n \times n$, sendo n o número de linhas e colunas. O analista ou grupo participante julga se A domina o elemento B . Se afirmativo, inserir o número na célula da linha de A com a coluna de B . A posição coluna A com linha B terá o valor recíproco. Assim prossegue-se o preenchimento da matriz.
- V. Calcular o índice de consistência (IC) conforme equação 3.12. Se não for satisfatório refazer os julgamentos.
- VI. Seguir todas as formulações e critérios matemáticos definidos no item 3.2.4.1.

Com base nessas condições estabelecidas, define-se a estrutura relacional de decisão entre níveis, estabelecendo-se os objetivos, critérios, e alternativas, para uso da formulação do método *AHP*.

5.1.2 Definição da Estrutura de Aplicação do AHP

Baseado nos conceitos descritos no item anterior pode-se estabelecer os critérios e seus níveis, bem como as alternativas de soluções que serão ponderadas por tais critérios. Nesse contexto, definem-se os investimentos representados por projetos de infraestrutura de transportes, equivalentes às alternativas a serem hierarquizadas.

No procedimento proposto nesta Tese, a estrutura de hierarquização equivale àquela descrita na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Proposição de Critérios e suas especificações em níveis de avaliação

META: EQUILÍBRIO DA MATRIZ MODAL DE TRANSPORTE DE CARGAS				
TEMAS	INDICADORES			UNIDADE
	Critério Nível 1	Parâmetro	Descrição	
<i>Econômico/ Financeiro</i>	<i>Redução dos Custos de Transportes</i>	Operacional e Logístico	Equivalente aos custos incidentes no transporte de cargas (particularmente aquelas voltadas p/ o comércio exterior)	\$
	<i>Ampliação da Viabilidade do Projeto</i>	Taxa Interna de Retorno TIR	Retorno socioeconômico do projeto de infraestrutura de transportes	% (<i>benefício econômico</i>)
<i>Logística/ Transportes</i>	<i>Ampliação da Integração Modal</i>	Terminais de Integração	Novos pontos de intermodalidade no sistema viário nacional	<i>u.n.</i>
	<i>Ampliação da Oferta de Transportes Regional</i>	Segmentos Viários	Aumento da infraestrutura viária na região de inserção do projeto	% (<i>m/km²</i>)
<i>Social</i>	<i>Redução das Desigualdades Regionais</i>	Índice de Desenvolvimento Humano	Equivale a média do índice de desenvolvimento humano das microrregiões onde se insere cada projeto viário	<i>IDH</i>
<i>Ambiental</i>	<i>Redução das Interfaces Ambientais</i>	Interferência em Áreas de Proteção Ambiental	Grau de inserção territorial do projeto viário nas áreas legalmente demarcadas para proteção ambiental (permanentes ou de uso sustentável)	<i>km</i>
	<i>Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos</i>	Emissão de CO ₂	Quantidade emitida de CO ₂ na atmosfera	<i>ton./m³</i>

A definição dos critérios descritos na Tabela 5.1 teve como base referencial o PNLT. Com a análise dos elementos e dos aspectos utilizados no processo metodológico do PNLT foram, então, identificados os temas de maior relevância, que tratam das seguintes áreas: “*econômico/financeiro*”, “*logística/transportes*”, “*social*” e “*ambiental*”. Essas temáticas podem ser interpretadas como “*macrodefinidoras*” de critérios, cujos respectivos indicadores são informações relevantes à consecução da principal meta do PNLT, ou seja, o “*equilíbrio da matriz modal de transporte de cargas*” (MT, MD, 2007).

Tais indicadores são informações associadas diretamente aos atributos dos projetos de infraestrutura de transportes, definidos no portfólio deste Plano, com exceção do último, apresentado na Tabela 5.1, que trata da “*Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos*”. Diversos aspectos que caracterizam as temáticas descritas constam de atributos e elementos da base de dados do PNLT. Em certa medida, alguns aspectos dessas temáticas foram efetivamente considerados no plano nas decisões de “quando” se deveria indicar o início do investimento de um determinado projeto, utilizando-se para tanto, como por exemplo, a “*Taxa Interna de Retorno Econômico – TIRE*”.

Em outros aspectos, o PNLT indica projetos para investimentos com base na inserção deste em áreas classificadas como “*economicamente deprimidas*” e, portanto, tais projetos contribuem, em parte, com a “*redução das desigualdades*”, e por outro lado, para a “*redução dos custos de transportes*”. Contudo, esses elementos não são explicitamente utilizados em um processo ponderado e com participação diversificada de atores afetos aos resultados dos investimentos em transportes. Com base nessas observações e outros aspectos tratados anteriormente foram definidos os critérios inseridos na Tabela 5.1, como os elementos que devem ser considerados para aplicação do AHP. Definido especificamente quais atributos devem compor os critérios, os mesmos passam a ser considerados no primeiro nível da estrutura hierárquica desse método. Com isso, a Figura 5.3 ilustra a proposta de estrutura hierárquica para aplicação do AHP na avaliação de priorização de investimentos em projetos de infraestrutura de transportes.

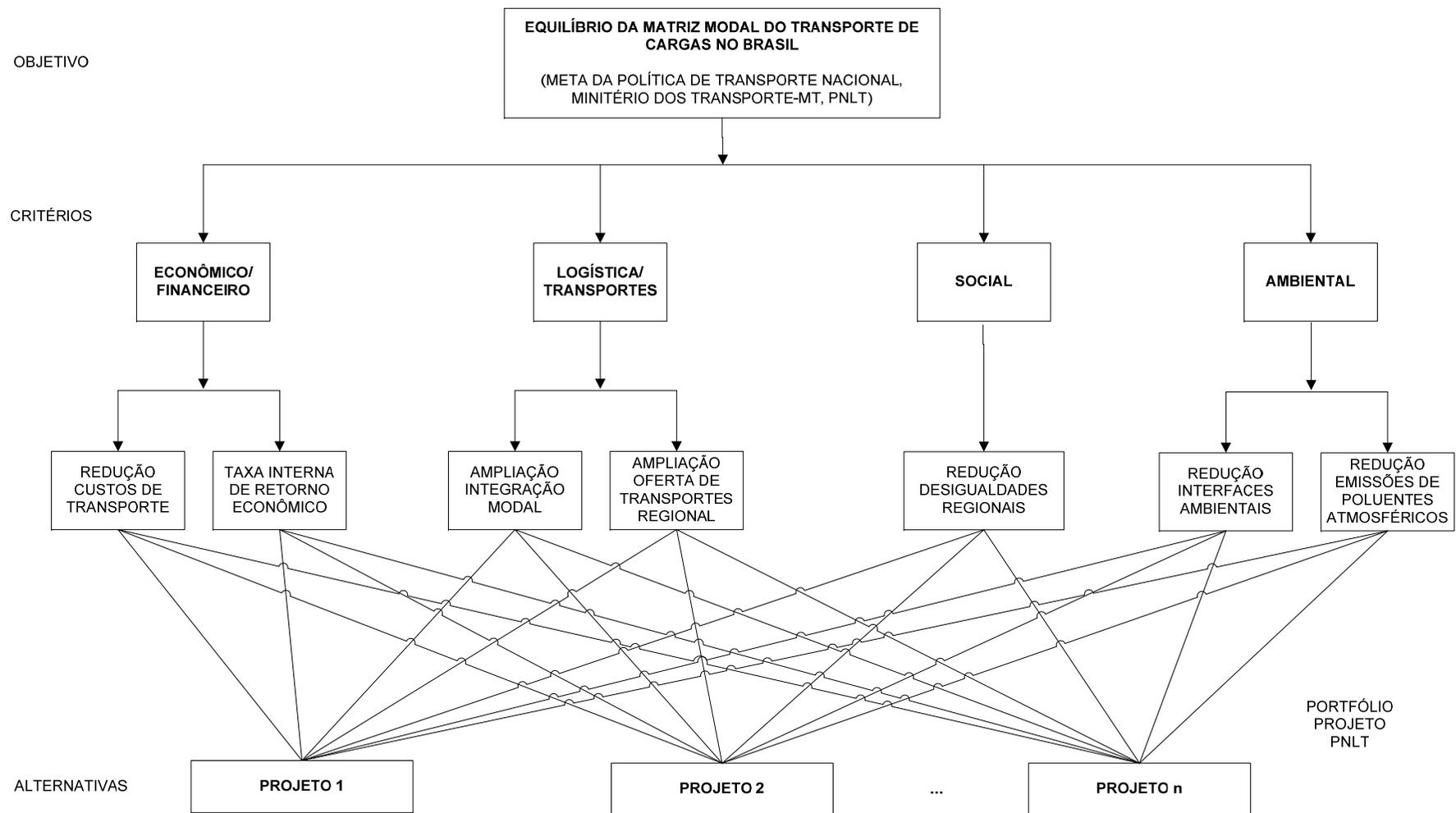


Figura 5.3: Estrutura Hierárquica Proposta para Aplicação do AHP.

Como descrito, além dos critérios anteriores terem intrínseca relação com os elementos metodológicos utilizados pelo PNLT, na avaliação de investimentos em projetos de infraestrutura de transportes, os mesmos são quantificáveis por informações associadas aos projetos do portfólio desse plano, o que torna extremamente útil para os fins da proposição desta Tese.

A obtenção dos resultados de hierarquização, pela aplicação do AHP, faz-se necessário contar com avaliações de especialistas quanto à ponderação pareada dos critérios definidos no âmbito das temáticas descritas anteriormente (Tabela 5.1).

Com isso, se obtém uma orientação sobre o que deve ser prioritariamente investido, para então, fornecer uma proposta metodológica multicritério ao processo decisório de execução do planejamento governamental de transportes.

Uma fase principal do processo para aplicação do modelo proposto trata-se da escolha ou seleção dos especialistas. A seleção dos especialistas que colaboraram com as ponderações dos critérios descritos na Tabela 5.1 deveria considerar a mais ampla representatividade institucional possível, sem, contudo, tornar demasiadamente complexa a aplicação do modelo estabelecido.

A aplicação do modelo deve considerar as ponderações de tais especialistas, visando à hierarquização, sob os critérios estabelecidos e que são atributos dos projetos governamentais definidos para um determinado período de investimentos.

Deve ser estabelecido, ainda, um equilíbrio institucional entre a quantidade de especialistas que participarão das ponderações dos critérios, mantendo-se, assim, a garantia dos conceitos da aplicação do AHP.

Considerando que se trata de projetos de infraestrutura de transportes, com abrangência nacional, a escolha dos especialistas deve garantir a representatividade de instituições que possuam essa característica. Essa condição visa garantir a efetividade dos conceitos que motivam a aplicação do AHP, ou seja, da ponderação dos critérios por distintos atores, com distintas visões sobre um mesmo objetivo ou meta.

Dessa forma, conforme definido por SAATY (1991), a validação dos critérios, bem como a ponderação dos seus pesos deve ocorrer conforme escala de termos linguísticos estabelecidos pelo próprio método AHP, cuja utilidade deve ser efetuada segundo as ponderações de especialistas.

Para tanto, a avaliação de profissionais deve extrapolar a área de transportes, para que sejam obtidas visões distintas, como por exemplo, representantes do setor governamental, fornecedores de serviços de transportes, acadêmicos, economistas, entre outros. Esses aspectos estabelecem a principal diretriz para a seleção das instituições, cuja natureza e atividade garantam ao processo proposto, a representação de significativa parcela da sociedade, diretamente interessada nos resultados dos investimentos em infraestrutura de transportes multimodal. Dessa forma, a aplicação do AHP proposta nesta Tese, contou com representantes das seguintes instituições, conforme Quadro 5.1.

Quadro 5.1: Instituições selecionadas como representativas para participação no processo de ponderação dos critérios.

Natureza	Atuação	Instituições - Profissionais
Governamental (10)	Transportes: <i>Planejamento, Execução e Regulação.</i>	- Ministério dos Transportes – MT (1) - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2) - Infraero Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (1) - Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (2)
	Planejamento: <i>Gestão e Orçamento</i>	- Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MPOG (2)
	Instituição de Financiamento	- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES (2)
Não Governamental (setor produtivo) (6)	Transportes:	- Confederação Nacional dos Transportes – CNT (1) - Associação Nacional das Empresas de Transportadores Urbanos – NTU (1) - Sindicato Nacional das Empresas de Navegação Marítima – SYNDARMA, Sindicato das Agências de Navegação Marítima e Atividades Afins do Estado do Rio de Janeiro – SindaRio (1) - Sindicato dos Operadores Portuários do Município de Itaguaí – Sindopita (1)
	Indústria:	- Confederação Nacional da Indústria – CNI (1)
	Agricultura	- Confederação Nacional da Agricultura – CNA / Sociedade Nacional de Agricultura – SNA (1)
Acadêmicos (9)	Universidades	- Cursos de Engenharia e Pós-Graduação em Engenharia de Transporte - <i>Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ</i> (2) - <i>Universidade Federal Fluminense – UFF</i> (1) - <i>Universidade Federal do Amazonas – UFAM</i> (1) - <i>Universidade Federal da Bahia – UFBA</i> (1) - <i>UNISINOS- RS</i> (1) - <i>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS</i> (1) - <i>Universidade Federal do Espírito Santo – UFES</i> (2)
Especialistas (8)	Consultores e Empresas Privadas	- Especialistas com experiência comprovada, nas áreas de Planejamento e Operação de Transportes; Produção e Economia; e Meio Ambiente (8).

A seleção dos representantes técnicos para atender aos critérios estabelecidos no Quadro 5.1 constou de uma atividade que passou por contatos institucionais, convencimento da proposta de hierarquização e coleta das ponderações.

A aplicação do modelo considerou as ponderações dos especialistas de cada respectiva instituição, sobre a importância pareada dos critérios estabelecidos (Tabela 5.1), observando à estrutura hierárquica definida como ilustrado na Figura 5.1.

Com base nesse fundamento, a proposição de aplicação do AHP no contexto descrito, permite apresentar uma opção metodológica à tradicional análise de viabilidade econômica, que atualmente fundamenta a maioria das decisões de priorização de investimentos governamentais no setor de transportes, inclusive estabelecido como forma oficial de validação do orçamento governamental, pelos setores de planejamento financeiro em diversos países do Mundo, inclusive o do Brasil. Assim, o procedimento de aplicação do AHP deve considerar que seja estabelecida a matriz de critérios, tal como apresentado na Tabela 5.2.

Como o AHP estabelece que a ponderação deva ser executada por uma comparação par a par, disposta em uma matriz quadrada $n \times n$, onde as linhas e as colunas correspondem aos n critérios, analisado para o problema em questão, conforme equações 3.8 e 3.9 apresentadas no Capítulo 3, a matriz gerada deve considerar que a atribuição do peso do critério i em relação ao j ocorra de forma consistente.

No caso de um conjunto de especialistas que colaboram com suas ponderações avaliando pares de critérios, devem-se combinar seus pesos, e considerar, na Tabela 5.2, que α_{ij} consta do peso resultante dessa combinação.

Conforme definido também no Capítulo 3, para que seja possível interpretar e dar continuidade à aplicação do AHP cabe executar a normalização da matriz apresentada na Tabela 5.2. Para tanto, deve ser efetuada a divisão de cada valor da matriz, pelo somatório de cada coluna correspondente, tal como apresentado pela Tabela 5.3.

A contribuição de cada critério na meta estabelecida como objetivo principal para aplicação do AHP é calculada a partir do vetor de prioridade ou vetor de *Eigen*. Esse vetor apresenta os pesos relativos entre os critérios, sendo obtido de modo aproximado pelo cálculo da média aritmética dos valores de cada um dos critérios, conforme apresentado pelo Quadro 5.2. Os cálculos do vetor de *Eigen* são obtidos também pelo uso de *softwares* comerciais específicos. No caso desta Tese, utiliza-se o *software Expert Choice 11 (Expert Choice Inc.)*.

Tabela 5.2: Matriz comparativa dos critérios definidos para ponderação par a par – proposta de aplicação do AHP.

Matriz de Critérios (Ponderações AHP)		Redução dos Custos de Transportes	Taxa Interna de Retorno Econômico	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Redução das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos
		\$	TIR (% benefícios econômicos)	u.n. Term. Integração	% (m/km ²)	IDH	Km	ton./m³ CO₂ (tCO₂)
Redução dos Custos de Transportes	\$	1	α_{12}	α_{13}	α_{14}	α_{15}	α_{16}	α_{17}
Taxa Interna de Retorno Econômico	TIR (% juros econômicos)	α_{21}	1	α_{23}	α_{24}	α_{25}	α_{26}	α_{27}
Ampliação da Integração Modal	u.n. Term. Integração	α_{31}	α_{32}	1	α_{34}	α_{35}	α_{36}	α_{37}
Ampliação da Oferta de Transporte Regional	% (m/km ²)	α_{41}	α_{42}	α_{43}	1	α_{45}	α_{46}	α_{47}
Redução das Desigualdades Regionais	IDH	α_{51}	α_{52}	α_{53}	α_{54}	1	α_{56}	α_{57}
Redução das Interfaces Ambientais	km	α_{61}	α_{62}	α_{63}	α_{64}	α_{65}	1	α_{67}
Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos	ton./m³ CO₂ (tCO₂)	α_{71}	α_{72}	α_{73}	α_{74}	α_{75}	α_{76}	1
$\sum_{i=1}^n \alpha_{ij}, 1 \ll j \ll n$		$\sum \alpha_{i1}$	$\sum \alpha_{i2}$	$\sum \alpha_{i3}$	$\sum \alpha_{i4}$	$\sum \alpha_{i5}$	$\sum \alpha_{i6}$	$\sum \alpha_{i7}$

Os valores encontrados para o vetor de *Eigen* tem significado físico direto no AHP, pois ele determina a participação ou peso de cada critério analisado no resultado total da meta. Em outras palavras, determina o percentual de contribuição de cada critério na meta ou objetivo final da análise hierárquica (VARGAS, 2010).

O próximo passo é verificar a inconsistência dos dados. O índice de inconsistência tem como base o número principal de *Eigen* e é calculado por meio do somatório do produto de cada elemento do vetor de *Eigen* pelo total da respectiva coluna na matriz comparativa original (VARGAS, 2010). Assim, pelo Quadro 5.2 e 5.3, apresenta-se o cálculo do número principal de *Eigen* ($\lambda_{m\acute{a}x}$).

O cálculo do índice de consistência é dado no Capítulo 3 pela equação 3.12, repetida na sequência, adaptada para a matriz de correlação apresentada na Tabela 5.2:

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \rightarrow IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - 7}{6} \quad (5.1)$$

Repetindo as considerações expressas também no Capítulo 3, a matriz é normalmente considerada consistente se a razão for menor que 10%. Assim, tem-se:

$$RC = \frac{IC}{IR} \rightarrow RC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - 7) / 6}{IR} = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - 7) / 6}{1,32} = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - 1,667}{1,32} \leftrightarrow n = 7 \quad (5.2)$$

O cálculo do *RC* depende do *IR*, e este é fixo e tem como base o número de critérios avaliados, conforme Quadro 3.4, definido anteriormente no Capítulo 3.

Dessa forma, retornando-se na equação 5.2, verifica-se que o $IR=1,32$ está relacionado a um número de critérios estabelecidos em $n=7$. Assim, basta calcular $\lambda_{m\acute{a}x}$ e retornar essa equação (repetida na sequência de forma simplificada, como 5.3) para se obter a taxa ou razão de consistência (*RC*) e verificar se o mesmo será igual ou menor que 10%.

$$RC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - 1,667}{1,32} \quad (5.3)$$

Tabela 5.3: Matriz comparativa normalizada – proposta de aplicação do AHP

Matriz de Critérios (Ponderações AHP)		Redução dos Custos de Transportes	Taxa Interna de Retorno Econômico	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Redução das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos
		\$	TIR (% benefícios econômicos)	u.n. Term. Integração	% (m/km ²)	IDH	km	ton./m³ CO₂ (tCO₂)
Redução dos Custos de Transportes	\$	$1/\sum \alpha_{i1}$	$\alpha_{12}/\sum \alpha_{i2}$	$\alpha_{13}/\sum \alpha_{i3}$	$\alpha_{14}/\sum \alpha_{i4}$	$\alpha_{15}/\sum \alpha_{i5}$	$\alpha_{16}/\sum \alpha_{i6}$	$\alpha_{17}/\sum \alpha_{i7}$
Taxa Interna de Retorno Econômico	TIR (% juros econômicos)	$\alpha_{21}/\sum \alpha_{i1}$	$1/\sum \alpha_{i2}$	$\alpha_{23}/\sum \alpha_{i3}$	$\alpha_{24}/\sum \alpha_{i4}$	$\alpha_{25}/\sum \alpha_{i5}$	$\alpha_{26}/\sum \alpha_{i6}$	$\alpha_{27}/\sum \alpha_{i7}$
Ampliação da Integração Modal	u.n. Term. Integração	$\alpha_{31}/\sum \alpha_{i1}$	$\alpha_{32}/\sum \alpha_{i2}$	$1/\sum \alpha_{i3}$	$\alpha_{34}/\sum \alpha_{i4}$	$\alpha_{35}/\sum \alpha_{i5}$	$\alpha_{36}/\sum \alpha_{i6}$	$\alpha_{37}/\sum \alpha_{i7}$
Ampliação da Oferta de Transporte Regional	% (m/km ²)	$\alpha_{41}/\sum \alpha_{i1}$	$\alpha_{42}/\sum \alpha_{i2}$	$\alpha_{43}/\sum \alpha_{i3}$	$1/\sum \alpha_{i4}$	$\alpha_{45}/\sum \alpha_{i5}$	$\alpha_{46}/\sum \alpha_{i6}$	$\alpha_{47}/\sum \alpha_{i7}$
Redução das Desigualdades Regionais	IDH	$\alpha_{51}/\sum \alpha_{i1}$	$\alpha_{52}/\sum \alpha_{i2}$	$\alpha_{53}/\sum \alpha_{i3}$	$\alpha_{54}/\sum \alpha_{i4}$	$1/\sum \alpha_{i5}$	$\alpha_{56}/\sum \alpha_{i6}$	$\alpha_{57}/\sum \alpha_{i7}$
Redução das Interfaces Ambientais	Km	$\alpha_{61}/\sum \alpha_{i1}$	$\alpha_{62}/\sum \alpha_{i2}$	$\alpha_{63}/\sum \alpha_{i3}$	$\alpha_{64}/\sum \alpha_{i4}$	$\alpha_{65}/\sum \alpha_{i5}$	$1/\sum \alpha_{i6}$	$\alpha_{67}/\sum \alpha_{i7}$
Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos	ton./m³ CO₂ (tCO₂)	$\alpha_{71}/\sum \alpha_{i1}$	$\alpha_{72}/\sum \alpha_{i2}$	$\alpha_{73}/\sum \alpha_{i3}$	$\alpha_{74}/\sum \alpha_{i4}$	$\alpha_{75}/\sum \alpha_{i5}$	$\alpha_{76}/\sum \alpha_{i6}$	$1/\sum \alpha_{i7}$
$\sum_{i=1}^n (\alpha_{ij}/\sum \alpha_{ij}) = 1,00, 1 \ll j \ll n$		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Quadro 5.2: Cálculo do vetor de Eigen.

Critérios	Vetor de Eigen (Cálculo)	Vetor de Eigen
Redução dos Custos de Transportes	$\left(\frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{ij}}{\sum \alpha_{ij}} \right) / n = \varphi_i, 1 \leq i \leq n \rightarrow \left(\frac{1}{\sum \alpha_{i1}} + \frac{\alpha_{12}}{\sum \alpha_{i2}} + \frac{\alpha_{13}}{\sum \alpha_{i3}} + \frac{\alpha_{14}}{\sum \alpha_{i4}} + \frac{\alpha_{15}}{\sum \alpha_{i5}} + \frac{\alpha_{16}}{\sum \alpha_{i6}} + \frac{\alpha_{17}}{\sum \alpha_{i7}} \right) / 7 = \varphi_1, (n = 7)$	φ_1
Taxa Interna de Retorno Econômico	$\left(\frac{\alpha_{21}}{\sum \alpha_{i1}} + \frac{1}{\sum \alpha_{i2}} + \frac{\alpha_{23}}{\sum \alpha_{i3}} + \frac{\alpha_{24}}{\sum \alpha_{i4}} + \frac{\alpha_{25}}{\sum \alpha_{i5}} + \frac{\alpha_{26}}{\sum \alpha_{i6}} + \frac{\alpha_{27}}{\sum \alpha_{i7}} \right) / 7 = \varphi_2$	φ_2
Ampliação da Integração Modal	$\left(\frac{\alpha_{31}}{\sum \alpha_{i1}} + \frac{\alpha_{32}}{\sum \alpha_{i2}} + \frac{1}{\sum \alpha_{i3}} + \frac{\alpha_{34}}{\sum \alpha_{i4}} + \frac{\alpha_{35}}{\sum \alpha_{i5}} + \frac{\alpha_{36}}{\sum \alpha_{i6}} + \frac{\alpha_{37}}{\sum \alpha_{i7}} \right) / 7 = \varphi_3$	φ_3
Ampliação da Oferta de Transporte Regional	$\left(\frac{\alpha_{41}}{\sum \alpha_{i1}} + \frac{\alpha_{42}}{\sum \alpha_{i2}} + \frac{\alpha_{43}}{\sum \alpha_{i3}} + \frac{1}{\sum \alpha_{i4}} + \frac{\alpha_{45}}{\sum \alpha_{i5}} + \frac{\alpha_{46}}{\sum \alpha_{i6}} + \frac{\alpha_{47}}{\sum \alpha_{i7}} \right) / 7 = \varphi_4$	φ_4
Redução das Desigualdades Regionais	$\left(\frac{\alpha_{51}}{\sum \alpha_{i1}} + \frac{\alpha_{52}}{\sum \alpha_{i2}} + \frac{\alpha_{53}}{\sum \alpha_{i3}} + \frac{\alpha_{54}}{\sum \alpha_{i4}} + \frac{1}{\sum \alpha_{i5}} + \frac{\alpha_{56}}{\sum \alpha_{i6}} + \frac{\alpha_{57}}{\sum \alpha_{i7}} \right) / 7 = \varphi_5$	φ_5
Redução das Interfaces Ambientais	$\left(\frac{\alpha_{61}}{\sum \alpha_{i1}} + \frac{\alpha_{62}}{\sum \alpha_{i2}} + \frac{\alpha_{63}}{\sum \alpha_{i3}} + \frac{\alpha_{64}}{\sum \alpha_{i4}} + \frac{\alpha_{65}}{\sum \alpha_{i5}} + \frac{1}{\sum \alpha_{i6}} + \frac{\alpha_{67}}{\sum \alpha_{i7}} \right) / 7 = \varphi_6$	φ_6
Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos	$\left(\frac{\alpha_{71}}{\sum \alpha_{i1}} + \frac{\alpha_{72}}{\sum \alpha_{i2}} + \frac{\alpha_{73}}{\sum \alpha_{i3}} + \frac{\alpha_{74}}{\sum \alpha_{i4}} + \frac{\alpha_{75}}{\sum \alpha_{i5}} + \frac{\alpha_{76}}{\sum \alpha_{i6}} + \frac{1}{\sum \alpha_{i7}} \right) / 7 = \varphi_7$	φ_7
$\sum \text{Vetor Eigen} = \sum_{i=1}^n \varphi_i$		1,00 (100,00%)

Quadro 5.3: Valor principal do vetor de Eigen.

							Vetor Prioritário	Vetor W'	W'/W
α_{11}	α_{12}	α_{13}	α_{14}	α_{15}	α_{16}	α_{17}	φ_1	$\sum_{j=1}^7 \alpha_{1j} \times \varphi_j$	$\frac{(\sum_{j=1}^7 \alpha_{1j} \times \varphi_j)}{\varphi_1}$
α_{21}	α_{22}	α_{23}	α_{24}	α_{25}	α_{26}	α_{27}	φ_2	$\sum_{j=1}^7 \alpha_{2j} \times \varphi_j$	$\frac{(\sum_{j=1}^7 \alpha_{2j} \times \varphi_j)}{\varphi_2}$
α_{31}	α_{32}	α_{33}	α_{34}	α_{35}	α_{36}	α_{37}	φ_3	$\sum_{j=1}^7 \alpha_{3j} \times \varphi_j$	$\frac{(\sum_{j=1}^7 \alpha_{3j} \times \varphi_j)}{\varphi_3}$
α_{41}	α_{42}	α_{43}	α_{44}	α_{45}	α_{46}	α_{47}	φ_4	$\sum_{j=1}^7 \alpha_{4j} \times \varphi_j$	$\frac{(\sum_{j=1}^7 \alpha_{4j} \times \varphi_j)}{\varphi_4}$
α_{51}	α_{52}	α_{53}	α_{54}	α_{55}	α_{56}	α_{57}	φ_5	$\sum_{j=1}^7 \alpha_{5j} \times \varphi_j$	$\frac{(\sum_{j=1}^7 \alpha_{5j} \times \varphi_j)}{\varphi_5}$
α_{61}	α_{62}	α_{63}	α_{64}	α_{65}	α_{66}	α_{67}	φ_6	$\sum_{j=1}^7 \alpha_{6j} \times \varphi_j$	$\frac{(\sum_{j=1}^7 \alpha_{6j} \times \varphi_j)}{\varphi_6}$
α_{71}	α_{72}	α_{73}	α_{74}	α_{75}	α_{76}	α_{77}	φ_7	$\sum_{j=1}^7 \alpha_{7j} \times \varphi_j$	$\frac{(\sum_{j=1}^7 \alpha_{7j} \times \varphi_j)}{\varphi_7}$

$$\lambda_{M\acute{a}x} = \frac{\left\{ \sum_{i=1}^7 \left[\frac{(\sum_{j=1}^7 \alpha_{ij} \times \varphi_j)}{\varphi_i} \right] \right\}}{7}$$

Em caso positivo a matriz comparativa apresentada na Tabela 5.2 pode ser considerada consistente, ou seja:

$$RC = \frac{IC}{IR} < 0,10 \quad (5.4)$$

Caso contrário deve-se solicitar que o especialista os valores dos seus pesos pareados. Com a hierarquia estruturada e as prioridades dos critérios definidas, pode-se determinar a importância de cada um dos projetos definidos como alternativas de soluções à meta principal (objetivo).

Os projetos que caracterizam as alternativas de soluções a serem priorizadas, também devem ser tratados em termos numéricos quanto aos valores que representam os atributos dos critérios ponderados. Essa caracterização deve ser relacionada com um padrão de identificação dos projetos que serão utilizados como alternativas de soluções na aplicação do AHP.

No Tabela 5.4 tem-se pela notação de $\beta_{i,j}$, o valor do critério j do projeto i . Na “sub” notação do valor do critério, optou-se por separar a identificação do projeto (i), de cada critério (j), pois não se trata de uma matriz de critérios para ponderação, mas da identificação direta dos pesos (valores) de cada critério, em cada projeto. A Tabela 5.4 registra, então, a estrutura de ponderação direta de cada critério atribuído a cada projeto que possa ser caracterizado como alternativa de solução à meta principal, para hierarquização.

Conforme o Tabela 5.4, cada projeto, além da identificação dos seus aspectos técnicos e institucionais, apresenta valores quantitativos para cada um dos critérios estabelecidos e propostos na aplicação do AHP. Esses valores são intrínsecos em cada um dos projetos e oriundos das avaliações dos mesmos como soluções para problemas de infraestrutura de transportes. Originam-se em uma mesma base metodológica.

Logo, quando um conjunto de projetos é selecionado para investimentos simultâneos, seus efeitos também são simultâneos, no território onde tais projetos são inseridos.

Seus efeitos isolados podem depender de outros projetos, por questões de integrações modais para a demanda que se estima na sua utilização, depois de implantado.

Tabela 5.4: Identificação dos projetos – alternativas de soluções – proposta de aplicação do *AHP*

Alternativas de Soluções – Projetos de Infraestrutura de Transportes												
Nº	Aspectos Técnicos e Institucionais do Projeto				Valores dos Critérios ($j = 1, \dots, n; n = 7$)							Período de Implantação (PPA)
	Modo de Transporte	Código	Tipo	Descrição	Redução dos Custos de Transportes	Taxa Interna de Retorno Econômico	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Redução das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos	
					\$	<i>TIR</i> (% benefícios econômicos)	<i>u.n. Term. Integração</i>	% (m/km^2)	<i>IDH</i>	<i>km</i>	$ton./m^3CO_2$	
001					$\beta_{1,1}$	$\beta_{1,2}$	$\beta_{1,3}$	$\beta_{1,4}$	$\beta_{1,5}$	$\beta_{1,6}$	$\beta_{1,7}$	
⋮					⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
m					$\beta_{m,1}$	$\beta_{m,2}$	$\beta_{m,3}$	$\beta_{m,4}$	$\beta_{m,5}$	$\beta_{m,6}$	$\beta_{m,7}$	
$\sum_{i=1}^m \beta_{i,j}, 1 \leq j \leq n$					$\sum_{i=1}^m \beta_{i,1}$	$\sum_{i=1}^m \beta_{i,2}$	$\sum_{i=1}^m \beta_{i,3}$	$\sum_{i=1}^m \beta_{i,4}$	$\sum_{i=1}^m \beta_{i,5}$	$\sum_{i=1}^m \beta_{i,6}$	$\sum_{i=1}^m \beta_{i,7}$	

Podem ainda ser complementares, ou seja, os efeitos de cada projeto, no sistema de transporte onde se inserem são parcialmente ampliados, quando ambos funcionam simultaneamente.

Relações de concorrências entre projetos também podem ocorrer, ou seja, em suas avaliações simultâneas, dependendo das alterações que promovem, causam redução na eficiência em outros projetos, ou ainda, sofrem reduções das suas eficiências, por conta de determinados projetos, quando esses funcionam simultaneamente. E ocorrem ainda os casos onde um projeto não influencia na eficiência de outro.

Contudo, na avaliação do equilíbrio da demanda sobre a oferta de transporte, no contexto de um sistema viário modificado por um conjunto de projetos, os efeitos isolados de cada projeto que entra no contexto do funcionamento desse sistema, não podem ser facilmente identificados, para todos os tipos de interdependências possíveis entre eles.

Assim, por questões de simplificação, tais efeitos são estimados especificamente para cada projeto isolado, depois de se estabelecer os resultados finais do sistema de transportes onde eles se inserem como uma solução conjunta.

Considerando que as unidades de quantificação de cada critério, diferem em natureza, para uma aplicação válida com base no AHP faz-se necessário que seja efetuado procedimento de normalização, e com isso, todos os quantitativos se tornem equivalentes. Dessa forma, ter-se-á, em cada um dos projetos selecionados como alternativa de solução, equivalência entre os quantitativos:

- de redução do valor monetário total;
- da taxa interna de retorno econômico;
- da quantidade de pontos novos de integração modal associados à implantação de cada projeto;
- da contribuição de cada um dos projetos na ampliação da densidade da rede de transportes por unidade de área;
- da contribuição para redução das desigualdades sociais, considerando como principal indicador o *IDH* médio das sub-regiões onde se insere fornecendo opção de transporte;
- da extensão quilométrica equivalendo à interface de cada projeto quando

esses se inserem em áreas de proteção ambiental; e

- o quanto, em toneladas de poluentes atmosféricos, o projeto reduz com a sua implantação (neste caso, trata-se do gás poluente CO₂).

Para executar tal equivalência, utiliza-se do conceito de normalização. Uma das formas se dá pela divisão de cada valor $\beta_{i,j}$, pelo somatório da coluna correspondente $\sum_{i=1}^m \beta_{i,j}$, $1 \leq j \leq n$, tal como apresentado na Tabela 5.5, e conforme procedimento apresentado anteriormente na Tabela 5.3.

O procedimento apresentado e registrado na Tabela 5.5, considera, como estabelecido anteriormente nas premissas da proposição de aplicação do AHP, que os projetos possuem uma mesma formulação metodológica, e suas avaliações são estruturadas como soluções conjuntas de um sistema viário de transporte multimodal.

Assim, os resultados advindos da normalização descrita podem ser interpretados como a quantificação percentual de cada projeto, em relação ao total da contribuição de todos eles, para o desempenho da eficiência de cada critério. Trata-se, portanto, de considerar o “benefício” de cada projeto, pelo percentual de contribuição do mesmo, em relação ao total de todas as contribuições, quando somado de todos os projetos, os quantitativos de um determinado critério.

Contudo, esse tipo de normalização, se por um lado resolve a questão da equivalência entre as naturezas de cada critério, por outro, ao utilizá-lo, acaba por descaracterizar o conceito estabelecido para alguns critérios, como no caso do *IDH*. No exemplo dado, espera-se que nas áreas com menores valores de *IDH*, os projetos que nelas de insiram, sejam mais importantes, pois tendem a contribuir para reduzir as desigualdades regionais e locais.

Em outras palavras, um projeto é mais valorizado nesse indicador, quando menor ele for, pois com isso, se atende a populações e economias locais e regionais mais carentes de infraestrutura e investimentos, atendendo com isso, ao critério de “*redução das desigualdades sociais*”. Por outro lado, ao ser normalizado, conforme Tabela 5.5, o menor valor percentual do *IDH*, quando utilizado no processo de ponderações para hierarquização das alternativas pela aplicação do AHP, não resultará no contexto explicitado para esse indicador, pelo contrário, tende a inverter o resultado.

Tabela 5.5: Pesos normalizados dos projetos em cada critério - relação percentual com o respectivo somatório total – proposta de aplicação do AHP

Alternativas de Soluções – Projetos de Infraestrutura de Transportes												
Nº	Aspectos Técnicos e Institucionais do Projeto				Critérios ($j = 1, \dots, n; n = 7$)							Período de Implantação
	Modo de Transporte	Código	Tipo	Descrição	Redução dos Custos de Transportes	Taxa Interna de Retorno Económico	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Redução das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos	
					\$	<i>TIR</i> (% benefícios económicos)	<i>u.n. Term. Integração</i>	% (m/km^2)	<i>IDH</i>	<i>km</i>	<i>ton./m³CO₂</i>	
001					$\beta_{11} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,1}$	$\beta_{12} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,2}$	$\beta_{13} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,3}$	$\beta_{14} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,4}$	$\beta_{15} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,5}$	$\beta_{16} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,6}$	$\beta_{17} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,7}$	
⋮					⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
<i>m</i>					$\beta_{m1} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,1}$	$\beta_{m2} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,2}$	$\beta_{m3} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,3}$	$\beta_{m4} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,4}$	$\beta_{m5} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,5}$	$\beta_{m6} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,6}$	$\beta_{m7} / \sum_{i=1}^m \beta_{i,7}$	
$\sum_{i=1}^m \beta_{ij}, 1 \leq j \leq n$					1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Esse tipo de situação ocorre nos critérios cujos indicadores quantitativos tratem de “reduções” como os efetivos ganhos de um projeto. Quando tais reduções não podem ser apresentadas pelo módulo matemático das diferenças entre valores de referências, ao se proceder a normalização descrita, recai-se sobre o problema apresentado.

Avaliando-se a Tabela 5.5, pode-se deduzir que tal problema não ocorre para o indicador do critério “redução dos custos de transportes”. Nesse caso, equivale à “maior economia”. O mesmo consta efetivamente do valor em módulo da diferença entre um valor inicial dos custos de transporte, sem a implantação de um determinado projeto, e outro valor para esse custo, após a implantação desse projeto, e com isso, a maior diferença continua valendo, percentualmente, quando normalizada.

Nesse caso, mantém o conceito de uso desse critério, que é valorizar um determinado projeto, quando o mesmo promove a maior redução do custo de transportes.

Com isso, deve-se proceder a um ajuste para que a normalização produza os efeitos esperados para a equivalência quantitativa dos indicadores de cada critério estabelecido, sem causar distorções dos conceitos de uso.

Assim, para tanto, os quantitativos dos indicadores de cada critério, de cada projeto, podem ser tratados, primeiramente, de forma comparativa entre si, considerando como referência, entre todos os valores registrados nos projetos, o maior e o menor valor. Nesse caso, o menor valor, caso represente no conceito de uso, o de maior importância, como no exemplo do *IDH*, descrito antes, deve ser traduzido numericamente para que em termos quantitativos isso seja validado.

Para tanto, pode-se promover uma normalização considerando uma escala comparativa entre os valores de máximo e de mínimo, apresentados para um determinado indicador de um critério, avaliando-se todos os quantitativos desse indicador, em cada um dos projetos que compõe o conjunto de alternativas de soluções.

Assim, avalia-se pelos $\beta_{i,j}$, qual deles representa o maior quantitativo de importância para o conceito de uso do critério j . Esse passa a representar o “máximo” permitido por uma escala definida para normalizar os demais valores desse indicador.

Caso se trate dos critérios cujos usos dos indicadores sejam baseados em maior eficiência por meio de “reduções”, basta avaliar pelos $\beta_{i,j}$, qual deles apresenta o menor valor absoluto, e com isso, adotá-lo como valor de referência “máxima”, para normalizar os demais valores desse indicador.

Dessa forma, pode-se proceder da seguinte forma:

- se, o conceito de uso do indicador de um critério j : “ampliação” indica maior eficiência;
- identificar nos projetos i , qual apresenta, para o indicador de um critério j , o maior quantitativo, ou seja, $Máximo (\beta_{k,l}) = 1 \rightarrow 1 \leq k \leq m; 1 \geq l \geq n$;
- a partir dessa referência, verifica-se o quanto cada um dos demais valores representa, percentualmente, em relação ao $Máximo (\beta_{k,l})$;
- adota-se então como valor de $Máximo (\beta_{k,l}) = 1$ e os demais valores, para $i \neq k, j \neq l$, o respectivo resultado de:

$$v_{ij} = \frac{\beta_{i,j}}{Máximo (\beta_{k,l})}, \rightarrow i \neq k, j \neq l \quad (5.5)$$

Para o conceito dos indicadores onde “redução” promove eficiência, tem-se:

- se, o conceito de uso do indicador de um critério j : “redução” indica maior eficiência;
- identificar nos projetos i , qual apresenta, para o indicador de um critério j , o menor quantitativo, ou seja, $Mínimo (\beta_{k,l}) = 1 \rightarrow 1 \leq k \leq m; 1 \geq l \geq n$;
- a partir dessa referência, verifica-se o quanto cada um dos demais valores representa, percentualmente, em relação ao $Mínimo (\beta_{k,l})$;
- adota-se então como valor de $Mínimo (\beta_{k,l}) = 1$ e os demais valores, para $i \neq k, j \neq l$, o respectivo resultado de:

$$v_{ij} = \frac{Mínimo (\beta_{k,l})}{\beta_{i,j}}, \rightarrow i \neq k, j \neq l \quad (5.6)$$

Dessa forma, os quantitativos de todos os critérios dos projetos selecionados como alternativas de soluções para hierarquização passam a ser representados por valores no intervalo de $0 \leq v_{ij} \leq 1$, sendo que o valor 1 representa o quantitativo de maior desempenho da eficiência esperada no conceito de cada critério.

Com isso feito, pode-se expressar o quantitativo normalizado de $\beta_{i,j}$ de cada projeto, por $v_{i,j}$. Generalizando a notação dessa normalização, a Tabela 5.6 registra os respectivos $v_{i,j}$ obtidos pelas equações 5.5 e 5.6.

Tabela 5.6: Quantitativos dos critérios de cada projeto normalizados em relação à referência de maior eficiência – proposta de aplicação do AHP

<i>Critério (j)</i>			
<i>Critério (1)</i>		...	<i>Critério (n)</i>
<i>Indicador (1)</i>		...	<i>Indicador (n)</i>
<i>No Projeto (i)</i>	Quantidade		
<i>001</i>	$v_{1,1}$...	$v_{1,n}$
⋮	⋮		⋮
<i>M</i>	$v_{m,1}$...	$v_{m,n}$
$\sum_{i=1}^m v_{i,j}, 1 \ll j \ll n$	$\sum_{i=1}^m v_{i,1}$...	$\sum_{i=1}^m v_{i,n}$

Com base na Tabela 5.6, pode-se retornar na Tabela 5.5 e, finalmente, adequá-lo ao processo de normalização que indica, proporcionalmente, o quanto cada projeto contribui, em relação à soma das contribuições de todos os projetos, no desempenho da eficiência de um determinado critério. Assim, tem-se a Tabela 5.7.

Com os quantitativos dos atributos dos projetos tratados, para cada critério, em relação aos valores de referência de cada um, e depois desses em relação ao seu total, identificando proporcionalmente o quanto cada projeto contribui para o desempenho da eficiência de cada critério em relação ao total das contribuições de todos os projetos, efetuam-se os procedimentos que geram a hierarquização almejada. Para facilitar as notações matemáticas dos pesos de cada projeto em cada critério, adota-se:

$$\left[\frac{(v_{i,j})_{i=1}^m}{\sum_{i=1}^m v_{i,j}} \right]_{j=1}^n = \chi_{i,j} \quad (5.7)$$

Tabela 5.7: Pesos normalizados dos projetos em cada critério - relação percentual com o respectivo somatório total, com base nos valores ajustados – proposta de aplicação do AHP

Alternativas de Soluções – Projetos de Infraestrutura de Transportes												
Nº	Aspectos Técnicos e Institucionais do Projeto				Critérios ($j = 1, \dots, n; n = 7$)							Período de Implantação
	Modo de Transporte	Código	Tipo	Descrição	Redução dos Custos de Transportes	Taxa Interna de Retorno Econômico	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Redução das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos	
					\$	<i>TIR</i> (% juros econômicos)	<i>u.n. Term. Integração</i>	% (m/km^2)	<i>IDH</i>	<i>km</i>	<i>ton./m³ CO₂</i>	
001					$v_{1,1}/\sum_{i=1}^m v_{i,1}$	$v_{1,2}/\sum_{i=1}^m v_{i,2}$	$v_{1,3}/\sum_{i=1}^m v_{i,3}$	$v_{1,4}/\sum_{i=1}^m v_{i,4}$	$v_{1,5}/\sum_{i=1}^m v_{i,5}$	$v_{1,6}/\sum_{i=1}^m v_{i,6}$	$v_{1,7}/\sum_{i=1}^m v_{i,7}$	
⋮					⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
<i>m</i>					$v_{m,1}/\sum_{i=1}^m v_{i,1}$	$v_{m,2}/\sum_{i=1}^m v_{i,2}$	$v_{m,3}/\sum_{i=1}^m v_{i,3}$	$v_{m,4}/\sum_{i=1}^m v_{i,4}$	$v_{m,5}/\sum_{i=1}^m v_{i,5}$	$v_{m,6}/\sum_{i=1}^m v_{i,6}$	$v_{m,7}/\sum_{i=1}^m v_{i,7}$	
$\sum_{i=1}^m (v_{i,j}/\sum v_{i,j}) = 1,00, 1 \ll j \ll n$					$\sum_{i=1}^m (v_{i,1}/\sum_{i=1}^m v_{i,1}) = 1,00$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Sendo, então, $\chi_{i,j}$ igual ao peso do critério j no projeto i . Dessa forma, a Tabela 5.7 é ajustada em suas notações, conforme definido na Tabela 5.8.

Nesse caso, e sendo φ peso associado a um determinado critério com base nas ponderações dos especialistas colaboradores, a ponderação final de cada projeto apresentado no conjunto de alternativa de solução são efetivamente hierarquizados, por meio das operações estruturadas nas Tabelas 5.9 e 5.10.

Observando-se a Tabela 5.10, verifica-se que o peso final de cada projeto é dado por:

$$\sum_{j=1}^7 \varphi_j \times \chi_{ij} = \rho_i \rightarrow i\{1,2, \dots, m\} \quad (5.8)$$

Sendo $0 < \rho_i < 1$ o peso final do projeto i , com $1 \leq i \leq m$. Assim, pela ordenação decrescente de ρ_i , tem-se a hierarquização dos projetos de infraestrutura de transportes, adotados como alternativas de soluções, partindo-se daquele que apresenta o maior peso entre todos os projetos, para todos os critérios ponderados, até o projeto que se apresenta com menor peso entre todos, e com isso, o de menor importância.

Nesse contexto, e considerando que o $\sum \varphi = 1,00$ e $\sum_{i=1}^m \chi_{i,j} = 1,00$, então, $\sum_{i=1}^m \varphi_j \times \chi_{m,j} = 1,00 \rightarrow \sum_{i=1}^m \rho_i = 1,00, 1 \ll j \ll 7$.

A ordenação decrescente de ρ_i indica, então, o quanto percentualmente, cada projeto, devidamente ponderado pelos seus próprios pesos, em relação a cada critério e, com os pesos dos critérios comparados entre si, contribui para a meta geral estipulada como objetivo da hierarquização.

Tabela 5.8: Ajuste na notação dos pesos normalizados dos projetos em cada critério - relação percentual com o respectivo somatório total, com base nos valores ajustados – proposta de aplicação do AHP.

Alternativas de Soluções – Projetos de Infraestrutura de Transportes												
Nº	Aspectos Técnicos e Institucionais do Projeto				Critérios ($j = 1, \dots, n; n = 7$)							Período de Implantação
	Modo de Transporte	Código	Tipo	Descrição	Redução dos Custos de Transportes	Taxa Interna de Retorno Econômico	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Redução das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos	
					\$	<i>TIR</i> (% juros econômicos)	<i>u.n. Term. Integração</i>	% (m/km^2)	<i>IDH</i>	<i>km</i>	<i>ton./m³ CO₂</i>	
001					$\chi_{1,1}$	$\chi_{1,2}$	$\chi_{1,3}$	$\chi_{1,4}$	$\chi_{1,5}$	$\chi_{1,6}$	$\chi_{1,7}$	
⋮					⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
m					$\chi_{m,1}$	$\chi_{m,2}$	$\chi_{m,3}$	$\chi_{m,4}$	$\chi_{m,5}$	$\chi_{m,6}$	$\chi_{m,7}$	
$\sum_{i=1}^m \chi_{i,j}, 1 \ll j \ll n$					$\sum_{i=1}^m \chi_{i,1} = 1,00$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Tabela 5.9: Pesos dos critérios e pesos normalizados dos projetos em cada critério – proposta de aplicação do AHP.

		Critérios ($j = 1, \dots, n; n = 7$)						
		Redução dos Custos de Transportes	Taxa Interna de Retorno Econômico	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Redução das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos
		\$	<i>TIR</i> (% benefícios econômicos)	<i>u.n. Term. Integração</i>	% (m/km^2)	<i>IDH</i>	<i>km</i>	<i>ton/m³CO₂</i>
		Pesos dos Critérios						
		φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	φ_5	φ_6	φ_7
Nº	Código da Alternativa	Pesos dos Projetos						
001		$\chi_{1,1}$	$\chi_{1,2}$	$\chi_{1,3}$	$\chi_{1,4}$	$\chi_{1,5}$	$\chi_{1,6}$	$\chi_{1,7}$
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m		$\chi_{m,1}$	$\chi_{m,2}$	$\chi_{m,3}$	$\chi_{m,4}$	$\chi_{m,5}$	$\chi_{m,6}$	$\chi_{m,7}$

Tabela 5.10: Pesos finais da hierarquização – proposta de aplicação do AHP.

Critérios ($j = 1, \dots, n; n = 7$)										
		Redução dos Custos de Transportes	Taxa Interna de Retorno Econômico	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Redução das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos		
		\$	<i>TIR</i> (% benefícios econômicos)	<i>u.n. Term. Integração</i>	% (m/km^2)	<i>IDH</i>	<i>Km</i>	$ton./m^3CO_2$		
Nº	Código da Alternativa	<i>Pesos dos Critérios</i> × <i>Pesos dos Projetos</i>							<i>Pesos Finais</i>	
001	-	$\varphi_1 \times \chi_{1,1}$	$\varphi_2 \times \chi_{1,2}$	$\varphi_3 \times \chi_{1,3}$	$\varphi_4 \times \chi_{1,4}$	$\varphi_5 \times \chi_{1,5}$	$\varphi_6 \times \chi_{1,6}$	$\varphi_7 \times \chi_{1,7}$	$\sum_{j=1}^7 \varphi_j \times \chi_{1,j} = \rho_1$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
m	-	$\varphi_1 \times \chi_{m,1}$	$\varphi_2 \times \chi_{m,2}$	$\varphi_3 \times \chi_{m,3}$	$\varphi_4 \times \chi_{m,4}$	$\varphi_5 \times \chi_{m,5}$	$\varphi_6 \times \chi_{m,6}$	$\varphi_7 \times \chi_{m,7}$	$\sum_{j=1}^7 \varphi_j \times \chi_{m,j} = \rho_m$	
									$\sum_{i=1}^m \varphi_j \times \chi_{m,j} = 1,00$ $1 \ll j \ll 7$	

Por meio da Tabela 5.10 estrutura-se a Tabela 5.11, onde podem ser identificados os projetos e seus respectivos pesos finais.

Tabela 5.11: Projetos e respectivos pesos finais – proposta de aplicação do AHP.

Nº	Descrição do Projeto	Pesos Finais
001		ρ_1
⋮		⋮
m		ρ_m
		$\sum \rho = 1,00$

Com os registros da Tabela 5.11, basta reescrever os projetos em ordem decrescente, em relação aos seus “*Pesos Finais*”, para se obter a ordem de prioridades em relação à meta principal que motiva tal hierarquização. Essa hierarquia indica, de forma direta, a ordem de prioridade de investimentos nos projetos de infraestrutura. Assim, a definição dos projetos que serão tratados como conjunto de alternativas consta da quantidade de projetos que forem selecionados para aplicação do AHP, conforme proposto anteriormente.

Cabe destacar o aspecto relacionado aos quantitativos referentes aos indicadores de cada critério estabelecido. Esses quantitativos são elementos fundamentais na aplicação da proposta desta Tese. Caso algum projeto contenha quantitativos equivocados, esses refletirão nos resultados da hierarquização, proporcionalmente ao peso que tal projeto possua, no respectivo critério.

A seleção dos projetos de infraestrutura de transportes que serão avaliados na hierarquização como alternativas de soluções, visando atingirem uma determinada meta, carece de um rigoroso processo de conferência das suas informações, especialmente aquelas sobre os quantitativos dos indicadores que definem os critérios de avaliação. Sobre esse aspecto, é devido à sua importância para a qualidade técnica e científica que se almeja com a aplicação do procedimento proposto, na sequência são feitas algumas considerações sobre os critérios que ponderam os projetos no processo de hierarquização.

5.2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS ALTERNATIVAS DE SOLUÇÕES

No item anterior foi estabelecido, como uma das premissas da proposição desta Tese, que as alternativas de soluções (caracterizadas por projetos de infraestrutura de transporte) tivessem a mesma origem metodológica, na sua concepção e definição, e também, atendessem a uma mesma meta. Essa condição é fundamental tanto para o processo proposto, como para estabelecer a natureza dos projetos que podem ser avaliados para fins de hierarquização.

Na aplicação desta Tese, contudo, a abordagem dada não trata exatamente da melhor escolha entre projetos concorrentes como soluções a um problema de transportes, para se atender a uma meta ou objetivo. Ao contrário, busca-se avaliar projetos selecionados por meio de metodologias que consideram os seus funcionamentos simultâneos, em uma rede de transportes, que após serem testados e validados, carecem de uma hierarquização, para fins de avaliação das prioridades de investimentos, visando dar orientação e diretriz às ações executivas voltadas para implantação dos mesmos.

Essa carência afeta tanto a execução como o próprio planejamento de transportes, pois sem especificar o que lhe é mais importante, entre todos os projetos que devem ser executados, o próprio planejamento não possui meios para avaliar o quanto estão sendo cumpridas as suas metas.

Outro aspecto que demanda a necessidade de uma hierarquização dos investimentos em projetos trata de possíveis e eventuais restrições orçamentárias às execuções governamentais. Nesse caso, com a hierarquização, tem-se instrumento para decidir quais projetos devem ser priorizados, de tal forma que os efeitos restritivos à meta principal do planejamento, causados pelas ações de contingenciamento orçamentário, sejam minimizados. Dessa forma, o planejamento de transportes pode avaliar o quanto suas metas serão reduzidas e/ou retardadas no tempo, o que lhe dá elementos consistentes para sua própria revisão.

Nesse contexto, a seleção dos projetos para composição das alternativas de soluções, na aplicação do AHP, devem considerar, como aspectos relevantes, os seguintes:

- que pertençam a uma determinada área, onde os efeitos dos projetos na rede de transporte, na socioeconomia e no meio ambiente, possuam a devida

sinergia para a obtenção de uma meta comum, principalmente pelo funcionamento em um sistema multimodal claramente definido;

- com características físicas e operacionais de transporte que permitam considerá-los de naturezas e composições semelhantes, pois projetos com naturezas e composições distintas, normalmente, não atendem a uma mesma meta, ou não podem ser comparados de forma ponderada sem prejuízos ou deficiências desse processo.
- possuam semelhantes distribuições territoriais, ou seja, se estendem entre municípios, estados ou regiões, interligando-os, ou se localizam em áreas restritas, incluídas em um determinado município, podendo ser caracterizados como investimentos pontuais;
- enquadra-se em um determinado plano de governo; e
- possuam registros sobre os quantitativos de cada um dos critérios estabelecidos na proposta de utilização do AHP desta Tese.

As observações desses aspectos visam evitar a seleção de projetos que não possuam metas comuns; que efetivamente apresentem semelhanças de distribuições territoriais; e que estejam enquadrados em um determinado sistema viário onde se dá a sinergia entre todos os projetos selecionados. Assim, a estruturação e caracterização das informações de um projeto são fundamentais para a seleção e decisão de quais devam compor o conjunto de alternativas de soluções a serem hierarquizadas. Para que seja possível estruturar e organizar tal conjunto de projetos, a formação de banco de dados permite tanto a execução de consultas, como dos usos das informações por ele armazenadas, no atendimento aos processos de aplicação do AHP, propostos e descritos anteriormente.

A base de dados, se formulada em plataformas georreferenciadas, permite ainda análises relacionais das informações, bem como a visualização territorial das distribuições dos projetos de infraestrutura de transportes selecionados como alternativas de soluções. Para tanto, devem ser estabelecidas regras para estruturação das informações que caracterizam os projetos citados.

Para que os projetos sejam devidamente identificados, os mesmos devem receber um código chave na formação dos seus registros. Por meio desses mecanismos, toda e qualquer informação associada a um determinado projeto será sempre identificada pela relação com o citado código.

Em suma, os projetos selecionados como alternativas de soluções para aplicação do AHP devem ser identificadas pelas suas características técnicas e institucionais, além de todas as demais informações necessárias e descritas na proposição desta Tese. Assim, um projeto de infraestrutura de transportes, além das informações sobre o modo de transporte ao qual pertence, o seu código oficial de identificação, o seu tipo e subtipo, possui outros dados que lhe caracterizam.

Dito isso, a composição do conjunto de projetos de infraestrutura de transportes que represente as alternativas de soluções para hierarquização, deve ser caracterizada, preferencialmente, considerando referências oficiais oriundas de informações governamentais. Para subsidiar com as informações necessárias a proposta de utilização do AHP defendida nesta Tese, cada projeto deve ser registrado considerando também as informações pertinentes aos critérios selecionados. Essas informações dependem de estudos, pesquisas e análises técnicas, demandando, em parte, da utilização de base de dados georreferenciada.

No Apêndice I desta Tese encontram-se registrados e listados no formato de quadros e tabelas, informações de projetos de infraestrutura de transportes que fazem parte do PNLT, publicada pelo Ministério dos Transportes – MT. Esse Apêndice auxilia o trabalho desenvolvido na aplicação do AHP, registrada no Capítulo 6, servindo de orientação quanto às fontes de dados utilizados para caracterização das alternativas de projetos, bem como de detalhes técnicos, institucionais e de outras ordens, que promovem o embasamento da aplicação em si. As informações do Apêndice I são complementadas com dados de base georreferenciada do PNLT, que constam de outras informações, de natureza territorial e socioeconômica.

Com esse conjunto de dados são extraídos, para cada alternativa (projeto), os respectivos quantitativos de cada critério definido para aplicação do AHP. Nesse contexto, cabe destacar que as informações referentes aos critérios “*redução dos custos de transportes – R\$*”, “*taxa interna de retorno – TIR*” e “*redução das emissões de poluentes*”, dependem de formulações matemáticas, que estimem os quantitativos de tais critérios, em cada projeto. Os demais critérios podem ser obtidos por meio de análises de bases georreferenciadas de dados, onde o projeto identificado por sua entidade geográfica se sobrepõe a diversas camadas de dados, como, por exemplo, áreas municipais e de proteção ambiental.

Para determinados projetos de infraestrutura de transportes, definidos como alternativas de soluções em planos governamentais, as informações oficiais que os identificam podem conter dados sobre viabilidade econômica, índices de redução de custos de transportes, tipos de produtos relevantes, entre outros. Um exemplo desse tipo de divulgação de informações é ilustrado pelas Figuras 5.5 e 5.6, apresentadas pelo Ministério dos Transportes – MT, na primeira edição do Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT, em 2007.

Para o projeto ilustrado pelas Figuras 5.5 e 5.6, além das informações da sua identificação, descrição, modo de transportes, tipo, da Taxa Interna de Retorno Econômico – TIRE, do ano de implantação e das estimativas dos seus custos de investimentos, pode-se verificar ainda, a sua distribuição territorial, pois essas informações foram estruturadas em uma base georreferenciada de dados.

Conforme descrito anteriormente, quando os projetos se estruturam em bases georreferenciadas de dados, diversas informações associadas ao projeto podem ser extraídas, como, por exemplo, aspectos relacionados à territorialidade, socioeconomia e meio ambiente, que são fundamentais, no caso desta Tese, na utilização do AHP. Para armazenar essas informações, o arcabouço metodológico do PNLT utilizou-se de mecanismos técnicos e sistemas de mercado, como por exemplo, o *software TransCAD*, da CALIPER CORPORATION, que permite a estabelecer a interface das informações dos projetos definidos pelo plano, com diversos temas, em uma plataforma com base georreferenciada de dados, além de facilitar a utilização das informações dessa base, por modelos de planejamento de transportes (MT, MD, 2007). Essas diretrizes e estruturas de dados apresentadas são elementos conceituais e técnicos adotados nesta Tese, para que as composições das informações dos projetos incorporem-se na proposição descrita neste Capítulo, conforme previamente estabelecido no fluxograma da Figura 5.1.

As informações extraídas são as componentes quantitativas que normalizadas, permitem efetuar a aplicação proposta e com isso, obter-se uma hierarquização das alternativas de projetos selecionadas, cujo resultado serve para validar as análises e deduções sobre prioridades de investimentos em projetos de infraestrutura de transportes.

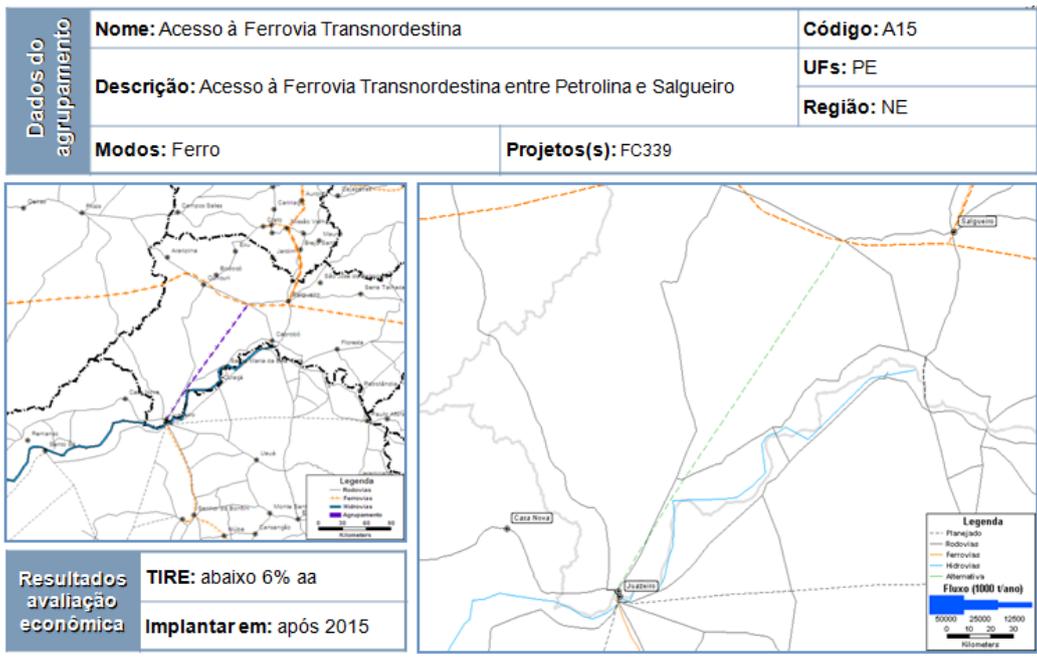


Figura 5.4: Exemplo de um modelo de identificação de projeto de infraestrutura de transportes.
 Fonte: MT, MD, 2007.

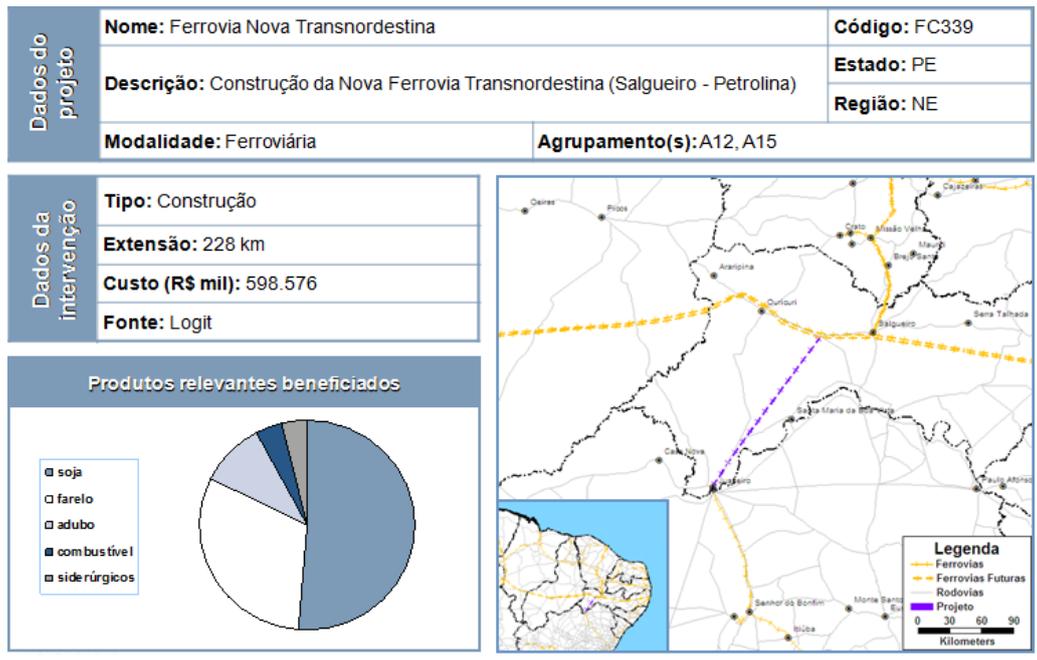


Figura 5.5: Exemplo de um modelo de identificação de projeto de infraestrutura de transportes (continuação).
 Fonte: Fonte: MT, MD, 2007.

5.3. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS PARA APLICAÇÃO DO AHP

Na proposta de utilização do AHP, a obtenção dos valores (pesos) dos critérios em cada um dos projetos definidos como alternativas de soluções fazem-se pelas identificações diretas dos atributos desses projetos.

Tais informações são atributos associados aos mesmos, e foram identificados pela manipulação do banco de dados que compõe o conjunto de projetos de infraestrutura de transportes definidos como alternativas de soluções, conforme descrito no Capítulo 6. Nesse contexto, as informações dos projetos definidos para fins de hierarquização foram estruturados em uma base georreferenciada de dados, pela utilização do *software TransCAD* (CALIPER, 2011).

Todas as informações dos projetos tratadas no *software TransCAD* foram exportadas para arquivos do tipo **.xls (Excel)*, formando planilhas para os registros das ponderações dos critérios em cada uma das alternativas definidas para aplicação, do AHP, conforme registrado no Apêndice I.

O *TransCAD* foi utilizado, então, para todas as tarefas que demandaram modelos de planejamento de transportes ou que pudessem ser efetuadas pelo mesmo, principalmente para obtenção de informações relacionadas a custos de transportes, avaliações e taxas de viabilidades econômicas, fluxos de mercadorias, e outros dados necessários para alguns dos critérios estabelecidos, na identificação dos seus valores atribuídos diretamente aos projetos definidos como alternativas a serem hierarquizadas pela aplicação do AHP.

No caso dos pesos pareados entre critérios, fornecido pela avaliação do especialista, no processo de comparação pareada, demandou ações institucionais, iniciando-se pela definição de quais instituições deveriam ser selecionados técnicos (especialistas) para contribuir com essa tarefa. Após isso, foram efetuados os contatos oficiais, com ou sem a realização de reuniões, para que fossem passados os devidos esclarecimentos e o efetivo pedido de colaboração para obtenção das ponderações dos critérios que permitissem a aplicação do AHP, conforme a proposta desta Tese.

Nesse contexto, os especialistas que colaboraram com este trabalho foram identificados e contatados com base na proposta estabelecida conforme o Quadro 5.1.

Essa seleção considerou um conjunto de instituições com base na capacidade delas de representarem o mais ampla e significativamente possível, setores governamentais, sociais e econômicos diretamente interessados nos resultados dos investimentos em infraestrutura de transportes.

A título de exemplo sobre esse aspecto, quando se considera a participação de técnicos da Confederação Nacional dos Transportes – CNT, ter-se-á, em certa medida, na ponderação dos critérios estabelecidos, a visão dos operadores de transportes do setor privado, pois tais técnicos possuem experiências profissionais no atendimento desses operadores, que está relacionada com a própria missão da CNT. No caso do exemplo dado, a CNT tem como missão atuar na defesa dos interesses do setor de transportes privado e:

“Sua importância estratégica e institucional ganha peso quando se considera a capilaridade da estrutura que integra o Sistema CNT. São 29 federações, três sindicatos nacionais e 15 associações nacionais que representam 70 mil empresas de transporte e 1,9 milhão de caminhoneiros e taxistas. Junte-se a isso a participação econômica expressiva do setor, que responde por 15% do Produto Interno Bruto – PIB (CNT, 2012).”

De forma análoga, a contribuição de técnicos (especialistas) vinculados a outras instituições que guardem características nacionais, cujos interesses sejam de Estado, de Governo ou de setores produtivos, se dá com base nas experiências desses profissionais em tais instituições e, portanto, quando ponderam, consideram a cultura institucional a que pertencem. Assim, admite-se que tais ponderações sejam capazes de refletir, de alguma forma, as visões coletivas de cada um dos setores institucionais selecionados.

Em outras palavras, no processo de ponderação, para fins de hierarquização de alternativas de soluções caracterizadas por projetos de infraestrutura de transportes, visando atender uma determinada meta, os especialistas consideram nas definições dos pesos entre os critérios selecionados, o que é mais relevante para o setor institucional onde atua e, portanto, para a coletividade que tal instituição representa. Para efetuar o registro das ponderações de cada especialista foram elaboradas planilhas por meio do *software Excel*, cuja interface de utilização considerou promover uma facilidade, tanto para o entendimento do problema, como para a ponderação da Matriz de Critério proposta. As “telas” desse sistema encontram-se no Apêndice II desta Tese.

O desenvolvimento desse sistema de dados levou em consideração a estrutura de análise e aplicação do AHP pelo *software Expert Choice*.

Assim, foram armazenadas todas as informações das ponderações dos critérios, coletadas com os especialistas, como os valores (pesos) atribuídos diretamente aos projetos, em relação a cada um dos critérios definidos. Os resultados obtidos pela utilização do *software Expert Choice* foram tabulados e registrados no formato de quadros e tabelas, visando facilitar as análises necessárias à conclusão desse trabalho. Por meio desse *software* foram ainda extraídos gráficos e informações tabuladas que são tratados no Capítulo 6.

Cabe destacar que o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes – PET possui licença tanto do *software TransCAD*, como do *Expert Choice*, o que permitiu estabelecer os procedimentos de utilização de ferramentas computacionais, com as quais se executou aplicação do procedimento proposto, conforme consta das descrições do Capítulo 6.

Por fim, considerando que a análise e avaliação dos projetos de infraestrutura de transportes sejam adequadas no tempo e na capacidade técnica de coleta das informações disponíveis sobre os mesmos, foram utilizadas as informações oficiais, públicas, que se encontram acessíveis nas páginas eletrônicas do Ministério dos Transportes – MT e nas suas instituições vinculadas, como DNIT, ANTT e outras, sendo que parte dessas informações de fácil acesso via web puderam ser utilizadas diretamente pelo *software TransCAD*.

Ressalta-se, ainda, que a base de dados formada por essas informações oficialmente disponíveis, recebeu tratamento técnico e metodológico, visando adequar-se à aplicação do AHP, conforme procedimento proposto nesta Tese.

No próximo Capítulo, tem-se uma aplicação do procedimento proposto.

CAPÍTULO 6. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO

Com a definição dos critérios e sua composição pareada, conforme instituído metodologicamente pelos conceitos de uso do AHP; a colaboração de especialistas adequadamente selecionados para indicação dos pesos entre pares de critérios citados e; a identificação quantitativa do peso de cada um desses critérios nas alternativas de projetos previamente definidas, pode-se efetuar a aplicação do procedimento proposto e definido no Capítulo 5 desta Tese.

O enquadramento das partes citadas foi promovido por meio do *software Expert Choice*, cujos resultados são tratados nas descrições analíticas deste Capítulo. Os resultados citados, que subsidiam as avaliações de hierarquizações de projetos, bem como a sua comparação com informações originais sobre a proposição governamental para investimentos, que tratam da situação da eficácia executiva de projetos de infraestrutura de transportes foram tratados por meio do *software TransCAD*.

Na sequência são descritos os processos utilizados na aplicação do procedimento proposto nesta Tese.

6.1. PONDERAÇÕES DOS CRITÉRIOS

A coleta dos pesos pareados dos critérios, definidos para aplicação do AHP foram paulatinamente tratada com potenciais especialistas, das respectivas instituições de referência (Quadro 5.1, do Capítulo 5).

Essa ação foi executada, concluindo-se entre os limites quantitativos para uma representatividade de cada uma dos quatro grupos definidos (conforme Tabela 5.2, do Capítulo 5), limitada pela disponibilidade de colaboração dos respectivos especialistas selecionados, considerando-se o tempo máximo para produção desta Tese. Em face disso foi possível contar com a colaboração de 33 especialistas, conforme registro da Tabela 6.1.

Os registros da Tabela 6.1 tratam de uma codificação de identificação de cada um desses especialistas colaboradores, considerando a sua origem institucional em cada um dos quatro grupos definidos. No Apêndice III registram-se as ponderações de cada um desses especialistas colaboradores, extraídas do *software Expert Choice*, registrados nas respectivas Matrizes de Critérios (formulada com base na Tabela 5.2).

Tabela 6.1: Especialistas colaboradores nas ponderações pareadas dos critérios de aplicação do AHP.

Grupo	Código Grupo	Ident. Especialista	Ordem Institucional	Código Ordem	Instituição/Empresa	Código Inst/Empr	Código Especialista
Governamental	I	E01_I	Ministerial	Mn	MT	01	E01_I_Mn_01
Governamental	I	E02_I	Ministerial	Mn	MP	02	E02_I_Mn_02
Governamental	I	E03_I	Ministerial	Mn	SAC	03	E03_I_Mn_03
Governamental	I	E04_I	Executivo	Ex	DNIT	04	E04_I_Ex_04
Governamental	I	E05_I	Executivo	Ex	DNIT	04	E05_I_Ex_04
Governamental	I	E06_I	Executivo	Ex	INFRAERO	05	E06_I_Ex_05
Governamental	I	E07_I	Regularório	Re	ANTT	06	E07_I_Re_06
Governamental	I	E08_I	Regularório	Re	ANTT	06	E08_I_Re_06
Governamental	I	E09_I	Financeiro	Fn	BNDES	07	E09_I_Fn_07
Governamental	I	E10_I	Financeiro	Fn	BNDES	07	E10_I_Fn_07
Acadêmico	II	E01_II	Educacional	Ed	UFRGS	01	E01_II_Ed_01
Acadêmico	II	E02_II	Educacional	Ed	UFRJ	02	E02_II_Ed_02
Acadêmico	II	E03_II	Educacional	Ed	UFRJ	02	E03_II_Ed_02
Acadêmico	II	E04_II	Educacional	Ed	UFBA	03	E04_II_Ed_03
Acadêmico	II	E05_II	Educacional	Ed	UFAM	04	E05_II_Ed_04
Acadêmico	II	E06_II	Educacional	Ed	UNISINOS- RS	05	E06_II_Ed_05
Acadêmico	II	E07_II	Educacional	Ed	UFF	06	E07_II_Ed_06
Acadêmico	II	E08_II	Educacional	Ed	UFES	07	E08_II_Ed_07
Acadêmico	II	E09_II	Educacional	Ed	UFES	07	E09_II_Ed_07
Não Governamental	III	E01_III	Produtivo	Pd	CNT	01	E01_III_Pd_01
Não Governamental	III	E02_III	Produtivo	Pd	CNI	02	E02_III_Pd_02
Não Governamental	III	E03_III	Produtivo	Pd	SNA	03	E03_III_Pd_03
Não Governamental	III	E04_III	Produtivo	Pd	SINDARIO	04	E04_III_Pd_04
Não Governamental	III	E05_III	Produtivo	Pd	NTU	05	E05_III_Pd_05
Não Governamental	III	E06_III	Produtivo	Pd	SINDOPITA	06	E06_III_Pd_06
Especialista	IV	E01_IV	Privado	Pr	CONSULTOR	01	E01_IV_Pr_01
Especialista	IV	E02_IV	Privado	Pr	INVEPAR	02	E02_IV_Pr_02
Especialista	IV	E03_IV	Privado	Pr	FH BERTLING	03	E03_IV_Pr_03
Especialista	IV	E04_IV	Privado	Pr	FRF	04	E04_IV_Pr_04
Especialista	IV	E05_IV	Privado	Pr	CONSULTOR	05	E05_IV_Pr_05
Especialista	IV	E06_IV	Privado	Pr	PRODEC	06	E06_IV_Pr_06
Especialista	IV	E07_IV	Privado	Pr	LOGIT	07	E07_IV_Pr_07
Especialista	IV	E08_IV	Privado	Pr	TRANSPET	08	E08_IV_Pr_08

Para simplificar a notação de cada critério foi reduzida a sua identificação conforme apresentado na Tabela 6.2.

Tabela 6.2: Sigla de identificação dos critérios propostos

Crítérios	Sigla (Aplicação)
<i>Redução dos Custos de Transportes</i>	<i>C1</i>
<i>Ampliação da Viabilidade do Projeto</i>	<i>C2</i>
<i>Ampliação da Integração Modal</i>	<i>C3</i>
<i>Ampliação da Oferta de Transporte Regional</i>	<i>C4</i>
<i>Redução das Desigualdades Regionais</i>	<i>C5</i>
<i>Redução das Interfaces Ambientais</i>	<i>C6</i>
<i>Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos</i>	<i>C7</i>

Com base nessa identificação (sigla) foi estruturada a hierarquização dos critérios propostos para aplicação do AHP no *software Expert Choice*, e para cada participante, conforme identificação apresentada na Tabela 6.1, efetuou-se a inserção dos pesos pareados da matriz de critérios estabelecida.

Assim, o resultado *combinado*, considerando os pesos estabelecidos para cada um dos pares da Matriz de Critérios, ponderados por cada um dos especialistas colaboradores pode ser avaliado conforme ilustração da Figura 6.1.

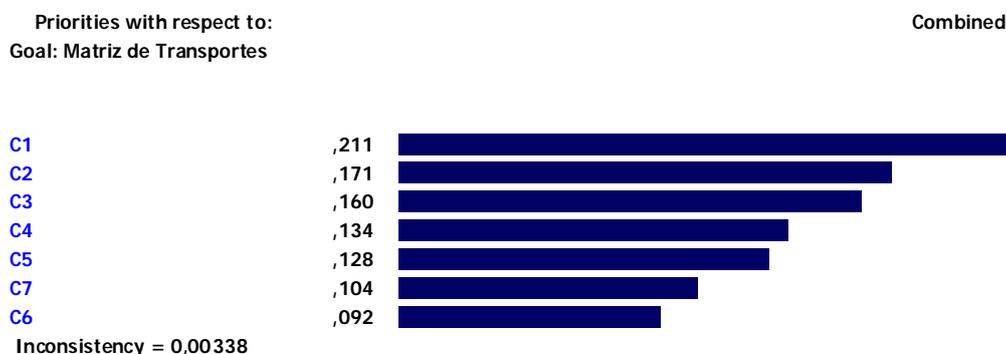


Figura 6.1: Prioridades entre critérios – resultados Combinados.

Com base nas informações do gráfico da Figura 6.1 o critério com maior prioridade na ponderação das alternativas de investimentos (projetos de infraestrutura de transporte) trata-se da “*Redução dos Custos de Transportes*”, ou seja, “C1”.

Em seguida vem, nessa ordem, “*Ampliação da Viabilidade do Projeto*”, “C2”, “*Ampliação da Integração Modal*”, “C3”, “*Ampliação da Oferta de Transporte Regional*”, “C4”, “*Redução das Desigualdades Regionais*”, “C5”, “*Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos*”, “C7” e, por fim, a “*Redução das Interfaces Ambientais*”, “C6”.

De forma semelhante, pode-se avaliar o resultado dessas ponderações por grupos institucionais, ou seja: “*Governamental*”, “*Acadêmico*”, “*Não Governamental*”, do setor produtivo, e “*Especialista*”, do setor privado consultivo. A comparação das informações registradas nas ilustrações das figuras 6.2 a 6.5 permitem avaliar as diferenças de prioridades entre cada uma delas e em relação à Figura 6.1.

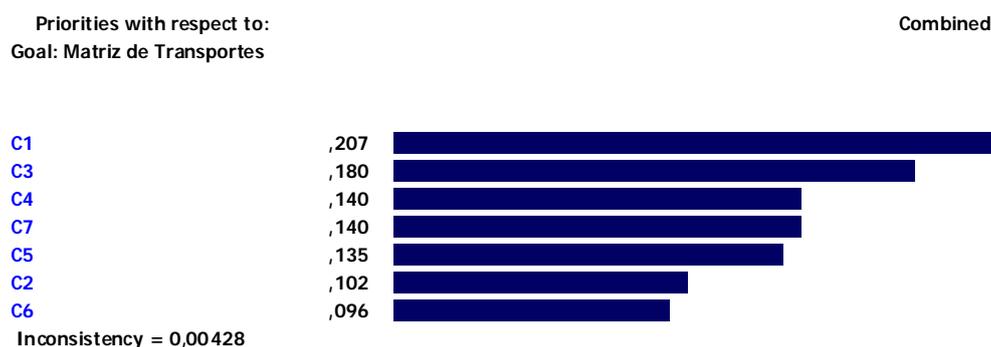


Figura 6.2: Prioridades entre critérios – resultados do Grupo Governamental (I).

Comparando-se os resultados da Figura 6.1 com a 6.2 pode-se deduzir que a Combinação Global de todos os especialistas possui a mesma prioridade para o critério “C1” e “C6” (respectivamente em primeiro e último lugar na hierarquia) que aquela produzida pela combinação somente dos especialistas do Grupo Governamental (I), No caso do Grupo Não Governamental (III), conforme ilustrado na Figura 6.4, a sua hierarquia de prioridades é idêntica àquela ilustrada na Figura 6.1, diferindo, contudo, nos valores dos pesos resultantes de cada Critério. Em resumo, o resultado da Combinação Global convergiu para a sequência de prioridades do Grupo “*Não Governamental*”, do setor produtivo, mesmo que os pesos das prioridades sejam distintos.

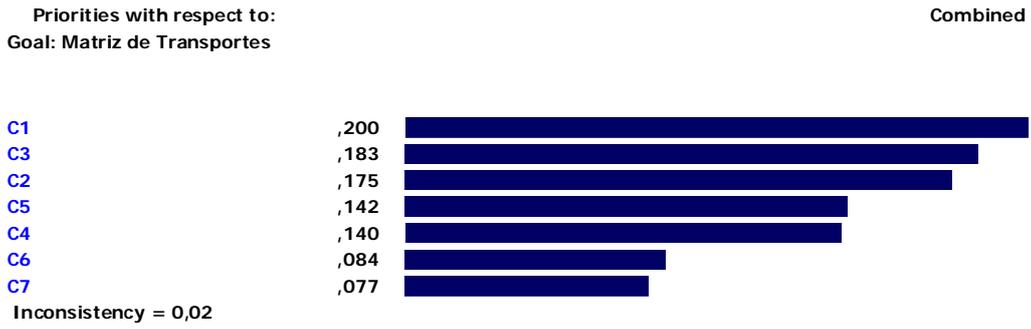


Figura 6.3: Prioridades entre critérios – resultados do Grupo Acadêmico (II).

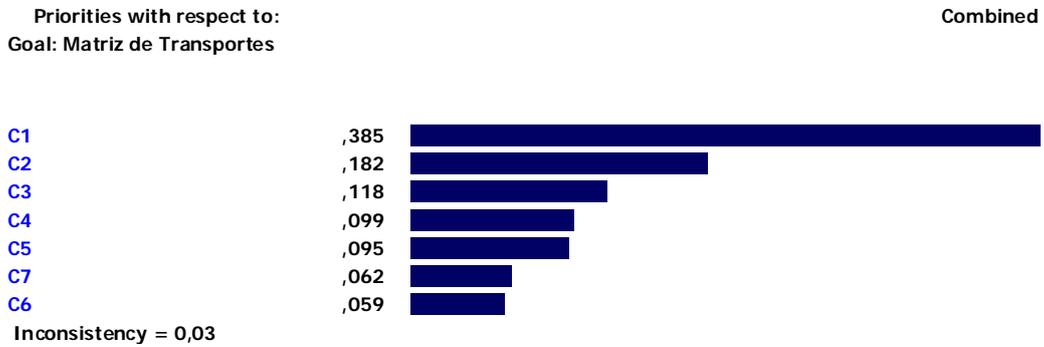


Figura 6.4: Prioridades entre critérios – resultados do Grupo Não Governamental (III).

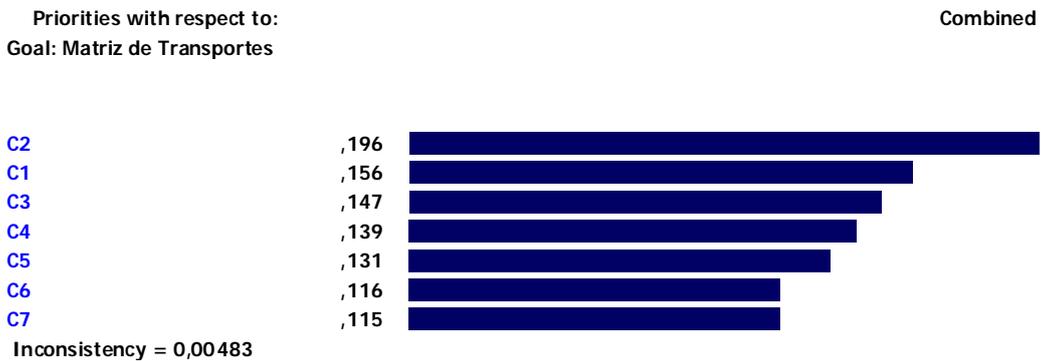


Figura 6.5: Prioridades entre critérios – resultados do Grupo Especialistas (IV).

Comparando-se os resultados ilustrados pelos gráficos dos quatro distintos grupos de especialistas colaboradores, com exceção da Combinação Global e do Grupo (III), observa-se que nenhum deles apresentou uma mesma sequência de prioridades dos critérios, sendo todas distintas.

Comparando-se ainda os resultados ilustrados pelas Figuras 6.2 à 6.5, com o resultado ilustrado pela Figura 6.1, deduz-se que somente para a combinação dos colaboradores do Grupo (IV), “*Especialista*”, do setor privado consultivo, o critério “*CI*” não se apresenta como o mais importante. Neste caso, privilegia-se como de “*mais valia*” (maior importância), a qualidade técnica e econômica do projeto de infraestrutura de transportes, ou seja, o critério “*C2*”, que consta do parâmetro “*Ampliação da Viabilidade do Projeto*”. Para os grupos, Grupo “*Governamental*” (I), “*Acadêmico*” (II) e, “*Não Governamental*” (III), setor produtivo (Figuras 6.2 a 6.4) o critério “*CI*” é o mais relevante em relação aos demais, o que acompanha o resultado global, ilustrado pela Figura 6.1.

De qualquer forma, deduz-se que o critério “*CI*” é relevante como prioritário para a maioria dos colaboradores, independente do grupo, pois ele aparece como prioridade máxima em três grupos (I, II e III), no caso das combinações globais (todos os grupos), e em segunda ordem, no caso do Grupo “*Especialista*” (IV), do setor privado consultivo. Contudo, quando se avalia os resultados isolados de cada especialista, de cada grupo, não necessariamente o critério “*CI*” surge como de “*mais valia*” em comparação aos outros. De qualquer forma, a maioria dos resultados, em todos os grupos somados, opta-se por considerá-lo como uma prioridade de maior relevância em relação aos demais critérios, como pode ser investigado pela análise do material do Apêndice III.

Ainda sob esse aspecto, e considerando que todos os colaboradores que ponderaram a Matriz de Critérios possuem considerável experiência nos problemas de planejamento e investimentos em projetos de infraestrutura de transportes no Brasil, entre as diversas interpretações que podem ser extraídas dos resultados ilustrados nos gráficos nas figuras anteriores, destacam-se:

1. Reflete que a principal preocupação a ser considerada na priorização dos investimentos é a redução dos custos de transportes, pois esse fator é considerado como um dos mais urgentes problemas a serem sanados no sistema viário nacional;
2. Verifica-se, contudo, que tal preocupação deve ser acompanhada de projetos que

apresentem as melhores viabilidades econômicas, o que retrata uma preocupação com a qualidade dos investimentos que devem promover uma significativa redução dos custos de transportes no Brasil, mas também demonstrar que promovem os melhores retornos (benefícios) aos usuários dos sistemas de transporte;

3. Com os resultados apresentados pode-se deduzir que os critérios com menor relevância são os “C6” e “C7”, que correspondem respectivamente a: “*Redução das Interfaces Ambientais*” e “*Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos*”, sendo essa afirmação uma exceção no caso do critério “C7”, para o Grupo I (Governamental);
4. De toda forma, esse outro resultado, que privilegia com “*menos valia*” os critérios “C6” e “C7” podem refletir, mesmo que inconscientemente, que os mesmos são demasiadamente impeditivos para execução dos investimentos, e por consequência, às soluções voltadas às “*Reduções de Custos de Transportes*”, cujo critério é considerado como mais relevante entre todos, pelos resultados analisado anteriormente;
5. Na combinação global, ilustrada pelo gráfico da Figura 6.1, os resultados apontam para uma identificação do critério “C6” como sendo o menos importante, em relação ao demais critério. Sabe-se que as “*Interfaces Ambientais*”, ocorridas entre áreas de proteção ambiental e terras indígenas e os traçados geométricos dos projetos de transportes, como rodovia, ferrovia e principalmente no caso de hidrovias (cujo traçado é aproveitado da própria natureza) surgem como óbices à consecução de diversos investimentos em infraestrutura de transportes, devido às questões de ordem legal;
6. Os participantes (especialistas colaboradores) que possuem ponderações combinadas resultando no maior valor do critério “C1” são os pertencentes ao “*Grupo III*”, no qual esse critério tem peso de 0,385, o que equivale a 38,5% de contribuição na meta principal (Figura 6.4);
7. Por outro lado, as ponderações dos participantes do “*Grupo III*” resultam no menor valor atribuído do critério “C6”, com peso de 0,059, o que equivale a 5,9% de contribuição na meta principal (Figura 6.4);
8. Fica explícito nos resultados do “*Grupo III*” que, caso dependesse da avaliação combinada dos seus participantes, a prioridade de investimentos em projetos (alternativas) seria significativamente avaliada (com peso de 38,5%) pela

capacidade dos mesmos em reduzir dos custos de transportes (R\$);

9. Cabe ressaltar que esse resultado está diretamente atrelado aos participantes que representam confederações, sindicatos, associações e outras agremiações semelhantes que se preocupam diretamente com os custos incidentes nos negócios de transportes, e seus efeitos na agricultura, indústria e outros setores produtivos.

Complementado as análises anteriores e considerando os resultados obtidos pela combinação global de todos os participantes (Figura 6.1) têm-se elementos para deduzir que os projetos (alternativas) que apresentarem as mais significativas reduções dos custos dos transportes “C1” passam a receber o maior valor de ponderação. Contudo, a sua classificação final em relação aos demais projetos analisados, depende dos valores combinados dos pesos que lhes sejam atribuídos nos demais critérios.

De forma análoga, no caso de projetos (alternativas) que apresentem as mais significativas reduções das interfaces ambientais “C6” passam a receber o menor valor de ponderação. A classificação dos mesmos depende, também, da combinação dos pesos que lhes sejam atribuídos nos demais critérios.

As demais dimensões de análises, retratadas pelos outros critérios, ou seja, “C2”, “C3”, “C4”, “C5” e “C7” apresentam valores de ponderações intermediários entre o “C1” e o “C6”, considerando uma ordenação dos maiores para os menores pesos, conforme descrito anteriormente para o resultado obtido e ilustrados pela Figura 6.1.

Independente das observações anteriores, descritas sobre alguns aspectos de validação sobre a convergência dos resultados combinados dos especialistas, quanto aos critérios de “*maior e menor valia*”, destaca-se que a principal análise da aplicação do AHP proposta neste trabalho, considera os resultados dos pesos combinados de todos os especialistas colaboradores, conforme ilustrado pela Figura 6.1.

Essa proposta visa considerar, conforme os conceitos estabelecidos no Capítulo 5, a maior diversidade possível de agentes na decisão de priorização dos investimentos em infraestrutura de transportes. Dessa forma, esses pesos passam a compor os valores que serão utilizados na análise principal dessa tese, na priorização das alternativas de soluções (projetos).

6.2. DENIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS

Conforme apresentado no Apêndice I desta Tese, tem-se como alternativas de soluções a serem ponderadas e hierarquizadas pela aplicação do AHP, com bases nos pesos dos critérios tratados no item anterior, aquelas que representem os projetos definidos pelo Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT, que serviu de base para a formação dos investimentos do Plano de Aceleração do Crescimento – PAC, na área de infraestrutura de transportes.

Tais projetos pertencem as macrozonas logísticas classificadas de Vetores Logísticos, conforme analisado anteriormente e detalhado também no Apêndice I. Esses vetores definem territórios, sendo estabelecidas pelo PNLT em número de sete, denominados de: Amazônico, Centro Norte, Nordeste Setentrional, Nordeste Meridional, Leste, Centro Sudeste, Sul (Apêndice I).

Considerando que a aplicação do AHP deve ocorrer com base em um conjunto de projetos definidos para um determinado território, optou-se por considerar a hierarquização e priorização dos projetos de infraestrutura de transportes, por Vetor Logístico, como uma condição primária para seleção, identificação e definição das alternativas de soluções.

Considera-se que a validação da proposição de aplicação do AHP definida nesta Tese não necessita da inclusão de todos os projetos de infraestrutura de transportes propostos no Brasil, nem mesmo de todos aqueles definidos no portfólio do PNLT.

A validação citada pode ser obtida pela aplicação do AHP em um território específico, regional, o que permite considerar ainda, que as condições socioeconômicas onde tais projetos se inserem possuem maior grau de semelhança e, portanto, seus resultados são convergentes nessa região.

Sendo aplicado para projetos de uma determinada região, após validação da proposição pela análise dos resultados, o mesmo pode ser replicado para outros conjuntos de projetos, inseridos e pertencentes a diferentes recortes geográficos territoriais. Nesse contexto, e utilizando-se das informações disponíveis do PNLT definem-se como alternativas de soluções para aplicação do AHP o conjunto de projetos de infraestrutura de transportes pertencentes e inseridos no espaço territorial definido pelo **Vetor Logístico Amazônico**.

6.2.1 Relevância do Vetor Logístico Amazônico

Alguns aspectos constantes dos atributos territoriais e socioeconômicos do Vetor Logístico Amazônico o diferem dos demais Vetores Logísticos, tais como:

- Em seu território concentra-se a quase totalidade do Bioma Amazônico, além de parte do Bioma Cerrado;
- No Estado do Mato Grosso, incluído no território do Vetor Logístico Amazônico, encontram-se as maiores áreas de produção de grãos, do cultivo de soja e milho produzidos anualmente no Brasil;
- Consta do Vetor Logístico com maior extensão de hidrovias qualificadas à navegação fluvial;
- Não possui sistema ferroviário implantado, diferente de todos os demais Vetores Logísticos;
- Em relação à densidade territorial viária possui o menor valor desse índice, em relação aos demais Vetores Logísticos;
- Concentra a maior quantidade de demarcações de terras indígenas e de proteção ambiental, neste caso, conforme estabelecido no Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC o que requer um especial cuidado com o Meio Ambiente;
- Região com baixa densidade populacional e, também, concentra uma elevada quantidade de municípios com Índices de Desenvolvimento Humano – IDH classificados como “*Baixo*” e “*Médio*”;
- Constituí-se do Vetor Logístico com maior tamanho territorial (3.373.815,25 km²)⁶, compreendendo aproximadamente, 39,62%⁷ do território brasileiro (Quadro 6.1)⁸;
- Possui condições, dados os investimentos, para tornar-se um dos territórios do Brasil pelo qual se mudaria os vetores de desenvolvimento e fluxos de transportes, principalmente para o comércio exterior, pela utilização de

⁶ Obtido por meio da base georreferenciada do PNLT, utilizada nesta Tese.

⁷ Obtido pela razão entre a área do vetor logístico indicada e a área total do território brasileiro.

⁸ Brasil tem uma área total de mais de 8.515.767 km² que inclui 8 460 415 km² de terra e 55 352 km² de água. Ocupando uma área territorial de pouco mais de 8.514.767 km² (incluindo as águas internas), o Brasil é o país mais extenso da América do Sul. É ainda o terceiro das Américas e o quinto do mundo: apenas a Rússia (com 17.075,400 km²), o Canadá (com 9.984.670 km²), a República Popular da China (com 9.596.960 km²) e os Estados Unidos (com Alasca e Havaí, 9.371.175 km²) têm maior extensão.

portos fluviais, particularmente das hidrovias Solimões, Amazonas e Tapajós (esta última caracterizada, nesta Tese, por uma alternativa de investimento);

Com base nesses aspectos, no desenvolvimento desta Tese, o Vetor Logístico Amazônico foi considerado com o maior grau de diversidade de informações que permitiram a execução da proposta de aplicação do AHP, considerando a sensibilidade dos projetos a todos os critérios definidos.

Quadro 6.1: Percentual do Vetor Logístico Amazônico no território brasileiro.

Densidade Territorial Rodoviária		
Área Vetor Logístico Amazônico	km ²	3.373.815,00
Área Território Brasileiro	km ²	8.515.767,00
Percentual Vetor Logístico Amazônico	%	39,62

Fonte: Base de dados georreferenciada do PNL T (MT, 2010).

Todas essas características não podem ser encontradas em todos os demais Vetores Logísticos. No caso do Vetor Logístico Leste, por exemplo, não ocorrem identificações de projetos hidroviários; no Vetor Logístico Sudeste, devido à sua antropização, principalmente de Estados como São Paulo, Minas Gerais e outros que o compõem com parte de seus territórios, apresentam uma quantidade de demarcações de terras indígenas e áreas de proteção ambiental (SNUC) bem inferior àquela encontrada no Vetor Logístico Amazônico. Essas características, todavia, não são impeditivos para a execução do procedimento proposto de aplicação do AHP. Contudo, justificam a escolha do Vetor Logístico Amazônico, devido a mais ampla sensibilidade dos projetos nele inseridos ao Critério “C6”.

No caso do primeiro exemplo, seria tratado um conjunto de projetos hierarquizados, sem poder considerar um projeto hidroviário, como alternativa de solução, o que se considera relevante conter nas análises dos resultados desta Tese.

No segundo caso, o Critério “C6” poderia ter uma baixa significância nas ponderações dos projetos, pois não haveriam diversificadas de interfaces com as áreas citadas, perdendo-se a oportunidade neste trabalho, de avaliar qual a sua importância no processo de hierarquização, o que é facilitado com o uso das informações dos projetos contidos no Vetor Logístico Amazônico.

Além disso, como em outras regiões do Brasil, no território do Vetor Logístico Amazônico a densidade territorial viária é uma das menores, em relação aos demais Vetores Logísticos e, portanto, uma das mais carentes de investimentos em infraestrutura de logística e transporte.

Por outro lado, ele possui, pela composição de suas hidrovias, e pelas características peculiares do Bioma Amazônico, necessidades especialíssimas quanto ao transporte, inter e multimodal, principalmente para o acesso a regiões de fronteira, e a necessidade de acessibilidade, mobilidade e segurança de uma considerável população que habita a região Amazônica.

Segundo as *Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário* (MT, 2010) o Brasil apresenta um imenso potencial para utilização da navegação fluvial, com 63 mil km de rios e lagos/lagoas, distribuídos em todo o território nacional. Deste total, mais de 40 mil km são potencialmente navegáveis. No entanto, a navegação comercial ocorre em pouco mais de 13 mil km, com significativa concentração na Amazônia, onde os rios não carecem de maiores investimentos e as populações não dispõem de muitas opções de modais terrestres.

Dessa forma, no desenvolvimento desta tese se formou uma opinião técnica e científica, quanto às citadas vantagens de execução do procedimento proposto para aplicação do AHP, com base na utilização dos projetos inseridos no Vetor Logístico Amazônico, após uma detalhada análise comparativa deste Vetor Logístico com os demais. Ressalta-se, contudo, que a execução do procedimento proposto em outro Vetor Logístico não traria prejuízos significativos a esta Tese. Conforme analisado e descrito anteriormente, poderia se perder a oportunidade de um teste com maior sensibilidade de alguns critérios estruturados para aplicação do AHP.

Considerando esses aspectos e definições que nortearam a tomada de decisão quanto à utilização de parte dos projetos inseridos no Vetor Logístico Amazônico, na definição de alternativas de soluções para aplicação do AHP, na sequência, são expostos maiores detalhes sobre a definição desses projetos e sua caracterização para a citada aplicação.

A identificação de projetos como alternativas de soluções, considera os conceitos, definições e condições de contorno para aplicação do procedimento proposto, conforme descrito no item 5.2, do Capítulo 5.

6.2.2 Identificação dos Projetos Definidos como Alternativas de Soluções

Com base nas descrições do item anterior, e considerando as justificativas já descritas quanto à definição da utilização de parte dos projetos (e suas respectivas informações) inseridos do Vetor Logístico Amazônico⁹, neste item são tratadas as peculiaridades de cada um desses projetos, analisados doravante, como alternativas de soluções, conforme estrutura estabelecida na Figura 5.3, constante do Capítulo 5.

Essa definição considera ainda que, com bases nos conceitos estabelecidos no também no Capítulo 5, na capacidade de se utilizar informações oficiais de investimentos em projetos de infraestrutura de transportes, e nos limites práticos (quantitativos) para priorização pelo AHP, optou-se por definir como alternativas de soluções os projetos rodoviários, ferroviários e hidroviários pertencentes ao Vetor Logístico Amazônico, e sob-responsabilidade executiva do Governo Federal. Tal definição considerou ainda que tais projetos foram concebidos pelo, visando, entre outros objetivos, a busca do “*equilíbrio da matriz modal de transporte de cargas*”, principalmente pelo incentivo da inter e multimodalidade no funcionamento do SNV.

A utilização dos projetos de infraestrutura de transportes do Vetor Logístico Amazônico como alternativas para aplicação do AHP considera um conjunto de 15 projetos (rodovias, ferrovias e hidrovias) cuja execução está a cargo do governo federal. Esses projetos são listados na Tabela 6.3. Essa quantidade de alternativas permite garantir, ainda, que o resultado da hierarquização ocorrerá com uma graduação cuja classificação em valores percentuais possa justificar de forma compatível, a importância de um projeto em relação aos outros.

Quando se promove a aplicação do AHP para hierarquização de um elevado número de projetos, os pesos percentuais atribuídos aos mesmos tendem a reduzir e aproximam-se, o que restringe a importância de uma alternativa em relação às demais, e prejudica a análise dos resultados da própria hierarquização em si.

Em suma, a aplicação do AHP encontra limitações quando se deseja hierarquizar uma quantidade de alternativas, cujos pesos finais que definem suas prioridades e servem para comparar a importância entre as mesmas tornam-se extremamente

⁹ Destaca-se que esse Vetor Logístico apresenta o menor número de projetos em relação aos outros.

“diluídos” pela própria quantidade de elementos a serem priorizados. Isso, contudo, não impede a aplicação em si, mas seus resultados, mesmo que matematicamente corretos, podem não gerar a devida expressividade da importância de um projeto em relação aos outros.

Tabela 6.3: Identificação dos projetos selecionados do Vetor Logístico Amazônico.

Nº	Modo	Código	UF(s)	Tipo	Descrição
001	R	A01_1	RO, AM	Implantação Construção	BR-319: Trecho Porto Velho/RO Manaus/AM.
002	R	A01_2	AC, RO	Construção Pavimentação Recuperação	BR-364: Interligação rodoviária entre Cruzeiro do Sul/AC – Sena Madureira/AC, Rio Branco/AC – Porto Velho/RO.
003	R	A01_3	PA	Construção Pavimentação	BR-230: Trecho Marabá (PA) - Altamira (PA) – Itaituba (PA), passando por Rurópolis – (PA). Itaituba/PA e Lábrea/AM. Humaitá/AM e Lábrea/AM
004	R	A01_4	AM	Implantação Construção	BR-317: Lábrea/AM e a Divisa AM/AC passando por Boca do Acre/AM
005	R	A01_5	RR	Pavimentação	BR-210: Trecho Entre Rios/RR até SJ. Baliza/RR
006	R	A01_6	MT, PA	Duplicação Constr./Pav. Recuperação	BR-163: Trecho Garantã do Norte/MT - Santarém/PA. Trecho Sinop/MT - Matupá/MT, Recuperação.
007	R	A01_7	MT	Construção Pavimentação	BR-174: Trecho entre Juína/MT - Aripuanã/MT. Trecho Próximo ao Km-20, na Divisa RO/MT.
008	R	A01_8	MT	Pavimentação	BR-242: Trecho Ribeirão Cascalheira/MT (BR-158) - Sorriso/MT (BR-163).
009	R	A01_9	RO	Pavimentação	BR-429: Trecho entre o entroncamento BR-364/BR-429 - Costa Marques/RO.
010	R	A01_10	RR	Pavimentação	BR-401/432: Bonfim/RR - Normandia/RR.
011	R	A01_11	RR	Construção Pavimentação	BR-433: Trecho entre o entroncamento BR-433/BR-174 - Sumuru/RR.
012	R	A01_12	MT	Construção Pavimentação	BR-364: trecho Diamantino/MT – Sapezal/MT – Comodoro/MT – Campo Novo do Parecis/MT.
013	R	A01_13	RR	Pavimentação	BR-431: trecho de Santa Maria/RR até Jundiá/RR, (Rorainópolis/RR)
014	F	A02_1	MT, RO, AC	Construção	EF-354: Litoral Norte Fluminense/RJ - Muriaé/MG - Ipatinga/MG - Paracatu/MG - Brasília/DF - Uruaçu/GO - Cocalinho/MT - Ribeirão Cascalheira/MT - Lucas do Rio Verde/MT Vilhena/RO - Porto Velho/RO - Rio Branco/AC - Cruzeiro do Sul/AC - Fronteira Brasil-Peru (Boqueirão da Esperança/AC).
015	H	A03_1	MT, PA.	Implantação	Ligação hidroviária: Teles Pires e Tapajós, do norte do estado de Mato Grosso até Santarém/PA.

O mesmo princípio de aplicação ocorreu em relação à quantidade de critérios a serem utilizados pelo AHP. Caso se tivesse optado por uma quantidade muito elevada de critérios e/ou subcritérios, a obtenção da ponderação dos especialistas nos pesos pareados entre os mesmos, seria prejudicada pelos mesmos princípios descritos em relação às alternativas, ou seja, não gerar a devida expressividade da importância de um critério em relação aos demais.

Com relação aos projetos listados na Tabela 6.3, a responsabilidade de suas execuções está a cargo do Governo Federal, conforme citado anteriormente e formam um conjunto de projetos tratados sob uma mesma metodologia, ou seja, a utilizada pelo PNLT (MT, 2009); possuem características físicas e operacionais semelhantes (projetos lineares); trata-se de projetos do tipo: “implantação” e “construção”, portanto, que geram resultados “*transformadores*” da rede viária existente; estruturados em uma mesma base de dados georreferenciada, com um tratamento técnico padrão e; o mais importante: visa atender, com as suas respectivas implantações, a um mesmo objetivo, ou seja, o “*equilíbrio da matriz modal de transporte de cargas*” (também citado anteriormente).

Assim, formou-se um conjunto de projetos, nos quais 13 deles pertencem ao modo rodoviário, um ao modo ferroviário e um ao hidroviário. Sobre esse aspecto, cabe ressaltar que, o modo rodoviário apresenta o maior número de projetos previstos no portfólio do PNLT, tanto na versão de 2007, como na versão de 2010, tanto para o Vetor Logístico Amazônico, assim como em todos os demais vetores.

Por outro lado, existe apenas uma indicação de projetos do modo ferroviário no portfólio do Vetor Logístico Amazônico (em cada uma das versões). Em um território que inexistente esse tipo de transporte, esse projeto apresenta-se com especial importância à região definida por esse Vetor Logístico.

No caso da hidrovia, trata-se da qualificação para navegação pelo sistema Teles Pires – Tapajós. Esse projeto insere-se no maior sistema hidroviário em funcionamento no Brasil. Contudo, no caso deste projeto em particular, a sua inserção promoveria uma significativa redução dos custos de transportes, pela inclusão da opção de navegação fluvial no norte do Estado de Mato Grosso, uma das áreas mais produtivas do cultivo da soja brasileira.

Permitiria, entre outros benefícios, a saída da soja por portos fluviais como os instalados no Município de Santarém/PA, promovendo uma redução de pelo menos 1.500 km nas distâncias das áreas de produção à zona de embarque, para a parcela de soja destinada ao comércio exterior, se comparado com os atuais trajetos, que buscam a logística dos portos de Santos (SP), Paranaguá (PR) e São Francisco (SC), bem como a navegação pelo Rio Madeira, por meio do porto fluvial localizado no Município de Porto Velho/RO, e cuja predominância desse transporte, para qualquer um desses destinos portuários, atualmente é executado por caminhões.

Outra motivação para se optar pelo uso dos projetos do Vetor Logístico Amazônico - conforme estabelecido anteriormente - trata-se da avaliação de projetos em um território onde o Bioma Amazônico está presente em sua maior parte. Esse elemento inclui na análise dos resultados a serem obtidos considerando a possibilidade de se avaliar como fator relevante, a questão do desenvolvimento da infraestrutura de transporte, em uma região cuja preservação do seu ecossistema apresenta uma considerável importância para o Brasil e o Mundo.

Nesse contexto, ao serem definidas como alternativas de soluções para aplicação do AHP, os projetos de infraestrutura de transportes do Vetor Logístico Amazônico, incluí-se, implicitamente, nos resultados dessa aplicação, a questão dos limites a serem impostos a tal desenvolvimento, em face do Bioma onde tais projetos se inserem. Tem-se com isso, ainda, uma ampliada possibilidade de avaliação em relação do parâmetro “*Interface Ambiental*”, pelo fato do território definido por esse vetor conter um considerável número de demarcações de áreas de proteção ambiental e terras indígenas.

Essa escolha permite avaliar com maior probabilidade de eventos, como tais demarcações se relacionam com os projetos selecionados e definidos como alternativas de soluções para aplicação do AHP. Por outro aspecto, no território do Vetor Logístico Amazônico, encontra-se também o Bioma Cerrado, e nele - na porção norte do Estado de Mato Grosso, uma das maiores áreas de produção de grãos sólidos vegetais, destacando-se a cultura da soja e do milho, que carecem de investimentos em infraestrutura de transportes para reduções dos seus custos de movimentação, principalmente, aqueles direcionados para o comércio exterior. Assim, ao mesmo tempo em que se tem a questão da preservação ambiental com interesses de âmbito internacional, tem-se simultaneamente, uma expressiva necessidade de investimentos para reduções dos custos de transportes, de considerável parcela da produção agrícola brasileira.

Além da soja e do milho, diversas outras produções do agronegócio relevantes para o Produto Interno Bruto do Brasil são produzidas no território do Vetor Logístico Amazônico. Nesse mesmo território, por consequência de atendimento à sociedade nela incluída e as suas produções agrícolas citadas, ocorre o consumo de diversas mercadorias, inclusive insumos para a própria cultura da soja e do milho. Carente de transporte ferroviário, o Vetor Logístico Amazônico apresenta, por esse aspecto, uma propriedade relevante, que acrescenta elementos no processo de avaliação dos resultados de hierarquização das prioridades de investimentos dos seus projetos de infraestrutura de transportes.

Além disso, esse vetor possui uma densidade territorial viária (englobando rodovia, ferrovia e hidrovia) consideravelmente inferior às demais sistemas viários, inseridos nos outros Vetores Logísticos. A utilização do Vetor Logístico Amazônico permite, ainda, avaliar como uma maior intensidade, tratada pelo parâmetro “*Oferta de Transporte Regional*” e “*Integração Modal*”, possuem relevância em relação aos projetos hierarquizados desse vetor. Com relação à questão do desenvolvimento social, semelhante ao que ocorre em outros Vetores Logísticos, principalmente aqueles que se enquadram nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, no território do Vetor Logístico Amazônico encontram-se diversos municípios com Índices de Desenvolvimento Humano – IDH considerados em uma classificação como “*baixo*” ou “*médio*”, o que permite também, explorar a questão do parâmetro “*Desigualdades Regionais*”, e o comportamento das hierarquizações dos projetos em relação ao mesmo.

No tocante ao parâmetro “*Emissão de Poluentes Atmosféricos*” o Vetor Logístico Amazônico e os demais, possuem as mesmas características quanto à avaliação deste em relação à hierarquização dos projetos, sendo, contudo, relevante considerar o fato deste vetor possuir como predominância para o transporte de cargas a hidrovia, além de se propor, como 15º projeto, conforme Tabela 6.3, a implantação e da navegação na Hidrovia Teles Pires - Tapajós. Pela comparação das informações “*em negrito*” do Quadro 6.2 (*R = rodoviário, F = Ferroviário e H = Hidroviário*) com aquelas do Quadro 6.3 pode-se avaliar que a transformação da rede rodoviária, ferroviária e hidroviária são consideravelmente significativas, em relação às respectivas extensões atuais dessas redes. Tratam-se, portanto, dos principais projetos indicados pelo PNL T para investimentos no Vetor Logístico Amazônico e que passam a serem considerados como alternativas para aplicação do procedimento proposto.

Quadro 6.2: Extensões quilométricas dos projetos selecionados.

Alternativa (Código)	Modo	km
<i>A01_1</i>	R	826,19
<i>A01_2</i>	R	984,02
<i>A01_3</i>	R	2.744,82
<i>A01_4</i>	R	442,20
<i>A01_5</i>	R	57,00
<i>A01_6</i>	R	1.080,78
<i>A01_7</i>	R	255,70
<i>A01_8</i>	R	458,29
<i>A01_9</i>	R	338,07
<i>A01_10</i>	R	185,24
<i>A01_11</i>	R	25,00
<i>A01_12</i>	R	716,52
<i>A01_13</i>	R	143,00
<hr/>		
<i>A02_1</i>	F	3.009,83
<hr/>		
<i>A03_1</i>	H	988,04
<hr/>		
TOTAL		12.254,70

Fonte: Portfólio de Projetos do PNLT (MT, 2010).

Quadro 6.3: Extensões quilométricas das redes viárias inseridas no Vetor Logístico Amazônico.

Vetor Logístico Amazônico	Modo	Km
Extensão da Rede Pavimentada	R	9.605,96
<hr/>		
Extensão da Rede Ferroviária	F	0,00
<hr/>		
Extensão da Rede Hidroviária	H	*9.932,00
<hr/>		
TOTAL		19.537,96

Fonte: Base de dados georreferenciada do PNLT (MT, 2010).

* Detalhamento desta extensão é apresentado, mais adiante, no Quadro 6.7.

6.3. ANÁLISES E PONDERAÇÕES DAS ALTERNATIVAS

O peso de cada critério atribuído diretamente a uma alternativa selecionada (projeto definido), conforme conceituado no Capítulo 5, trata-se de um atributo implícito à mesma (ao próprio projeto). Nas alternativas, esses critérios já possuem valores diretos, diferentes para cada alternativa selecionada, devido às características próprias de cada uma delas (características de cada projeto definido para aplicação do AHP).

Dessa forma, seguindo a proposta de aplicação do AHP, não há necessidade dos especialistas ponderarem os pesos dos critérios em cada alternativa selecionada para hierarquização. Esses pesos já são atributos delas, os quais devem ser utilizados em seus valores da forma direta, e depois normalizados.

Como exemplo, no caso do Critério “C6”, “Redução das Interfaces Ambientais”, a distribuição linear dos projetos rodoviários, ferroviários e hidroviários selecionados como alternativas para aplicação do AHP possuem interfaces com áreas de demarcação destinadas à proteção ambiental e/ou terras indígenas. Essa interseção pode ser medida em quilômetros, e neste caso, tem-se a extensão de cada interseção, para cada projeto, e com isso, para cada alternativa. Para cada um dos critérios definidos, os valores (pesos) atribuídos diretos aos mesmos, em cada alternativa, dependem das adequadas tratativas matemáticas para sua apropriação.

Conforme Tabela 6.3, dotando-se de códigos os projetos para representar as alternativas, tem-se uma forma mais sintética de tratá-las ao longo desta tese, pela aplicação no AHP via *software Expert Choice*, bem como para sua identificação principal na base de dados do PNLT utilizada neste trabalho. Simplificando as informações da Tabela 6.3, na Tabela 6.4 são descritas as relações dos projetos definidos como alternativas e seus respectivos códigos.

Com a Tabela 6.4 estrutura-se a Tabela 6.5, visando à identificação direta dos valores (pesos) de cada critério em cada alternativa selecionada para aplicação do AHP.

Tabela 6.4: Sigla de identificação dos Projetos.

Código	Descrição
<i>A01_1</i>	<i>BR-319: Trecho Porto Velho/RO Manaus/AM.</i>
<i>A01_2</i>	<i>BR-364: Interligação rodoviária entre Cruzeiro do Sul/AC – Sena Madureira/AC, Rio Branco/AC – Porto Velho/RO.</i>
<i>A01_3</i>	<i>BR-230: Trecho Marabá (PA) - Altamira (PA) – Itaituba (PA), passando por Rurópolis – (PA). Itaituba/PA e Lábia/AM. Humaitá/AM e Lábia/AM</i>
<i>A01_4</i>	<i>BR-317: Lábia/AM e a Divisa AM/AC passando por Boca do Acre/AM</i>
<i>A01_5</i>	<i>BR-210: Trecho Entre Rios/RR até S.J. Baliza/RR</i>
<i>A01_6</i>	<i>BR-163: Trecho Guarantã do Norte/MT - Santarém/PA. Trecho Sinop/MT - Matupá/MT, Recuperação.</i>
<i>A01_7</i>	<i>BR-174: Trecho entre Juína/MT - Aripuanã/MT. Trecho Próximo ao Km-20, na Divisa RO/MT.</i>
<i>A01_8</i>	<i>BR-242: Trecho Ribeirão Cascalheira/MT (BR-158) - Sorriso/MT (BR-163).</i>
<i>A01_9</i>	<i>BR-429: Trecho entre o entroncamento BR-364/BR-429 - Costa Marques/RO.</i>
<i>A01_10</i>	<i>BR-401/432: Bonfim/RR - Normandia/RR.</i>
<i>A01_11</i>	<i>BR-433: Trecho entre o entroncamento BR-433/BR-174 - Sumuru/RR.</i>
<i>A01_12</i>	<i>BR-364: trecho Diamantino/MT – Sapezal/MT – Comodoro/MT – Campo Novo do Parecis/MT.</i>
<i>A01_13</i>	<i>BR-431: trecho de Santa Maria/RR até Jundiá/RR, (Rorainópolis/RR)</i>
<i>A02_1</i>	<i>EF-354: Litoral Norte Fluminense/RJ - Muriaé/MG - Ipatinga/MG - Paracatu/MG - Brasília/DF - Uruaçu/GO - Cocalinho/MT - Ribeirão Cascalheira/MT - Lucas do Rio Verde/MT Vilhena/RO - Porto Velho/RO - Rio Branco/AC - Cruzeiro do Sul/AC - Fronteira Brasil-Peru (Boqueirão da Esperança/AC).</i>
<i>A03_1</i>	<i>Ligação hidroviária: Teles Pires e Tapajós, do norte do estado de Mato Grosso até Santarém/PA.</i>

Os pesos normalizados e identificados conforme a notação apresenta na Tabela 6.5 são aqueles que se prestam, na aplicação do AHP, pelo uso do *software Expert Choice*, como os valores diretos que podem ser atribuídos em relação a cada critério para cada alternativa de solução, e com os quais se obtém a hierarquização final para todas as alternativas consideradas, conforme estruturado na Tabela 5.8, definida no Capítulo 5.

Tabela 6.5: Estrutura de identificação dos valores (pesos) dos critérios em cada alternativa.

Código	Redução dos Custos de Transportes	Taxa Interna de Retorno Econômico	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Redução das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos
	\$	<i>TIR</i> (% Benefícios econômicos)	<i>u.n.</i> <i>Term. Integração</i>	% (<i>m/km²</i>)	<i>IDH</i>	<i>km</i>	<i>ton./m³ CO₂ (tCO₂)</i>
<i>A01_1</i>	$\chi_{1,1}$	$\chi_{1,2}$	$\chi_{1,3}$	$\chi_{1,4}$	$\chi_{1,5}$	$\chi_{1,6}$	$\chi_{1,7}$
<i>A01_2</i>	$\chi_{2,1}$	$\chi_{2,2}$	$\chi_{2,3}$	$\chi_{2,4}$	$\chi_{2,5}$	$\chi_{2,6}$	$\chi_{2,7}$
<i>A01_3</i>	$\chi_{3,1}$	$\chi_{3,2}$	$\chi_{3,3}$	$\chi_{3,4}$	$\chi_{3,5}$	$\chi_{3,6}$	$\chi_{3,7}$
<i>A01_4</i>	$\chi_{4,1}$	$\chi_{4,2}$	$\chi_{4,3}$	$\chi_{4,4}$	$\chi_{4,5}$	$\chi_{4,6}$	$\chi_{4,7}$
<i>A01_5</i>	$\chi_{5,1}$	$\chi_{5,2}$	$\chi_{5,3}$	$\chi_{5,4}$	$\chi_{5,5}$	$\chi_{5,6}$	$\chi_{5,7}$
<i>A01_6</i>	$\chi_{6,1}$	$\chi_{6,2}$	$\chi_{6,3}$	$\chi_{6,4}$	$\chi_{6,5}$	$\chi_{6,6}$	$\chi_{6,7}$
<i>A01_7</i>	$\chi_{7,1}$	$\chi_{7,2}$	$\chi_{7,3}$	$\chi_{7,4}$	$\chi_{7,5}$	$\chi_{7,6}$	$\chi_{7,7}$
<i>A01_8</i>	$\chi_{8,1}$	$\chi_{8,2}$	$\chi_{8,3}$	$\chi_{8,4}$	$\chi_{8,5}$	$\chi_{8,6}$	$\chi_{8,7}$
<i>A01_9</i>	$\chi_{9,1}$	$\chi_{9,2}$	$\chi_{9,3}$	$\chi_{9,4}$	$\chi_{9,5}$	$\chi_{9,6}$	$\chi_{9,7}$
<i>A01_10</i>	$\chi_{10,1}$	$\chi_{10,2}$	$\chi_{10,3}$	$\chi_{10,4}$	$\chi_{10,5}$	$\chi_{10,6}$	$\chi_{10,7}$
<i>A01_11</i>	$\chi_{11,1}$	$\chi_{11,2}$	$\chi_{11,3}$	$\chi_{11,4}$	$\chi_{11,5}$	$\chi_{11,6}$	$\chi_{11,7}$
<i>A01_12</i>	$\chi_{12,1}$	$\chi_{12,2}$	$\chi_{12,3}$	$\chi_{12,4}$	$\chi_{12,5}$	$\chi_{12,6}$	$\chi_{12,7}$
<i>A01_13</i>	$\chi_{13,1}$	$\chi_{13,2}$	$\chi_{13,3}$	$\chi_{13,4}$	$\chi_{13,5}$	$\chi_{13,6}$	$\chi_{13,7}$
<i>A02_1</i>	$\chi_{14,1}$	$\chi_{14,2}$	$\chi_{14,3}$	$\chi_{14,4}$	$\chi_{14,5}$	$\chi_{14,6}$	$\chi_{14,7}$
<i>A03_1</i>	$\chi_{15,1}$	$\chi_{15,2}$	$\chi_{15,3}$	$\chi_{15,4}$	$\chi_{15,5}$	$\chi_{15,6}$	$\chi_{15,7}$

No Quadro I.2 do Apêndice I desta Tese encontram-se estruturada de forma detalhada, as relações de identificação e codificação dos projetos definidos como alternativas selecionadas para aplicação do AHP, bem como os valores (pesos) dos atributos diretos de cada um dos critérios, em cada uma delas, além de outras informações, ampliando-se, assim, a Estrutura da Tabela 6.5.

Os valores representados pelas notações descritas na Tabela 6.5, que representam os pesos normalizados dos critérios em cada projeto, dependem dos seus respectivos valores, e para tanto, demandou esforços técnicos na manipulação da base de dados do PNLT, entre outras informações. A Figura 6.6 ilustra os projetos definidos como alternativas para aplicação do AHP, com base na utilização da base de dados do PNLT, pelo uso do *software TransCAD*. Pelas informações georreferenciadas desses projetos foi possível extrair os valores atribuídos neles para cada um dos critérios de hierarquização tratados pelo procedimento proposto.

Tratam-se dos 15 projetos, envolvendo os modos rodoviário, ferroviário e hidroviário, estabelecidos no portfólio do PNLT, para o Vetor Logístico Amazônico, sob-responsabilidade direta de execução pelo Governo Federal. Os projetos indicados pelo PNLT, mas sob responsabilidade executiva dos Governos Estaduais não fazem parte dos projetos definidos como alternativas de soluções para aplicação do AHP.



Figura 6.6: Espacialização territorial dos projetos definidos como alternativas.

Fonte: Base de dados georreferenciada do PNLT (MT, 2010).

Com os valores dos pesos normalizados, para cada critério, em cada projeto definido como alternativa de solução se utilizou o *software Expert Choice*. Para inserir tais pesos normalizados foi elaborada uma tabela com base na estrutura da Tabela 6.5. Com base na ilustração da Figura 6.6 e nas informações do Quadro 6.2 e 6.3, tem-se:

- No modo ferroviário, tem-se uma ampliação significativa ao inserir no território do Vetor Logístico Amazônico mais de 3.000 km de ferrovias, sendo que atualmente inexistente esse tipo de infraestrutura nessa área;
- dessa forma, a densidade territorial do sistema ferroviário no Vetor Logístico Amazônico sai de 0,0 m/km² para 0,8921 m/km², ligando à Fronteira do Brasil com a Colômbia, pelo Estado do Acre, em direção à ferrovia EF-151, denominada Norte Sul, no Estado de Goiás;
- na prática, essa ferrovia interligaria o sistema portuário fluvial da capital Porto Velho/RO, que dá acesso à navegação já existente no Rio Madeira, em direção aos terminais estabelecidos no Rio Amazonas;
- concorrendo e/ou complementando uma opção de transporte nessa diretriz, a BR-319/RO/AM, também liga Porto Velho/RO à Manaus/AM;
- a rodovia BR-364/AC/RO segue paralelo à EF-354, nos estados de Rondônia (Porto Velho) e Acre (até a fronteira com a Colômbia). Tal como no caso da BR-319/RO/AM, esse trecho da BR-364/AC/RO apresenta-se como uma opção corrente e/ou complementar para o transporte de cargas em relação à EF-364;
- nesse caso, tem-se a oportunidade de promover interligações modais “rodo-ferro” ao longo desse trecho, entre essa rodovia e ferrovia, não somente até Porto Velho/RO, mas por toda a extensão da BR-364AC/RO/MT;
- a interligação da EF-354 com as rodovias BR-364AC/RO/MT e BR-163/MT, também permite uma significativa ampliação “rodo-ferro”, tanto no sentido leste como oeste, ampliando, assim, o sistema de transporte no território do Vetor Logístico Amazônico, com as demais áreas do Brasil;
- se implantada na íntegra, a EF-354 permitiria a ligação do norte Fluminense, no Estado do Rio de Janeiro à Fronteira do Brasil com o Peru, pelo Estado do Acre, como dito antes, sendo relevante, contudo, a instalação de meios operacionais ferroviários para que produções da Região Centro-Oeste, e particularmente do Estado do Mato Grosso, utilizassem os portos marítimos da costa fluminense;
- no caso da implantação da Hidrovia Teles Pires Tapajós, a sua operação

promoveria, para a produção agrícola de considerável área do Estado de Mato Grosso, uma inversão do vetor de desenvolvimento, principalmente para as culturas da soja e do milho, que passariam a utilizar, no caso da parcela de produção destinada ao comércio exterior, o Porto de Santarém/PA;

- essa diretriz de movimentação de cargas poderia, ainda, ser utilizada por meio da rodovia BR-163/MT/PA, contribuindo para interligação até Belém, pela rodovia BR-230/PA;
- os demais projetos, definidos como alternativas possuem relações diretas com a ferrovia e/ou hidrovía citada, ou ainda, tem finalidades de atendimento à acessibilidade e mobilidade territorial específica, principalmente na circulação entre municípios inseridos no Bioma Amazônico, como o caso das rodovias: BR-317/AM, BR-401/RR, BR-432/RR e BR-433/RR.

Assim, definidos os projetos que representam as alternativas de soluções selecionadas para aplicação do procedimento proposto, conforme Tabela 6.3 e 6.4 pode-se passar a identificação dos valores dos pesos atribuídos a cada uma delas, para cada um dos critérios utilizados nesta aplicação do *AHP*.

6.3.1 Redução dos Custos de Transportes – C1

Conforme definido no Capítulo 5, esse critério trata da redução quantitativa em valores monetários, resultante da implantação de um determinado projeto de infraestrutura de transporte. As reduções dos custos de transportes por toneladas tratam-se daquelas diretamente ocorridas como benefício financeiro aos usuários do sistema de transporte, logo após esse sistema receber algum tipo de investimento que, em si, promova alguma transformação ao ponto de refletir na redução das tarifas e/ou fretes praticados por mercadorias.

Por outro lado, elas estão associadas às reduções dos custos operacionais, com também à transferência do transporte rodoviário para o transporte ferroviário ou hidroviário. Essas reduções possuem tanto o aspecto financeiro, diretamente afeto aos utilizadores das vias, como o aspecto econômico, que trata dos ganhos conjuntos auferidos pelos utilizadores, que possuem caráter de benefício econômico, na visão governamental, que aporta recursos públicos para se efetuar tais investimentos.

A forma mais detalhada de se obter essas reduções de custos consta de avaliar os resultados da modelagem de transportes do PNL T. Isso se dá considerando a situação da

movimentação da matriz de cargas em toneladas, antes e depois da inclusão de cada projeto. Com esse processo as modelagens do PNLT obtêm-se os seus resultados e as indicações de quais projetos de infraestrutura devem ser considerados como relevantes para investimentos, a cada período de quatro em quatro anos (MT, 2010). Dessa forma, para atender à identificação dos valores de benefícios financeiros e econômicos que permitissem caracterizar cada uma das alternativas selecionadas para aplicação do *AHP*, conforme os projetos de infraestrutura que a compuseram, utilizou-se dos resultados inseridos na base de dados do PNLT.

Para tanto, fez-se necessário contar com a cortesia da empresa de consultoria, LOGIT CONSULTORIA LTDA, que auxiliou a extração dos dados necessários para essa caracterização.

Essa empresa possui tal prerrogativa, pois à época da elaboração do PNLT, nas suas três primeiras fases ficou responsável por esse processo e, portanto, possui facilidades técnicas para tratar da identificação descrita (MT, MD, 2007, 2009). Essa facilidade está associada à empresa ter desenvolvido e ser proprietária do *software MANTRA* – um aplicativo específico elaborado para facilitar a aplicação do modelo de Quatro Etapas – utilizado com base em interfaces com o *software TransCAD*, considerando as matrizes de produção e consumo do PNLT.

Assim, a cortesia dessa empresa em colaborar com esta Tese, permitiu extrair as informações contidas no Quadro 6.4. Com esses valores de benefícios pode-se normalizá-los e inseri-los no *software Expert Choice* como pesos diretos deste critério em cada um dos projetos definidos como alternativas. Visando facilitar o tratamento dessas informações, considerando que se trata de um trabalho científico para validação de uma proposição metodológica, optou-se por assumir os valores de benefícios auferidos em cada projeto, para o ano de 2023¹⁰, horizonte inicialmente proposto para planejamento elaborado e definido pelo Ministério dos Transportes – MT no PNLT.

As informações da base de dados do PNLT, extraídas por meio do *software MANTRA*, com o apoio da empresa LOGIT CONSULTORIA LTDA, para cada um dos segmentos de via que compõem os projetos do portfólio do plano, definidos e caracterizados como as alternativas de soluções utilizadas aqui para fins de aplicação do

¹⁰ Essa premissa vale para os valores dos pesos dos demais critérios em cada alternativa.

AHP permitiu que fossem identificados os benefícios em milhões de reais (MM R\$), para cada ano do horizonte de projeto estabelecido nesse plano.

Quadro 6.4: Reduções de custos financeiros e econômicos – Benefícios, PNLT, 2023.

Alternativa (Código)	Modo	MM R\$	MM R\$ (Acumulado)	Ano de início de operação considerado na simulação*
<i>A01_1</i>	R	2.887,00	2.887,00	2015
<i>A01_2</i>	R	24,00	2.911,00	2011
<i>A01_3</i>	R	600,00	3.511,00	2011
<i>A01_4</i>	R	2,00	3.513,00	A partir de 2023
<i>A01_5</i>	R	1,00	3.514,00	A partir de 2023
<i>A01_6</i>	R	560,00	4.074,00	2011
<i>A01_7</i>	R	4,00	4.078,00	2015
<i>A01_8</i>	R	7.045,00	11.123,00	2015
<i>A01_9</i>	R	0,00	11.123,00	2015
<i>A01_10</i>	R	0,00	11.123,00	A partir de 2023
<i>A01_11</i>	R	0,00	11.123,00	A partir de 2023
<i>A01_12</i>	R	80,00	11.203,00	2011
<i>A01_13</i>	R	0,00	11.203,00	A partir de 2023
<i>A02_1</i>	F	6.410,80	17.613,80	2011
<i>A03_1</i>	H	154,00	17.767,80	2011
		TOTAL	17.767,80	-

Fonte: Base de dados Georreferenciada do PNLT (MT, 2010)

* Aquele projeto cuja simulação apresentou um resultado de inviabilidade econômica e financeira foi adotado como início da implantação o período após o ano de 2023 (pós-2023).

Dessas informações, optou-se por se utilizar na aplicação desta tese, os benefícios econômicos (MM R\$) do ano de 2023, último ano desse horizonte, considerado na primeira versão do PNLT. Essa opção partiu tratar o total de projetos descritos no portfólio do mesmo, sendo que nem todos tiveram seus inícios de implantação ao mesmo tempo qualquer outra opção excluiria a possibilidade de alguns projetos serem avaliados para seleção e definição de alternativas à aplicação do procedimento proposto. Dessa forma, pode-se elaborar a Tabela 6.6, pelo qual se

promove a normalização dos valores (pesos) atribuídos a cada alternativa, visando, com isso, obter as ponderações que serão incluídas diretamente no *software Expert Choice*.¹¹

Tabela 6.6: Valor do benefício financeiro e econômico por alternativa selecionada.

Alternativa (Código)	MM R\$	Normalizado	
		(R\$/R\$ _{Max})	$\frac{(R\$/R\$_{Max})}{\sum \% (R\$/R\$_{Max})}$
A01_1	2.887,00	0,4098	0,1625
A01_2	24,00	0,0034	0,0014
A01_3	600,00	0,0852	0,0338
A01_4	2,00	0,0003	0,0001
A01_5	1,00	0,0001	0,0000
A01_6	560,00	0,0795	0,0315
A01_7	4,00	0,0006	0,0002
A01_8	7.045,00*	1,0000	0,3965
A01_9	0,00	0,0000	0,0000
A01_10	0,00	0,0000	0,0000
A01_11	0,00	0,0000	0,0000
A01_12	80,00	0,0114	0,0045
A01_13	0,00	0,0000	0,0000
A02_1	6.410,80	0,9100	0,3608
A03_1	154,00	0,0219	0,0087
$\sum (R\$/R\$_{Max})$		2,5221	Pesos CI

* Máximo valor, R\$_{Max} = 7.045,00

Com esses quantitativos, que representam os “*Pesos CI*” tem-se o valor direto do critério “*CI*” em cada alternativa selecionada para aplicação pela inserção direta no AHP, por meio do *software Expert Choice*.

¹¹ O padrão da Tabela 6.6 é adotado e repetido, para os demais critérios.

6.3.2 Ampliação da Taxa Interna de Retorno – C2

Para inserir de forma direta no AHP os quantitativos desse critério, de cada projeto definido como alternativa selecionada utiliza-se a base de dados georreferenciada e as informações contidas no portfólio executivo do PNLT. Assim, a Tabela 6.7 apresenta os valores normalizados deste critério.

Tabela 6.7: Valor da TIR por alternativa selecionada.

Alternativa (Código)	TIR (%)	Normalizado	
		(TIR/TIR_{Max})	$\frac{(TIR/TIR_{Max})}{\sum \% (TIR/TIR_{Max})}$
<i>A01_1</i>	6,0	0,250	0,0517
<i>A01_2</i>	6,0	0,250	0,0517
<i>A01_3</i>	8,0	0,333	0,0690
<i>A01_4</i>	0,0	0,000	0,0000
<i>A01_5</i>	0,0	0,000	0,0000
<i>A01_6</i>	12,0	0,500	0,1035
<i>A01_7</i>	6,0	0,250	0,0517
<i>A01_8</i>	24,0*	1,000	0,2069
<i>A01_9</i>	0,0	0,000	0,0000
<i>A01_10</i>	0,0	0,000	0,0000
<i>A01_11</i>	0,0	0,000	0,0000
<i>A01_12</i>	6,0	0,250	0,0517
<i>A01_13</i>	0,0	0,000	0,0000
<i>A02_1</i>	24,0	1,000	0,2069
<i>A03_1</i>	24,0	1,000	0,2069
$\sum (TIR/TIR_{Max})$		4,833	Pesos C2

* Máximo valor, $TIR_{Max} = 24,0$

Com esses quantitativos, que representam os “*Pesos C2*” tem-se o valor direto do critério “C2” em cada alternativa selecionada para aplicação direta no AHP.

6.3.3 Ampliação da Integração Modal – C3

Para que possam ser extraídos dos atributos de cada projeto os quantitativos referentes aos valores do critério “C3”, que trata da integração modal (numero de novos pontos intermodais promovidos pela inserção do projeto) utilizou-se a rede multimodal, georreferenciada do PNLT, destacando-se, especificamente, os projetos definidos como alternativas selecionadas no Vetor Logístico Amazônico, para aplicação do procedimento proposto desta Tese. A decisão sobre a quantidade de interseções em cada alternativa de solução foi executado com base em uma avaliação visual das interfaces de cada um dos projetos definidos no Vetor Logístico Amazônico com a rede multimodal existente no seu território, cujo resultado resumo consta da Tabela 6.8.

Tabela 6.8: Distribuição tipológica dos Pontos de Integração por alternativa selecionada.

Alternativa (Código)	Rodo-Ferro	Rodo-Hidro	Ferro-Hidro	Total
<i>A01_1</i>	1	2	-	3
<i>A01_2</i>	5	2	-	7
<i>A01_3</i>	-	3	-	3
<i>A01_4</i>	1	3	-	4
<i>A01_5</i>	0	0	-	0
<i>A01_6</i>	1	1	-	2
<i>A01_7</i>	1	0	-	1
<i>A01_8</i>	2	0	-	1
<i>A01_9</i>	1	0	-	1
<i>A01_10</i>	0	1	-	1
<i>A01_11</i>	0	0	-	0
<i>A01_12</i>	0	0	-	0
<i>A01_13</i>	0	1	-	1
<i>A02_1</i>	10	-	3	13
<i>A03_1</i>	-	6	0	6

Adotou-se como definição para os principais tipos de integração que poderiam ser promovidas pelos projetos citados, os seguintes: “*rodoviário-ferroviário*”, “*rodoviário-hidroviário*” e “*ferroviário-hidroviário*”. Com base nessas informações foi gerada a Tabela 6.9. Com isso, e independente de quais tipos de integração intermodal sejam promovidas, o parâmetro relevante consta de quantos desses pontos de integração ocorrem em cada uma dessas alternativas.

Com isso, tem-se, por alternativa selecionada para aplicação do AHP, um valor pertencente aos conjuntos dos números Naturais, positivos: ($C3 \in \mathbb{N}^+$), conforme informações da coluna “*Total*” da Tabela 6.8, repetida na composição da Tabela 6.9. Os tipos de integrações intermodais definidas, quando somados, informam o total de pontos de integrações adotado como contribuição de cada projeto definido como alternativa de solução para aplicação do AHP.

Tabela 6.9: Quantidade de Pontos de Integração por alternativa selecionada.

Alternativa (Código)	Integração Modal (u.n.)	Normalizado	
		(u.n./u.n.Máx)	$\frac{(u.n./u.n.Máx)}{\sum \% (u.n./u.n.Máx)}$
<i>A01_1</i>	3	0,231	0,0698
<i>A01_2</i>	7	0,538	0,1626
<i>A01_3</i>	3	0,231	0,0698
<i>A01_4</i>	4	0,308	0,0930
<i>A01_5</i>	0	0,000	0,0000
<i>A01_6</i>	2	0,154	0,0465
<i>A01_7</i>	1	0,077	0,0233
<i>A01_8</i>	1	0,077	0,0233
<i>A01_9</i>	1	0,077	0,0233
<i>A01_10</i>	1	0,077	0,0233
<i>A01_11</i>	0	0,000	0,0000
<i>A01_12</i>	0	0,000	0,0000
<i>A01_13</i>	1	0,077	0,0233
<i>A02_1</i>	13*	1,000	0,3022
<i>A03_1</i>	6	0,462	0,1396

$$\sum \% \left(\frac{u.n.}{u.n.Máx} \right) \quad 3,309 \quad \text{Pesos } C3$$

* Máximo valor, u. n.Máx = 13

6.3.4 Ampliação da Oferta de Transporte Regional – C4

Para se identificar os quantitativos atribuídos em cada projeto equivalentes à ampliação da oferta de transportes, deve-se utilizar, tal como no item anterior, as

informações da rede multimodal georreferenciada do PNLT. Com essa rede, selecionado o território que define o Vetor Logístico Amazônico, para cada modo de transporte, calcula-se a soma de todas as extensões dos trechos rodoviários (federais e estaduais), ferroviários e hidroviários pertencentes ao território do citado vetor, expressando-os em metros (m). Com o valor da área do Vetor Logístico Amazônico (Área_{AM}), em quilômetros quadrados (km^2) calcula-se densidade territorial viária, dada por:

$$\delta_{modo} = \frac{[\sum_{trecho=1}^n (\text{Extensão}_{trecho})]_{modo}}{\text{Área}_{AM}} \quad (6.1)$$

Onde:

- $modo$ = transporte {rodoviário, R ; ferroviário, F ; hidroviário, H , multimodal, M }
- δ_{modo} = densidade territorial viária (m/km^2), do um modo de transporte;
- $trecho$ = segmento de via, que pertence a um modo de transporte ($1, \dots, n$); e
- Extensão_{trecho} = extensão (metros, m) de um dos trechos de via, que pertence a um modo de transporte;

Com a densidade territorial viária de cada modo, pode-se verificar para cada projeto, qual a sua contribuição em valores absolutos e também, percentuais, para a ampliação desse parâmetro. Para tanto, com a extensão (métrica) de cada projeto deve-se efetuar novamente o cálculo da densidade territorial viária (m/km^2).

6.3.4.1 Densidade Rodoviária

Considera-se importante demonstrar em separado qual a densidade territorial de cada modo de transportes, para que seja explicitada as suas peculiaridades no Vetor Logístico Amazônico. Nesse contexto, no Quadro 6.4 registram-se os valores referentes à extensão total dos segmentos rodoviários inseridos no território do Vetor Logístico Amazônico, desconsiderando aqueles que são classificados no SNV como rodovias “Planejadas”, pois nesse caso, elas não estão “Implantadas”, nem na condição de “Leito Natural”. Com essas considerações, os valores registrados no Quadro 6.5 apresentam os parâmetros pelo qual se calcula a densidade territorial da rede rodoviária

(trechos estaduais e federais), tanto rodovias em obras de pavimentação, ampliação de capacidade, pavimentadas e não pavimentadas (implantadas e leito natural). Nesse caso, a conforme pode ser observado no Quadro 6.5, a densidade territorial da rede rodoviária do Vetor Logístico Amazônico é de:

$$\delta_R = 6,6190 \text{ m}/\text{km}^2.$$

Quadro 6.5: Parâmetros utilizados no calculo da densidade territorial rodoviária.

Densidade Territorial Rodoviária		
Extensão da Rede	km	22.331,34
	m	22.331.340,00
Área Vetor Logístico Amazônico	km ²	3.373.815,00
Densidade Territorial Rodoviária	m/km ²	6,6190

Fonte: Base de dados georreferenciada do PNLT (MT, 2010)

Contudo, considerando que os trechos de rodovias (estaduais e federais) “*não pavimentados*” não possuem as condições de trafegabilidade adequadas para atender com custos operacionais menores do que as rodovias pavimentadas optam-se, nesta Tese, para apropriação dos pesos atribuídos aos projetos definidos como alternativas selecionadas para aplicação do AHP, retirar tais extensões rodoviárias, e considerar a densidade territorial somente das **rodovias pavimentadas**. Essa decisão justifica-se, ainda, pelo fato de considerar, também, que os projetos rodoviários serão implantados como trechos **pavimentados**, e dessa forma, com níveis de trafegabilidade e custos operacionais adequados, que contribuirão para a expansão da densidade territorial da rede rodoviária de mesma natureza, ou seja, a rede rodoviária existente com trechos pavimentados.

Dessa forma, o Quadro 6.6 apresenta a densidade territorial das rodovias pavimentadas no Vetor Logístico Amazônico. Verifica-se que a extensão se reduz de 22.331,34 km – rede rodoviária total, trechos estaduais e federais, incluindo segmentos “*não pavimentados*” – para 9.605,96 km, quando se considera somente a mesma rede, somente os segmentos pavimentados (e em obras de pavimentação). As Figuras 6.7 e 6.8 ilustram a diferença das distribuições territoriais entre as redes rodoviárias, respectivamente com e sem rodovias não pavimentadas.

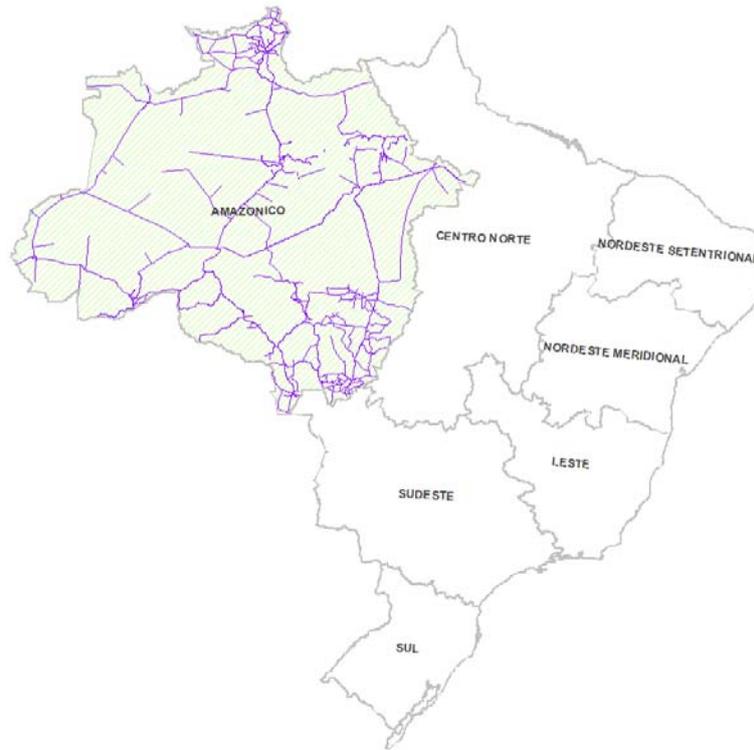


Figura 6.7: Rede rodoviária com rodovias pavimentadas e não pavimentadas.

Fonte: Gerada pela da base de dados georreferenciada do PNL (MT, 2010)



Figura 6.8: Rede rodoviária com rodovias pavimentadas.

Fonte: Gerada pela base de dados georreferenciada do PNL (MT, 2010). Considera obras de pavimentação

Quadro 6.6: Parâmetros utilizados no cálculo da densidade territorial das rodovias pavimentadas.

Densidade Territorial Rodoviária - Pavimentada		
Extensão da Rede Pavimentada	km	9.605,96
	m	9.605.960,00
Área Vetor Logístico Amazônico	km ²	3.373.815,00
Densidade Territorial Rodoviária Pavimentada	m/km ²	2,8472

Fonte: Base de dados georreferenciada do PNLT (MT, 2010)

Assim, a densidade territorial da rede de rodovias pavimentadas inserida no Vetor Logístico Amazônico é de:

$$\delta_R = 2,8472 \text{ m/km}^2$$

Tendo-se essa densidade como referencial, cada projeto rodoviário definido como alternativa selecionada para aplicação no AHP contribuirá para a sua ampliação. O total das contribuições corresponde o aumento que todos os projetos citados trarão para a densidade territorial da rede de rodovias pavimentadas. Com isso, o peso do critério “C4” atribuído a cada projeto rodoviário é obtido diretamente pelo cálculo do seu percentual de contribuição nesse total.

6.3.4.2 Densidade Ferroviária

No caso das ferrovias, atualmente, no território do Vetor Logístico Amazônico não existe trecho implantado e operando. Com isso, a densidade territorial ferroviária nesse vetor é zero, ou seja:

$$\delta_F = 0,0000 \text{ m/km}^2$$

Dessa forma, o projeto ferroviário definido como única alternativa desse modo de transporte apresentará um peso do critério “C4”, normalizado, igual a um (1,00). A densidade territorial ferroviária com a implantação dessa ferrovia é calculada conforme registros do Quadro 6.7.

Quadro 6.7: Parâmetros utilizados no cálculo da densidade territorial ferroviária.

Densidade Territorial Ferroviária		
Extensão da Rede Ferroviária Futura	Km	3.009,83
	M	3.009.830,00
Área Vetor Logístico Amazônico	km ²	3.373.815,00
Densidade Territorial Ferroviária	m/km ²	0,8921

Fonte: Base de dados georreferenciada do PNL T (MT, 2010)

Assim, e utilizando-se a notação definida anteriormente, a densidade territorial ferroviária considerando a implantação do projeto ferroviário definido como alternativa selecionada, “A02_1”, para aplicação do *AHP* é de:

$$\delta_F = 0,8921 \text{ m/km}^2$$

6.3.4.3 Densidade Hidroviária

A Amazônia brasileira possui uma rede hidroviária da ordem de 24 mil km, ocupando uma extensão territorial de mais de 3,6 milhões de km². Os principais rios que integram esse subsistema são navegáveis em grande parte de seu percurso e formam a espinha dorsal que estrutura a rede viária da Amazônia. Nesse contexto, no caso da rede hidroviária navegável, inserida no Vetor Logístico Amazônico, o Quadro 6.8 resume a quantidade de quilômetros atualmente utilizados para a navegação.

Quadro 6.8: Extensão das hidrovias navegáveis no Vetor Logístico Amazônico.

Hidrovias		km navegáveis
Rios Amazônia Occidental	Rio Amazonas/Solimões	3.108,00
	Rio Madeira	1.056,00
	Rio Negro	1.600,00
	Rio Branco	440,00
	Japurá	721,00
	Juruá	798,00
	Acre	285,00
	Purus	1.688,00
	Rio Trombetas	236,00
Total		9.932,00

Fonte: Base de dados georreferenciada do PNL T (MT, 2010)

Com base no Quadro 6.8, estrutura-se o Quadro 6.9, que apresenta os parâmetros a serem utilizados para o cálculo da densidade territorial hidroviária do Vetor Logístico Amazônico, considerando a extensão total de hidrovias navegáveis inseridas no território desse vetor.

Quadro 6.9: Parâmetros utilizados no cálculo da densidade territorial hidroviária.

Densidade Territorial Hidrovia		
Extensão da Rede Hidroviária	km	9.932,00
	m	9.932.000,00
Área Vetor Logístico Amazônico	km ²	3.373.815,00
Densidade Territorial Hidrovia	m/km ²	2,9438

Fonte: Base de dados georreferenciada do PNLT (MT, 2010)

Assim, e utilizando-se a notação definida anteriormente, a densidade territorial hidroviária é de:

$$\delta_F = 2,9438 \text{ m/km}^2$$

Dessa forma, o projeto hidroviário definido como única alternativa desse modo de transporte, selecionada aplicação do AHP, apresentará um peso do critério “C4”, conforme a sua contribuição percentual para ampliação da densidade territorial hidroviária.

6.3.4.4 Normalização dos Valores de “C4”

Executados esses cálculos, na Tabela 6.10, apresenta-se as regras de identificação do critério “C4”, considerando, então, a contribuição percentual de cada projeto, em cada modo, na sua respectiva rede. Com isso, tem-se a Tabela 6.11.

Tabela 6.10: Densidade territorial viária, por modo de transporte e alternativas.

Alternativa (Código)	Modo	km	A	B	C	D	E	F
			Densidade* Rede Viária (m/km ²)	Densidade** Viária Proj. (m/km ²)	Ampliação (m/km ²) (A+B)	Ampliação Acumulada (m/km ²)	Ampliação da Oferta Transp. %(m/km ²)	Ampliação Acumulada %(m/km ²)
A01_1	R	826,19	2,85	0,2449	3,0949	3,0949	8,59%	8,59%
A01_2	R	984,02	2,85	0,2917	3,1417	3,3865	10,23%	18,83%
A01_3	R	2.744,82	2,85	0,8136	3,6636	4,2001	28,55%	47,37%
A01_4	R	442,20	2,85	0,1311	2,9811	4,3312	4,60%	51,97%
A01_5	R	57,00	2,85	0,0169	2,8669	4,3481	0,59%	52,56%
A01_6	R	1.080,78	2,85	0,3203	3,1703	4,6684	11,24%	63,80%
A01_7	R	255,70	2,85	0,0758	2,9258	4,7442	2,66%	66,46%
A01_8	R	458,29	2,85	0,1358	2,9858	4,8800	4,77%	71,23%
A01_9	R	338,07	2,85	0,1002	2,9502	4,9803	3,52%	74,75%
A01_10	R	185,24	2,85	0,0549	2,9049	5,0352	1,93%	76,67%
A01_11	R	25,00	2,85	0,0074	2,8574	5,0426	0,26%	76,93%
A01_12	R	716,52	2,85	0,2124	3,0624	5,2549	7,45%	84,38%
A01_13	R	143,00	2,85	0,0424	2,8924	5,2973	1,49%	85,87%
A02_1	F	3.009,83	0,00	0,8921	0,8921	0,8921	100,00%	100,00%
A03_1	H	988,04	2,94	0,2929	3,2329	3,2329	9,96%	9,96%

* Para o cálculo da densidade territorial viária transforma km e metro, 1km = 1.000 m.

** Área do Vetor Logístico Amazônico = 3.373.815,00 km².

Tabela 6.11: Percentual de Ampliação da Oferta de Transporte Regional por alternativa selecionada.

Alternativa (Código)	Ampliação da Oferta Transp. %(m/km ²)	Normalizado	
		(%./% _{Máx})	$\frac{(\%./\%_{Máx})}{\sum(\%./\%_{Máx})}$
<i>A01_1</i>	8,59%	0,0859	0,0440
<i>A01_2</i>	10,23%	0,1023	0,0523
<i>A01_3</i>	28,55%	0,2855	0,1458
<i>A01_4</i>	4,60%	0,0460	0,0234
<i>A01_5</i>	0,59%	0,0059	0,0030
<i>A01_6</i>	11,24%	0,1124	0,0574
<i>A01_7</i>	2,66%	0,0266	0,0136
<i>A01_8</i>	4,77%	0,0477	0,0243
<i>A01_9</i>	3,52%	0,0352	0,0180
<i>A01_10</i>	1,93%	0,0193	0,0098
<i>A01_11</i>	0,26%	0,0026	0,0013
<i>A01_12</i>	7,45%	0,0745	0,0380
<i>A01_13</i>	1,49%	0,0149	0,0076
<i>A02_1</i>	100,00%	1,0000	0,5106
<i>A03_1</i>	9,96%	0,0996	0,0509
$\sum(\%./\%_{Máx})$		1,9583	Pesos C4

* Máximo valor = 1,000 = 100,00% (modo ferroviário)

Assim, os pesos normalizados para utilização desse critério, ponderado por cada uma dos projetos definidos como alternativas selecionadas para aplicação no AHP são fornecidos pela Tabela 6.11.

6.3.5 Redução das Desigualdades Regionais – C5

O critério “C5”, que trata dos quantitativos atribuídos em cada projeto em relação ao *IDH*, utilizado para tratar a redução das desigualdades regionais, depende de uma vinculação dos dados desse parâmetro, oficialmente divulgados pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD Brasil (2013), a cada um dos municípios inseridos no território que define o Vetor Logístico Amazônico. Os valores do *IDH* publicado em 2013 referem-se às condições de desenvolvimento humano dos

municípios brasileiros, considerando os dados coletados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, no Censo de 2010. Sendo as referências do PNLТ utilizadas nessa Tese, para aplicação do procedimento proposto, baseiam-se na segunda revisão do plano, publicada em 2010, considera-se que a vinculação entre os dados do *IDH*, dos municípios brasileiros, inseridos no território definido pelo Vetor Logístico Amazônico, apresenta a mesma temporalidade e podem ser associados sem prejuízos aos resultados da aplicação do AHP.

Com a vinculação citada e registrada como um atributo no elemento geográfico que define cada recorte municipal associa-se o valor do *IDH* de cada município brasileiro, inserido no território do Vetor Logístico Amazônico, considerando a codificação definida pelo IBGE.

Após isso, verifica-se, em quais microrregiões cada projeto se insere (pela mesma base de dados georreferenciada). Com essa identificação, retira-se a média do *IDH* de todos os municípios que pertencem às microrregiões no qual cada projeto se insere.

Dessa forma, tem-se como um atributo do projeto, o *IDH médio* ($IDH_{médio}$) que representa o parâmetro de desenvolvimento humano que faz parte da área de influência direta de cada projeto, no principal zoneamento de transporte adotado pelo PNLТ.

Quanto menor esse $IDH_{médio}$, maior será a importância de implantação do projeto que se insere nesse ambiente socioeconômico. Assim, deve-se efetuar um tratamento adequado para que o peso do critério “C5”, atribuído em cada projeto, possa ser inserido diretamente no AHP.

Na Tabela 6.12, registram-se os quantitativos dos *IDH's médios* associados às microrregiões onde cada projeto se insere territorialmente, bem como os seus pesos, por meio do processo de normalização.

Com os quantitativos da Tabela 6.12 procede-se uma normalização dos valores do *IDH médio* associado a cada alternativa, considerando que o valor modular do menor *IDH* (IDH_{Min}) deva ser considerado como máxima referência em relação aos demais.

Assim, com esses quantitativos, que representam os “*Pesos C5*” tem-se o valor direto do critério “C5” em cada alternativa selecionada para aplicação direta no AHP.

Tabela 6.12: Valores médios dos *IDHs* associados às alternativas.

Alternativa (Código)	IDH médio (<i>IDH</i>)	Normalizado	
		($IDH_{Min.}/IDH$)	$\frac{(IDH_{Min.}/IDH)}{\sum \% (IDH_{Min.}/IDH)}$
<i>A01_1</i>	0,584	0,950	0,0710
<i>A01_2</i>	0,555*	1,000	0,0745
<i>A01_3</i>	0,588	0,945	0,0710
<i>A01_4</i>	0,582	0,954	0,0712
<i>A01_5</i>	0,641	0,867	0,0648
<i>A01_6</i>	0,632	0,879	0,0657
<i>A01_7</i>	0,667	0,833	0,0622
<i>A01_8</i>	0,713	0,779	0,0582
<i>A01_9</i>	0,636	0,873	0,0652
<i>A01_10</i>	0,590	0,941	0,0703
<i>A01_11</i>	0,607	0,915	0,0684
<i>A01_12</i>	0,691	0,803	0,0600
<i>A01_13</i>	0,641	0,867	0,0648
<i>A02_1</i>	0,639	0,869	0,0649
<i>A03_1</i>	0,612	0,908	0,0678
$\sum \left(\frac{(IDH_{Min.})}{IDH} \right)$		13,382	<i>Pesos C5</i>

* Mínimo valor = 0,555

6.3.6 Redução das Interfaces Ambientais – C6

As interfaces ambientais carecem, para a sua identificação dos pesos atribuídos aos projetos – conforme descrito para outros critérios – da manipulação da base de dados georreferenciada do PNLT. A essa base deve-se associar aos elementos geográficos que definem as áreas de proteção ambiental e terras indígenas, os projetos definidos como alternativas selecionadas para aplicação com o AHP.

Com tal associação, identifica-se qual a extensão da interface de cada projeto (rodoviário, ferroviário e hidroviário) com essas demarcações ambientais. Esses quantitativos são as referências que geram os pesos dos critérios “C6”.

Com os quantitativos da Tabela 6.13 procede-se uma normalização dos valores do critério “C6” associado a cada alternativa, de forma semelhante ao critério anterior.

Tabela 6.13: Extensões referentes às interfaces ambientais associados às alternativas.

Alternativa (Código)	Interfaces Ambientais IA (km)	Normalizado	
		$(IA_{\text{Min.}}/IA)$	$\frac{(IA_{\text{Min.}}/IA)}{\sum (IA_{\text{Min.}}/IA)}$
A01_1	222,01	0,051	0,0177
A01_2	61,73	0,185	0,0642
A01_3	238,97	0,048	0,0167
A01_4	420,79	0,027	0,0093
A01_5	57,00	0,200	0,0694
A01_6	173,71	0,066	0,0229
A01_7	11,41*	1,000	0,3472
A01_8	32,45	0,352	0,1222
A01_9	105,35	0,108	0,0375
A01_10	55,30	0,206	0,0715
A01_11	24,09	0,475	0,1648
A01_12	270,62	0,042	0,0145
A01_13	120,31	0,095	0,0330
A02_1	814,09	0,014	0,0049
A03_1	920,30	0,012	0,0042
$\sum (IA_{\text{Min.}}/IA)$		2,881	Pesos C6

* Mínimo valor = 11,41.

6.3.7 Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos – C7

Devido à necessidade de se estimar a quantidade de CO₂ emitido por cada projeto que caracteriza uma alternativa de solução trata na aplicação do AHP e, considerando a complexidade dos modelos e procedimentos para tal execução foi desenvolvido neste item um conjunto de descrições sobre conceitos, definições e análises, justificando as suposições e simplificações adotadas para obtenção dos pesos normalizados do Critério “C7”.

6.3.7.1 Conceitos e Definições sobre Estimativas de Emissões de Poluentes - CO₂

Segundo CENTRO CLIMA (2005), JOÃO & JOÃO (2008), o uso direto de combustíveis para a produção de energia é o principal responsável pelas emissões de CO₂, contribuindo com 88,78% do total das emissões, sendo que o consumo de energia elétrica participou com 11,22%.

Entre todos os setores que emitem CO₂, o setor de transportes é o que está crescendo mais rapidamente, representando de 22% a 24% das emissões globais dos gases de efeito estufa de fontes de combustíveis fósseis (WANG, 2007; JOÃO, JOÃO, 2008).

Dos gases de efeito estufa emitidos pelo uso de combustíveis fósseis, o principal gás é o CO₂ (MICHAELIS e DAVIDSON, 1996, *in* JOÃO, JOÃO, 2008), que é responsável por mais da metade dos resultados causados pelo efeito estufa, além de ser o mais liberado dentre as emissões de origem antrópicas, e está diretamente envolvido na maioria das atividades humanas, sendo, desta maneira, o gás mais importante no sentido de regulação e gerenciamento do efeito estufa.

Com base nessas argumentações a definição preliminar no Capítulo 5, quanto ao parâmetro de caracterização do Critério “C7”, ou seja, “*Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos*” o mesmo baseia-se na avaliação da redução do Dióxido de Carbono, CO₂. Tratam-se as informações referentes às alternativas de soluções selecionadas para aplicação do AHP, somente para esse poluente atmosférico, e suas especificidades por modo de transportes, para depois promover a normalização dos pesos, que podem ser considerados atributos de cada uma dessas alternativas tratadas.

Considerando-se ainda as possíveis formulações para quantificação de emissões de CO₂, deve-se referenciar, *a priori*, na metodologia do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) que trata do assunto de forma simplificada e direta, pois existem mais de 50 modelos e 700 cenários (envolvendo outros Gases do Efeito Estufa, além do CO₂), conforme registrado em WILLIS (2013, pág. 54).

Assim, e com base nessas considerações e referências bibliográficas, o cálculo de emissões de poluentes pode ser efetuado, como apresentado pelo método *Button-Up, Abordagem Setorial*, incluído nos modelos do IPCC, conforme apresentado por D’AVIGNON (CENTRO CLIMA, 2007).

Com base nessa abordagem, o método *Button-Up*, considera:

- possibilidade da quantificação e identificação dos Gases do Efeito Estufa de forma desagregada;
- nesse método são desenvolvidos fatores específicos para fontes móveis e fontes fixas e aplicados às fórmulas simples para o cálculo das emissões de responsabilidade de determinado setor energético;
- depende da tecnologia, condições de uso, etc., e;
- para o setor de transportes é dada a seguinte formulação:

$$Emissões_I = FE_{Iabc} \times Atividade_{abc} \quad (6.2)$$

Onde:

- $Emissões_I$ = emissões de um gás I (CO₂, CO, NO_x, CH₄, etc.);
- FE_I = fator de emissão do gás I;
- $Atividade$ = distância percorrida ou energia consumida por uma determinada atividade de uma fonte móvel;
- a = tipo de combustível (querosene de aviação, gás natural, gasolina, diesel, etc);
- b = tipo de veículo (avião, automóvel, moto, etc.);_e
- c = práticas de controle de emissão.

O procedimento para aplicação da metodologia é o seguinte (IPCC, 1996c, *in* MATTOS, 2001):

- a. determinar a quantidade de energia consumida, por tipo de combustível, para os principais modos de transporte;
- b. para cada tipo de combustível determinar a quantidade de energia tera-joule (TJ) que é consumida em cada tipo de veículo, como, por exemplo, os automóveis de passeio, os veículos comerciais leves, os caminhões, etc. Se a atividade é medida pela distância percorrida, determinar a distância total viajada por tipo de veículo.
- c. multiplicar a quantidade de energia consumida ou a distância percorrida por cada classe de veículos ou tecnologia de controle dos veículos pelo fator de emissão apropriado da tipologia. Esses fatores variam bastante de um país para outro, portanto os fatores norte-americanos ou europeus, por exemplo, não

- podem ser extrapolados para o resto do mundo;
- d. a emissão de cada poluente pode ser somada entre todas as categorias de tipos de combustível e tecnologias, para determinação da emissão local das atividades relacionadas às fontes móveis.

Segundo MATTOS (2001):

“A metodologia apresentada pode ser utilizada tanto para o modal rodoviário quanto para os outros modais. Basta existirem os dados necessários para a aplicação da metodologia apresentada, principalmente dos fatores de cada poluente para cada um desses modais. Para o modal aeroviário existe ainda uma metodologia mais refinada, que leva em conta as suas particularidades. As emissões dos aviões variam, por exemplo, com a localização (altitude) de exaustão dos gases, os tipos e eficiências dos motores e a extensão do voo”.

Ainda segundo o autor, a metodologia aplicada pelo Brasil para o cálculo das emissões do transporte rodoviário leva em consideração apenas a frota nacional circulante, a quilometragem média percorrida e os fatores de emissão dos gases, devido à falta de conhecimento de todos os dados para a elaboração das emissões de acordo com o modelo mais detalhado (MATTOS, 2001).

O modelo simplificado é mostrado na equação a seguir (MATTOS, 2001):

$$Emissões_I = FNC_a \times FE_I \times (km \text{ Média})_a \quad (6.3)$$

Onde:

- FNC_a = frota nacional do ano a .

Esse tipo de formulação é o mais adequado, então, para o cálculo da emissão de CO₂, pelo o modo rodoviário.

A Equação 6.2 pode ser a mais adequada para o cálculo da emissão de CO₂, adaptando-se a todos os modos transportes e tipo de combustíveis utilizados por fontes móveis.

Com base no IPCC, tem-se ainda a metodologia do tipo *Top-Down*. Entre os fatores importantes que devem ser levados em conta na contabilização das emissões de CO₂ de um determinado combustível estão o conteúdo de carbono e energia do combustível, a quantidade de carbono não oxidado, a quantidade de carbono estocado, os combustíveis *bunker* (o combustível utilizado no motor de um navio) e os combustíveis de biomassa. Desta forma, as emissões de CO₂ que se originam da queima

desses combustíveis não são contabilizadas no total emitido pelo país e são mostradas separadas do total (MATTOS, 2001).

A metodologia do IPCC (MATTOS, 2001) subtrai, ainda, a quantidade de carbono consumida pelo transporte internacional em navios e aeronaves do combustível utilizado pelo país. Além desses fatores, assim como na metodologia *Button-Up*, na *Top-Down* consideram-se, ainda, a conversão da unidade de consumo do combustível para unidade comum de energia. Segundo o autor, uma formulação do tipo *Top-Down*, adequada para aplicação no Brasil, para cálculo da Emissão Real de Carbono (ERC), CO₂, é dada por:

$$CC = CA \times F_{Conv} \times 45,2 \times 10^{-3} \times F_{Corr} \quad (6.4)$$

$$QC = CC \times F_{Emiss} \times 10^{-3} \quad (6.5)$$

$$QCF = QC \times F_{Fix} \quad (6.6)$$

$$ELC = QC \times QCF \quad (6.7)$$

$$ERC = ELC \times FCO \quad (6.8)$$

$$ERCO_2 = ERC \times [44/12] \quad (6.9)^{12}$$

Onde:

- CC = consumo de energia (TJ)¹³;
- CA = consumo aparente do combustível (Unidade Física, por exemplo, m³, L, t, etc.)¹⁴;
- $45,2 \times 10^{-3} TJ = 1 tEP \text{ brasileiro}$ (fator de conversão, *tEP brasileiro* = 10.800 Mcal = 45217,4 MJ $\cong 45,2 \times 10^{-3} TJ$);
- F_{Conv} = *tFator de Conversão (tEP/Unidade Física)* para *tEP* médio em

¹² 1 GgCO₂ = [44/12] GgC

¹³ TJ (tera-joule)=10¹² J. Mcal = 106 cal. MJ = 106 J.

¹⁴ O IPCC (1996c) utiliza dados de consumo aparente de combustíveis. O consumo aparente (CA) representa a quantidade de combustível disponível no país. O CA é calculado da seguinte forma: $CA = \alpha + \beta - \chi - \delta - \varepsilon$, onde
 α - produção anual doméstica de energia primária, medida em unidade original;
 β - importação anual de energia primária e secundária, medida em unidade original;
 χ - exportação anual de energia primária e secundária, medida em unidade original;
 δ - energia anualmente embarcada em *bunkers* internacionais, medida em unidade original;
 ε - variação anual dos estoques de energia, medida em unidade original.

Poder Calorífico Superior (PCS);

- F_{corr} = fator de correção (adimensional) de Poder Calorífico Superior (PCS) para Poder Calorífico Inferior (PCI);
- QC = quantidade de carbono no combustível, em giga gramas - Gg (GgC);
- CC = consumo de energia (TJ);
- F_{Emiss} = fator de emissão de carbono (tC/TJ), 10^{-3} , para transformar toneladas de carbono (tC) em giga gramas de carbono (GgC);
- QCF = quantidade de carbono fixado em giga gramas - Gg (GgC);
- FC_{Fix} = fração de carbono fixado (adimensional);
- ELC = emissões líquidas de carbono (GgC);
- ERC = emissões reais de carbono (GgC);
- FCO = fração de carbono oxidada (adimensional); e
- $ERCO_2$ = emissões reais de dióxido de carbono (GgCO₂).

Em MATTOS (2001), encontram-se todas as tabelas e relações de conversões citadas nas descrições anteriores.

6.3.7.2 Simplificações Adotadas

Demonstradas as principais formulações praticadas no Brasil para fins de estimativa da quantidade de emissão de Gases do Efeito Estufa, particularmente para o CO₂, ressalta-se que, às aplicações das formulações dadas pelas Equações descritas anteriormente, por qualquer um dos métodos, demanda um esforço de tratamento dos dados atributos das alternativas de soluções definidas para aplicação do AHP, de forma a viabilizar o cálculo do quanto cada uma delas contribuiria por ano, na emissão de CO₂ na atmosfera.

Considerando que se trata de alternativas de soluções caracterizadas por projetos de investimentos em infraestrutura nos modos rodoviário, ferroviário e hidroviário, deve-se ainda cuidar para que o tratamento das informações seja produzido de forma coerente e considere cada especificidade dos modos citados. Nesse contexto, as emissões de poluentes, e particularmente de CO₂, dependem da quantidade de veículos (ou composições veiculares e/ou tratores) que promovem a queima de combustíveis fósseis.

Essa quantidade, por sua vez, depende do volume de mercadorias transportadas, em uma determinada unidade de tempo (período). A relação entre a quantidade de mercadoria transportada (em um período) e o respectivo quantitativo de veículos (ou composições veiculares) utilizados para tal fim, varia de acordo com o modo de transporte, e é influenciado, também, pelos tipos de mercadorias que predominam. As informações atribuídas a cada alternativa de soluções selecionadas para aplicação do AHP, com base nos projetos definidos no Vetor Logístico Amazônico, limitam-se à:

- para o modo rodoviário, tem-se como referência do tráfego, o Volume Médio Diário Anual – VMDA, além da identificação da quantidade de tonelada transportada, por mercadorias ano, por produto (aqueles estabelecidos pelo PNLT); e
- enquanto que no caso das ferrovias e hidrovias, tem-se somente a identificação da tonelada-ano transportada (também por produto).

Contudo, nem todos os projetos do PNLT possuem tais informações, principalmente no modo rodoviário, devido ao fato de determinados projetos não terem sensibilidades às avaliações econômicas, devido a diversos fatores, mas principalmente por se tratarem de projetos de nexos político puro, ou ainda, por terem características locais, e seus benefícios serem tratados por quesitos de segurança nacional, integração entre localidades afastadas, de fronteiras, entre outros.

Dada a complexidade das formulações apresentadas, considerando alguns aspectos sobre a identificação adequada das informações nas alternativas de soluções advindas dos projetos do portfólio do PNLT, do Vetor Logístico Amazônico, bem como do grau de detalhamento que se pode assumir para fins da aplicação descrita neste Capítulo, tem-se algumas opções de utilização de dados disponíveis e adequados para os modos de transportes tratados nesta Tese.

Alguns estudos aplicados para estimativa de emissões de Gases do Efeito Estufa, para os modos de transportes, em separado, utilizando-se como referência os métodos descritos anteriormente. Com isso, toma-se como uma condição aceitável para o tratamento desse critério, adotar tais resultados, como valores médios, e de forma simplificada, adequá-los aos pesos das alternativas, para o critério “C7”, tratado neste item.

Com base nisso, e assumindo tal utilização de estudos e resultados, para o modo ferroviário, adotar-se-á como parâmetro de emissão de Gases do Efeito Estufa, o

quantitativo apresentado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, publicada na página 20, do seu *1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas* (ANTT, 2012). Para essa Tese, interessa registrar que os resultados desse inventário foram obtidos com base nos métodos do IPCC, conforme Quadro 6.10.

A Figura 6.9 ilustra o percentual de produtos transportados pelo sistema ferroviário sob concessão, o qual foi utilizado pela ANTT, e que tratam em suma, de grupos de produtos também considerado pelo PNLT, havendo assim, convergência entre os parâmetros das cargas avaliadas no processo de transporte ferroviário e sua consequente emissão de Gases do Efeito Estufa.

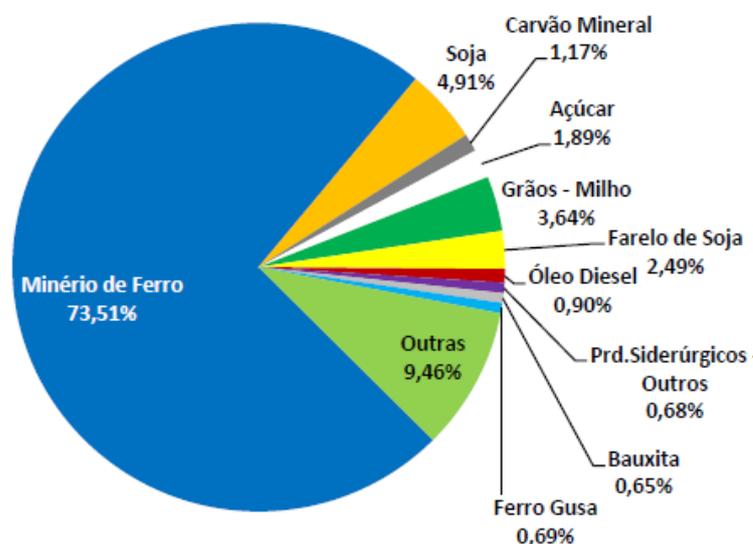


Figura 6.9: Distribuição percentual de produtos transportados pelo sistema ferroviário

Fonte: Adaptado de ANTT, 2012

Para fins da parametrização da *emissão de poluentes atmosféricos* que interessa para esta Tese, visando estabelecer o peso do Critério “C7”, no modo ferroviário, do Quadro 6.10 será considerada a informação do ano 2011, para o gás CO₂.

Quadro 6.10: Variação histórica de emissão de Gases do Efeito Estufa pela operação do transporte ferroviário de cargas no Brasil.

Poluente	Unidade	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CO ₂	mil t	2.125	2.096	2.390	2.530	2.806	3.008	3.104	2.772	3.047	3.079
CH ₄		145	143	163	173	191	205	212	189	208	210
N ₂ O		17	17	20	21	23	25	25	23	25	25
CO	t	28.978	28.591	32.595	34.508	38.271	41.018	42.336	37.807	41.552	41.996
NMVOC		5.796	5.718	6.519	6.902	7.654	8.204	8.467	7.561	8.310	8.399
NO _x		34.773	34.309	39.114	41.409	45.925	49.221	50.803	45.369	49.863	50.395
MP ₁₀		987	974	1.110	1.176	1.304	1.397	1.442	1.288	1.416	1.431

Fonte: Adaptado de ANTT, 2012.

Considerando a extensão global (Quadro 6.11) de todas as concessionárias ferroviárias, cujas informações foram utilizadas para a obtenção do resultado apresentado no Quadro 6.10, pode-se definir como um parâmetro de referência da emissão de CO₂ pelo modo ferroviário no Brasil, a razão entre o quantitativo do mesmo, em mil toneladas, pela citada extensão, em quilômetros.

Quadro 6.11: Extensão (km) da malha ferroviária nacional concedida, em 2011.

Concessionária Ferroviária	Bitola			Total
	1,60 (m)	1,00 (m)	Mista	
ALL MO – AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA MALHA OESTE S.A	-	1.945	-	1945
FCA – FERROVIA CENTRO-ATLÂNTICA S.A	-	7.910	156	8066
MRS – MRS LOGÍSTICA S.A.	1.632	-	42	1674
FTC – FERROVIA TEREZA CRISTINA S.A.	-	164	-	164
ALL MS – AMÉRICA LATINA LOGISTICA MALHA SUL S.A.	-	7.254	11	7265
FERROESTE – ESTRADA DE FERRO PARANÁ-OESTE S.A.	-	248	-	248
EFVM – ESTRADA DE FERRO VITÓRIA A MINAS	-	905	-	905
EFC – ESTRADA DE FERRO CARAJÁS	892	-	-	892
TNL – TRANSNORDESTINA LOGÍSTICA S.A.	-	4.189	18	4207
ALL MP – AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA MALHA PAULISTA S.A.	1.463	243	283	1989
ALL MN – AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA MALHA NORTE S.A.	500	-	-	500
VALEC / FNS – Subconcessão: FERROVIA NORTE-SUL S.A	720	-	-	720
Subtotal	5.207	22.858	510	28.575

Fonte: Adaptado de ANTT, 2012.

Dessa forma, tem-se:

$$Taxa_q E_{CO_2}^F = \frac{(E_{CO_2}^F)_{ano}}{(km\ Sist_F)_{ano}} = \frac{3.079\ mil\ t\ CO_2}{28.575\ km} = 0,107752 \frac{mil\ t\ CO_2}{km} \quad (6.10)$$

Onde:

- $Taxa_q E_{CO_2}^F$ = taxa de emissão quilométrica de CO₂, medida em $\left(\frac{mil\ t}{km}\right)$, do sistema ferroviário brasileiro, considerando o ano de 2011;

- $(E_{CO_2}^F)_{ano}$ = emissão quilométrica de CO₂, medida em (*mil t*), do sistema ferroviário brasileiro, para um determinado ano, conforme registrado, ano a ano, no Quadro 6.10; e
- $(km\ Sist_F)_{ano}$ = extensão do sistema ferroviário brasileiro de transporte de cargas, considerando o ano de 2011, conforme o Quadro 6.11.

Esse valor calculado¹⁵ refere-se à média de toneladas emitidas na atmosférica, pela produção quilométrica de um ano (2011), do gás CO₂. Adotando-se esse valor como referência, e considerando a alternativa ferroviária de solução “A02_I”, conforme o Quadro 6.2, com extensão de 3.009,83 km, a emissão de CO₂ referencial será de:

$$E_{CO_2}^F = Taxa_q E_{CO_2}^F \times (km\ Sist_F) = 0,1078 \frac{mil\ t\ CO_2}{km} \times 3.009,83\ km \cong 324,46\ mil\ t\ CO_2 \quad (6.11)$$

Onde:

$(km\ Sist_F)$ = extensão do sistema ferroviário considerado equivalente à extensão do projeto ferroviário sob análise;

Com isso, fica estabelecida a quantidade de emissão do projeto ferroviário dado pela alternativa “A02_I”, tendo-se como ano base 2011. Observando novamente o Quadro 6.10, pode-se verificar que o fator de crescimento anual das emissões de CO₂, pelo sistema ferroviário brasileiro é dado por:

$$Fator_{cresc}^{ano} E_{CO_2}^F = 1 + \left[\frac{[(E_{CO_2}^F)_{ano} - (E_{CO_2}^F)_{ano-1}]}{(E_{CO_2}^F)_{ano-1}} \right], \forall ano \in \mathbb{N}_+^* / ano = (1, \dots, 10) \quad (6.12)$$

Sendo:

- $Fator_{cresc}^{ano} E_{CO_2}^F$ = percentual de crescimento anual das emissões de CO₂ do sistema ferroviário brasileiro de transporte de cargas;
- $E_{CO_2}^F$ = emissão quilométrica de CO₂, medida em (*mil t*), do sistema ferroviário brasileiro;
- $ano = 2002$: equivale ao **primeiro** ano da sequência histórica para

¹⁵ Esse fator trata-se de uma simplificação que adota a emissão de 3.079 mil t CO₂ distribuída uniformemente por cada quilômetro do sistema ferroviário de cargas brasileiro. Na prática, para cada concessionária ferroviária a produção quilométrica varia, de acordo com as distâncias de transportes praticadas por produto e, portanto, as emissões, não são uniformes ao longo de suas extensões totais. A decisão tomada nesta Tese baseia-se no fato de não ser possível comparar a alternativa ferroviária “A02_I”, com uma operação concessionária já estabelecida. Por isso adota-se tal simplificação.

estimativa do percentual de crescimento anual das emissões; e

- *ano* = 2011: equivale ao **décimo** ano da sequência histórica para estimativa do percentual de crescimento anual das emissões.

Dessa forma, tem-se ao longo dos anos, uma variação percentual em sequência. Assim, para se obter o percentual médio anual de emissões de CO₂, ou seja, a taxa média de crescimento dessas emissões, utiliza-se a Expressão 6,11:

$$Taxa_{Med\ Cresc} E_{CO_2}^F = \left[\left(\sqrt[9]{\prod_{ano=2}^{10} Fator_{cresc}^{ano} E_{CO_2}^F} \right) - 1 \right] \times 100\% \quad (6.13)$$

Onde:

- $Fator_{Cresc}^{ano} E_{CO_2}^F$ = fator de crescimento das emissões de CO₂ pelo sistema ferroviário brasileiro, em um determinado ano, com base nas informações do Quadro 6.10;
- $Taxa_{Media\ Cresc} E_{CO_2}^F$ = taxa média de crescimento das emissões de CO₂ pelo sistema ferroviário brasileiro (média geométrica); e
- *ano* = referente a variando de 2003 (segundo ano) a 2011 (décimo ano) – sequência de 9 fatores.

Assim, substituindo-se os valores calculados para as emissões de CO₂, ano a ano na Equação 6.13, se obtém a taxa média de crescimento dessas emissões, no valor de:

$$Taxa_{Media\ Cresc} E_{CO_2}^F \cong 4,206\% (mil\ t\ CO_2)$$

Essa informação é relevante, quando necessário avaliar o crescimento das emissões de CO₂ pelo sistema ferroviário brasileiro, em um determinado ano futuro.

Quanto ao valor de: $E_{CO_2}^F = 324,46\ mil\ t\ CO_2$, calculado anteriormente, essa emissão, contudo, só poderia ser adotada se a produção quilométrica (tku), estimada (ou adotada) para o ano de 2011, da alternativa ferroviária de solução “A02_1” fosse igual àquela do sistema ferroviário, que consta das informações do *1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas* (ANTT, 2012).

De todo o exposto, que demonstra a complexidade para estimativas do Critério “C7”, o que importa considerar para fins práticos dessa Tese é o fator de emissão de toneladas de CO₂ por km, ou seja: $0,107752 \frac{mil\ t\ CO_2}{km}$. Essa referência será adotada

como o fator para as alternativas de soluções ferroviárias, utilizadas na aplicação do AHP, no caso em foco, da alternativa “A02_1”. Parte-se do pressuposto que tanto a emissão ano (*mil t CO₂*), como a quilometragem do sistema ferroviário brasileiro seriam ampliadas até 2023, sem, contudo, alterar o fator de emissão calculado com base nas informações do ano de 2011. Essa simplificação se justifica, pois não existem elementos suficientes que permitam considerar que a taxa de crescimento das emissões seria aquela calculada anteriormente como a $Taxa_{Media\ Cresc} E_{CO_2}^F$, mesmo que se considerasse a expansão do sistema ferroviário como aquele previsto pelo PNLT.

Nesse contexto, deve-se observar que a emissão de CO₂ estimado para o sistema ferroviário, para o ano de 2011, conforme o Quadro 6.10, está relacionado à produção quilométrica (tku) desse mesmo ano.

Dada à produção quilométrica da alternativa ferroviária de solução “A02_1”, poder-se-á ajustar a efetiva emissão desse gás, com base nos dados atribuídos ao projeto do PNLT, no Vetor Logístico Amazônico, que define essa alternativa.

Dessa forma, basta estimar a quantidade de emissão de CO₂ por quilômetro, para a citada alternativa, considerando como referência, nessa mesma unidade, a média de emissão do sistema ferroviária brasileiro. Com isso, deixa-se claro que não se considera, portanto, o valor calculado anteriormente como sendo o parâmetro definitivo que permite estimar a emissão desse gás na alternativa “A02_1”.

Nesse contexto, deve-se estimar qual a produção quilométrica da mesma, para que se possa aplicar o fator de correção ao valor calculado para $E_{CO_2}^F$. Trata-se, portanto, de considerar a seguinte regra:

$$\frac{Emiss\tilde{a}o\ CO_2\ Sist.Ferro\ (2011)}{Prod.\ Quilom.\ Sist.Ferro\ (2011)} = \frac{Emiss\tilde{a}o\ CO_2\ A02_1}{Prod.\ Quilom.\ A02_1} \quad (6.14)$$

Mais adiante, a igualdade da Equação 6.14 é considerada. Contudo, tendo-se como referência o valor do $E_{CO_2}^F$ do ano 2011, para o sistema ferroviário brasileiro, dado pelo Quadro 6.10, e ainda, com base nas informações das rodovias e das *Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário*, publicada pelo Ministério dos Transportes, em 2010, pode-se partir do valor referencial citado, para se estimar, por proporcionalidade, a emissão do sistema rodoviário e hidroviário nacional.

6.3.7.3 Proporcionalidades das Emissões de CO₂ entre Modos de Transportes

Adotando-se essa relação, promove-se uma simplificação que considera avaliar a média de emissões do sistema ferroviário, e com isso, adotar um valor para as emissões rodoviárias e hidroviárias, com base no transporte de mercadorias.

Para o sistema rodoviário, equivale tratar somente as emissões de CO₂, pela circulação dos caminhões utilizados para se efetuar a produção quilométrica exigida para o transporte de uma determinada quantidade de deslocamentos de cargas úteis, durante um determinado ano.

Ao estabelecer essa simplificação, no caso do sistema rodoviário, ter-se-ia ainda que considerar as emissões causadas pelos veículos de passeios e coletivos.

Tendo-se esses elementos em consideração, e atentando por ora, somente à equivalência proporcional das emissões de CO₂, referente aos modos rodoviário, ferroviário e hidroviário, com base na tonelada quilômetro útil transportada (tku) podem-se adotar as considerações estabelecidas nas *Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário* (MT, 2010).

Para uma compreensão objetiva das proposições que se deseja adotar, cabe destacar que, segundo consta das *Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário*, no que tange aos aspectos ambientais, o transporte hidroviário possibilita a redução das emissões de gases poluentes causadores do efeito estufa. Conforme identificado no Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC (2008) *in* MT (2010):

“essa redução dá-se em termos de emissões evitadas, uma vez que o modal hidroviário é menos emissor que o rodoviário em unidade de carga transportada”.

Ainda com base nessas referências:

“Na mesma perspectiva, estudo realizado pelo Department of Transportation dos Estados Unidos – DOT/USA corrobora o PNMC e demonstra, através de parâmetros numéricos, que o modal hidroviário permite uma maior eficiência energética, menor consumo de combustível, menores quantidades de emissões e maiores ganhos ambientais.”

Com isso, chega-se à seguinte conclusão:

“O resultado da comparação entre os modais rodoviário e hidroviário aponta que, de forma geral, este modal apresenta eficiência energética (relação carga/potência) 29 vezes superior, um consumo de combustível 19 vezes menor, além de emitir 6 vezes menos CO₂ e 18 vezes menos NOx.”

Considerando-se então essas afirmações, referendadas nos estudos promovidos pelo Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, corroborados nos estudos realizados pelo *Department of Transportation dos Estados Unidos – DOT/USA*, buscase estimar a emissão de CO₂, no sistema rodoviário e hidroviário brasileiro, por meio de tais proporcionalidades. Nas *Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário*, na sua página 4 (MT, 2010) encontram-se as seguintes ilustrações (reproduzidas na Figura 6.10), com as quais se podem verificar, especificamente para o CO₂, uma relação de proporcionalidade das emissões desse gás, entre os modos rodoviário, ferroviário e hidroviário. Destaca-se, contudo, que tais proporções são atribuídas com base na unidade tonelada quilômetro úteis transportadas (tku).

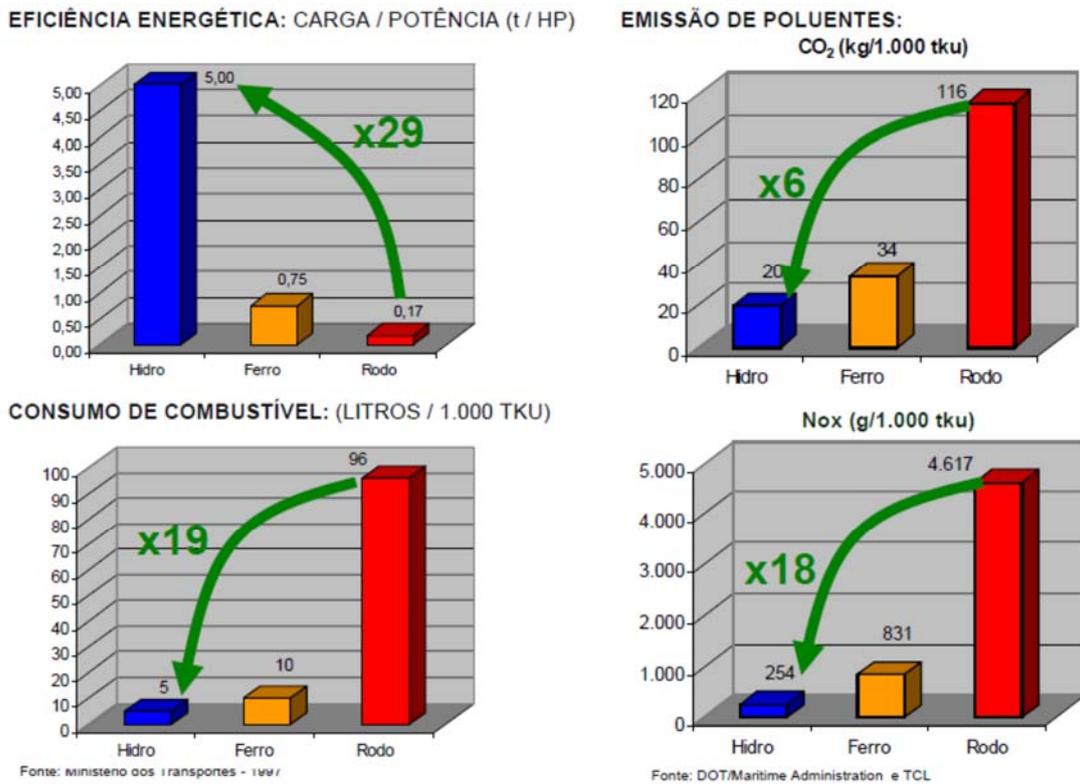


Figura 6.10: Parâmetros de eficiência energética, consumo de combustível e emissões.

Fonte: DOT/USA in MT, 2010 - Adaptado de *Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário*.

Observando a Figura 6.10, especificamente para o gás CO₂, constata-se que para cada 1.000 tku, o sistema rodoviário emite 116 kg de CO₂ na atmosfera, enquanto o ferroviário equivale a 34 kg de CO₂ e o hidroviário a 20 kg de CO₂.

As proporções ficam assim estabelecidas:

$$E_{CO_2}^R \cong 3,4 \times E_{CO_2}^F \quad (6.15)$$

$$E_{CO_2}^R = 6,0 \times E_{CO_2}^H \quad (6.16)$$

$$E_{CO_2}^F = 1,7 \times E_{CO_2}^H \quad (6.17)$$

Onde, assume-se então que:

- $E_{CO_2}^R$ = emissões de CO₂ pelo sistema rodoviário brasileiro, em $\frac{kgCO_2}{1.000 tku}$,
- $E_{CO_2}^F$ = emissões de CO₂ pelo sistema ferroviário brasileiro, em $\frac{kgCO_2}{1.000 tku}$,
- $E_{CO_2}^H$ = emissões de CO₂ pelo sistema hidroviário brasileiro, em $\frac{kgCO_2}{1.000 tku}$.

Dessa forma podem-se representar as proporcionalidades em relação ao sistema ferroviário como variável determinante, as emissões hidroviárias de CO₂ podem ser explicitadas em relação as ferroviárias, pela Equação 6.18:

$$E_{CO_2}^H = \frac{E_{CO_2}^F}{1,7} \quad (6.18)$$

Para fins da aplicação desta Tese são úteis as Equações 6.15 e 6.18. Contudo, essas proporcionalidades, apresentadas por meio dessas Equações são tratadas na unidade dada pela razão $\frac{kgCO_2}{1.000 tku}$. Não se podem aplicar diretamente tais proporções ao resultado obtido para o modo ferroviário, anteriormente expresso em $\frac{mil t CO_2}{km}$ (com base nos registros do Quadro 6.10) para o gás CO₂, no ano de 2011, utilizado neste estudo como ano de referência. Conforme analisado e descrito antes, deve-se fazer uma correlação de ajuste entre a emissão de CO₂ estimada para o sistema ferroviário brasileiro, adotado como referência para tratar as emissões dos projetos ferroviários caracterizados como alternativas de soluções para aplicação do AHP, em relação às respectivas produções quilométricas, conforme conceituado pela Equação 6.12. Dessa forma, para tornar possível a aplicação das Equações 6.15 e 6.18, deve-se promover

uma relação entre as unidades, considerando novamente as informações do 1º *Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas* (ANTT, 2012). Retornando a essa fontes de referência, registra-se no Quadro 6.12, as variações históricas da produção quilométrica útil do sistema ferroviário brasileiro. Pelo registro no Quadro 6.12, em 2011, a produção quilométrica total do sistema ferroviário brasileiro foi de: 291.931 milhões de tku, ou seja, $291.931 \times 10^6 tku$. Nesse mesmo ano, conforme registro no Quadro 6.10, para essa produção quilométrica, a taxa de emissão quilométrica do gás CO₂, por esse sistema foi de: $Taxa_q E_{CO_2}^F = 0,107752 \frac{mil\ t\ CO_2}{km}$. O que equivale à $Taxa_q E_{CO_2}^F = 0,107752 \times 10^3 \frac{t\ CO_2}{km}$. Passando-se a unidade de tonelada (t) para quilograma (kg), tem-se:

$$Taxa_q E_{CO_2}^F = 0,107752 \times 10^6 \frac{kg\ CO_2}{km}$$

Assim, a taxa emissão quilométrica $Taxa_q E_{CO_2}^F = 0,107752 \times 10^6 \frac{kg\ CO_2}{km}$ está relacionada com uma respectiva produção quilométrica de $291.931 \times 10^6 tku$. Arrumando esse valor para unidade de 1.000 tku, tem-se: $291.931 \times 10^3 (1.000\ tku)$. Pode-se reescrevê-lo da seguinte forma: $291,931 \times 10^6 (1.000\ tku)$. Dessa forma, pode-se estimar a relação entre a produção quilométrica (tku), e a respectiva emissão de CO₂ em quilograma (kg) o que permite o uso das Equações 6.15 e 6.18. Nesse sentido, tem-se ainda que:

$$Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^F = \frac{Taxa_q E_{CO_2}^F}{Pq_{Sist}^F} = \frac{0,107752 \times 10^6 \left(\frac{kg\ CO_2}{km} \right)}{291,931 \times 10^6 (1.000\ tku)} = \frac{0,107752}{291,931} \left(\frac{\frac{kg\ CO_2}{km}}{1.000\ tku} \right) \cong 0,3691 \frac{kg\ CO_2}{km\ 1.000\ tku} \quad (6.19)$$

Onde:

- $Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^F$ = fator de ajuste para taxa de estimativa da emissão de CO₂ do projeto ferroviário “A02_I”, em relação à sua produtividade quilométrica, obtido com base na taxa de emissão e produtividade quilométrica do sistema ferroviário brasileiro de transporte de cargas, descritos anteriormente; e
- Pq_{Sist}^F = produção quilométrica em (tonelada quilômetro útil, tku) do respectivo sistema (Sist) ferroviário (F) associado ao fator de ajuste.

Pela Expressão 6.19, de forma direta, tem-se:

$$Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^F \cong 0,3691 \frac{kg\ CO_2}{1.000\ tku\ km}$$

Quadro 6.12: Produção do transporte de cargas anual por concessionária, em milhões de tku.

Concessionária Ferroviária	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ALL MO – AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA MALHA OESTE S.A	1.708	1.232	1.191	1.312	1.431	1.202	1.345	1.312	1.783	1.760
FCA – FERROVIA CENTRO-ATLÂNTICA S.A	8.608	7.477	9.523	10.712	9.143	14.231	15.060	14.198	15.320	13.606
MRS – MRS LOGÍSTICA S.A.	29.431	34.515	39.355	44.445	47.662	52.590	55.621	51.273	57.490	61.259
FTC – FERROVIA TEREZA CRISTINA S.A.	191	152	169	170	183	189	213	202	185	173
ALL MS – AMÉRICA LATINA LOGISTICA MALHA SUL S.A.	12.830	13.850	14.175	15.415	18.423	17.147	17.378	17.196	17.474	18.121
FERROESTE – ESTRADA DE FERRO PARANÁ-OESTE S.A.	374	406	323	349	1.005	620	747	469	273	209
EFVM – ESTRADA DE FERRO VITÓRIA A MINAS	56.990	60.487	64.773	68.648	73.442	75.511	72.783	57.929	73.480	74.554
EFC – ESTRADA DE FERRO CARAJÁS	49.075	52.411	63.622	69.525	76.691	83.334	87.513	83.945	91.044	98.923
TNL – TRANSNORDESTINA LOGÍSTICA S.A.	757	790	848	814	678	963	920	730	728	681
ALL MP – AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA MALHA PAULISTA S.A.	8.308	9.221	9.473	2.286	2.240	1.920	3.054	3.019	4.004	4.689
ALL MN – AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA MALHA NORTE S.A.	1.906	2.103	2.259	7.957	7.446	9.394	11.297	13.887	14.618	16.073
VALEC / FNS – Subconcessão: FERROVIA NORTE-SUL S.A	0	0	0	0	0	0	1.026	1.155	1.524	1.883
Total	170.178	182.644	205.711	221.633	238.344	257.101	266.957	245.315	277.923	291.931

Fonte: Adaptado de ANTT, 2012.

Com esse fator de conversão¹⁶ $Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^F$ podem-se estimar todas as quantidades de emissões de poluentes do gás CO₂ dos projetos que caracterizam as alternativas de soluções para o modo ferroviário que se deseja utilizar para fins da aplicação do AHP tratada nesta Tese.

Com base nele, pode-se ainda utilizá-lo na estimativa de emissões do gás CO₂, que interessa a esse estudo, para obtenção dos pesos do Critério “C7”, para os modos rodoviário e hidroviário.

Para tanto, deve-se considerar as relações de proporcionalidade das Equações 6.15 e 6.18, estabelecidas para as emissões de CO₂, e adotá-las como válidas para as taxas de emissões relacionadas à produtividade quilométrica desse gás, e por consequência, para os seus respectivos fatores de ajustes. Assim, tem-se, então:

$$\begin{aligned} Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^R &= 3,4 \times Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^F = 3,4 \times \frac{0,107752 \times 10^6 \frac{kg CO_2}{km}}{291,931 \times 10^6 tku} \cong \frac{0,366357}{291,931} \left(\frac{kg CO_2}{tku} \right) = \\ &= 1,2549 \frac{kg CO_2}{1.000 tku km} \end{aligned} \quad (6.19)$$

$$Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^R \cong \mathbf{1,2549} \frac{kg CO_2}{1.000 tku km}$$

Para o sistema hidroviário, da mesma forma, tem-se:

$$\begin{aligned} Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^H &= \frac{Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^F}{1,7} \times \frac{1}{1,7} \times \frac{0,107752 \times 10^6 \left(\frac{kg CO_2}{km} \right)}{291,931 \times 10^6 (1.000 tku)} \cong \frac{0,063383}{291,931} \left(\frac{kg CO_2}{1.000 tku} \right) = \\ &= 0,2171 \frac{kg CO_2}{1.000 tku km} \end{aligned} \quad (6.20)$$

$$Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^H \cong \mathbf{0,2171} \frac{kg CO_2}{1.000 tku km}$$

¹⁶ Esse fator representa um valor que considera a simplificação adotada, e por tanto, influenciará o correspondente valor do fator rodoviário e hidroviário. Essa observação deve ser destacada, pois o ideal seria calcular, com base em uma real produção quilométrica, para uma distância ferroviária, considerando os consumos de combustíveis e outros derivados do petróleo, a real emissão em um determinado ano, simultaneamente para rodovias e hidrovias, na mesma região de influência (território) da ferrovia de referência e, com isso, ajustar as proporções de emissões com base nesses valores. Contudo, essa Tese assume a simplificação já descrita, estritamente para os fins científicos de aplicação do procedimento proposto. Visando estabelecer uma estimativa de produção quilométrica com base nessa simplificação, e também, que não tendesse para um supersimensionamento desse parâmetro, na alternativa ferroviária selecionada para aplicação do AHP, para cada segmento ferroviário que a compõe, adotou-se a média desses volumes, e considerou ainda, que esse volume médio percorre somente o total da extensão ferroviária da citada alternativa, o que equivale a não ter carga de retorno. Esse procedimento foi adotado para os demais modos.

Considerando trabalhar com um numero menor possível, de unidades compatíveis e visando melhorar a notação atribuída aos fatores descritos anteriormente, pode-se reescrever os fatores de ajustes de cada modo, da seguinte forma:

$$Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^R \cong 1,2549 \times 10^{-6} \frac{t CO_2}{tku km}$$

$$Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^F \cong 0,3691 \times 10^{-6} \frac{t CO_2}{tku km}$$

$$Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^H \cong 0,2171 \times 10^{-6} \frac{t CO_2}{tku km}$$

Estabelecidos esses fatores, e considerando todas as análises, suposições e definições estabelecidas, o cálculo para estimativa de emissões do gás CO₂ pelas alternativas de soluções definidas para aplicação do *AHP* é dado pelas seguintes Equações:

$$(E_{CO_2}^R)_A = d_A^R \times Pq_A^R \times Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^R \quad (6.21)$$

$$(E_{CO_2}^F)_A = d_A^F \times Pq_A^F \times Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^F \quad (6.22)$$

$$(E_{CO_2}^H)_A = d_A^H \times Pq_A^H \times Fator_{Ajuste} E_{CO_2}^H \quad (6.23)$$

Onde, assume-se então que:

- d_A^R = extensão atribuída à alternativa, A (onde o sobre índice significa: *R* = rodoviário, *F* = Ferroviário e *H* = Hidroviário) em quilômetros *km*; e
- Pq_A^R = produção quilométrica atribuída à alternativa em *tku* à alternativa, A (onde o sobre índice significa: *R* = rodoviário, *F* = Ferroviário e *H* = Hidroviário).

A partir desse ponto, basta identificar a extensão de cada projeto e a quantidade em toneladas, do total das cargas estimadas para serem movimentadas pelos mesmos. Com esses parâmetros utilizam-se as Equações 6.21, 6.22 e 6.23 para cálculo estimado

das emissões de CO₂ por cada uma dos respectivos modos, rodoviário, ferroviário e hidroviário, focos de avaliação nesta Tese.

6.3.7.4 Estimativas das Emissões de CO₂ por Modos de Transportes

Para se obter a produção quilométrica de cada projeto, deve-se multiplicar o total das toneladas de cargas (estimadas para movimentação por alternativa, segundo o PNLT) conforme atributos dos projetos que as definem, no período de um ano, pela extensão do mesmo, em quilômetros (ano de referência 2023).

Como dito antes, sendo a extensão e o total de cargas movimentadas no período de um ano informações atribuídas à base de dados georreferenciada do PNLT tem-se os elementos necessários para calcular os pesos estimados do Critério “C7”, em cada alternativa de solução do Vetor Logístico Amazônico, tratada na aplicação do AHP. Para facilitar o entendimento desse cálculo, estruturou-se a Tabela 6.14. No caso do ano de referência dos dados do PNLT não coincidir com 2011, basta identificar no Quadro 6.10 a quantidade de emissão de CO₂ do sistema ferroviário brasileiro equivalente ao ano desejado.

Como dito anteriormente, ao considerar que a taxa de emissão quilométrica de CO₂, em 2011, do sistema ferroviário brasileiro será mantida até 2023, as informações das alternativas sobre os quantitativos de seus tku's são, também, de 2023. Adotando-se essa referência temporal para que haja compatibilidade entre as informações de todos esses projetos e suas respectivas alternativas de soluções utilizadas nesta Tese, para aplicação pelo AHP geram-se as devidas equivalências nas tratativas de tais informações, em prol da estimativa dos valores do Critério “C7”.

Para finalizar a estimativa registrada na Tabela 6.14, deve-se adicionar ao modo rodoviário, a participação das emissões de CO₂ promovidas pela circulação de veículos de passageiros, ou seja, automóveis e coletivos. Visando facilitar a obtenção dessa informação adicional, e considerando ainda que atualmente diversas páginas eletrônicas, de livre acesso via *web*, possibilitam, pelos métodos já citados anteriormente, obterem-se estimativas de emissões de CO₂, por veículos de passeio e coletivos rodoviários. Portanto, basta calcular a estimativa de emissão de CO₂ para um veículo, do tipo passeio e do tipo coletivo para cada extensão, de cada uma das alternativas do modo rodoviário listadas na Tabela 6.14, para se obter a emissão unitária de cada uma delas.

Tabela 6.14: Emissão do gás CO₂, por modo de transporte e alternativas, segundo produção quilométrica.

Alternativa (Código)	Modo	A	B	C	D	E	F
		<i>d</i> (km)	Volume Cargas Útil* (mil tu/ano)	Pq (tku/ano) A*B	<i>Fator</i> _{Ajuste} <i>E</i> ^{Modo} _{CO₂} $\left(\frac{t\ CO_2}{tku\ km}\right)$	<i>E</i> ^{Modo} _{CO₂} $\left(\frac{t\ CO_2}{ano}\right)$ A*C*D	<i>E</i> ^{Modo} _{CO₂} $\left(\frac{t\ CO_2}{ano}\right)$ Acumulado
A01_1	R	826,19	19.518	16.344.516.770,00	1,2549 *10 ⁻⁶	20.510,73	20.510,73
A01_2	R	984,02	5.156	4.539.284.260,00	1,2549 *10 ⁻⁶	5.696,35	26.207,08
A01_3	R	2.744,82	8.078	22.405.965.660,00	1,2549 *10 ⁻⁶	28.117,25	54.324,33
A01_4	R	442,20	279	95.515.200,00	1,2549 *10 ⁻⁶	119,86	54.444,19
A01_5	R	57,00	690	39.330.000,00	1,2549 *10 ⁻⁶	49,36	54.493,55
A01_6	R	1.080,78	5.162	3.870.273.180,00	1,2549 *10 ⁻⁶	4.856,81	59.350,35
A01_7	R	255,70	282	95.887.500,00	1,2549 *10 ⁻⁶	120,33	59.470,68
A01_8	R	458,29	3.403	1.559.102.580,00	1,2549 *10 ⁻⁶	1.956,52	61.427,20
A01_9	R	338,07	841	112.577.310,00	1,2549 *10 ⁻⁶	141,27	61.568,47
A01_10	R	185,24	250**	46.310.000,00	1,2549 *10 ⁻⁶	58,11	61.626,59
A01_11	R	25,00	250**	6.250.000,00	1,2549 *10 ⁻⁶	7,84	61.634,43
A01_12	R	716,52	5.934	2.646.824.880,00	1,2549 *10 ⁻⁶	3.321,50	64.955,93
A01_13	R	143,00	250**	35.750.000,00	1,2549 *10 ⁻⁶	44,86	65.000,79
A02_1	F	3.009,83	11.622	28.840.191.060,00	0,3691 *10 ⁻⁶	10.644,91	75.645,71
A03_1	H	988,04	5.350	5.244.516.320,00	0,2171 *10 ⁻⁶	1.138,58	76.784,29

* Foi considerada a média dos volumes de cargas (toneladas útil) dos segmentos que compõem os projetos que definem as alternativas, para o ano 2023.

** Os projetos que definem as respectivas alternativas não foram sensibilizados na modelagem do PNLT para volumes de cargas. Adotou-se a quantidade de 250 mil t/ano, apenas para não conter zero, pois isso não seria verificado em termos práticos, após a implantação dos mesmos.

Com esse valor, basta multiplicá-lo pelo correspondente volume de tráfego anual, de cada classe de veículo correspondente, ou seja, passeio (automóveis) ou coletivo, tendo-se, assim, a emissão anual que interessa adicionar na própria Tabela 6.14, na coluna E.

Dessa forma, optou-se em utilizar a “calculadora” de emissão de CO₂ ilustrada pela Figura 6.11, entre as diversas possibilidades de “calculadoras” disponíveis pelo acesso via *web*.

Calculadora CO ₂	Emissão	
	Anual do item (kgCO ₂ e)	Total do ano (kgCO ₂ e)
Consumo de Eletricidade ?		
Energia Elétrica: R\$ <input type="text" value="0.00"/> /mês	0	0
Consumo de Gás ?		
Gás Natural: R\$ <input type="text" value="0.00"/> /mês	0	0
Gás de Cozinha: <input checked="" type="radio"/> Botijões pequenos (13kg) <input type="radio"/> Botijões grandes (45kg) <input type="text" value="0"/> botijões por ano	0	
Consumo de Combustíveis ?		
Selecione o tipo: <input type="text" value="Gasolina Pequeno (1.0a)"/> <input type="text" value="1"/> Km/dia	37	37
<input type="button" value="ADICIONAR VEÍCULO"/>		
Consumo nos transportes públicos ?		
Ônibus: <input type="text" value="0"/> Km/dia	0	0
Metrô: <input type="text" value="0"/> Km/dia	0	
Trem: <input type="text" value="0"/> Km/dia	0	
<input type="button" value="Calcular"/>		
0.037 ton CO ₂ e por ano		

Figura 6.11: Cálculo da emissão de CO₂ por veículos rodoviários – passeio.

Fonte: Iniciativa Verde (2013).

A partir disto, foi possível efetuar os cálculos complementares à Tabela 6.14, conforme registro da Tabela 6.15.

Tabela 6.15: Emissão do gás CO₂, para alternativas do modo rodoviário – veículos de passeio e coletivo.

Alternativa (Código)	Modo	A	B	C	D	E	F
		<i>d</i> (km)	Emissão Unitária* Veic. Passeio $\left(\frac{t\ CO_2}{ano}\right)$	Emissão Unitária** Veic. Coletivo $\left(\frac{t\ CO_2}{ano}\right)$	Passeio (VMDA)	Coletivo (VMDA)	Emissão Total $\left(\frac{t\ CO_2}{ano}\right)$ [(A*D)+(C*E)]
A01_1	R	826,19	30,57	27,79	1.531	44	48.699,81
A01_2	R	984,02	36,41	35,39	1.470	50	56.003,86
A01_3	R	2.744,82	101,56	85,69	2.810	184	308.537,27
A01_4	R	442,20	16,36	25,24	84	6	1.494,92
A01_5	R	57,00	2,11	2,33	167	6	369,29
A01_6	R	1.080,78	39,99	50,33	198	33	9.445,24
A01_7	R	255,70	9,46	16,92	69	19	857,11
A01_8	R	458,29	16,96	12,83	126	3	2.211,59
A01_9	R	338,07	12,51	14,06	24	6	385,75
A01_10	R	185,24	6,85	7,34	24	6	211,37
A01_11	R	25,00	0,93	1,03	24	6	28,53
A01_12	R	716,52	26,51	7,56	548	36	15.710,53
A01_13	R	143,00	5,29	7,77	24	6	163,17
A02_1	F	3.009,83	-	-	-	-	-
A03_1	H	988,04	-	-	-	-	-

*Calculada para a extensão da alternativa, considerando o percurso de um veículo de passeio (valor unitário, 1 km/dia \cong 0,0373265 $\frac{t\ CO_2}{ano}$).

**Calculada para a extensão da alternativa, considerando o percurso de um veículo coletivo (valor unitário, 1 km/dia \cong 0,0408676 $\frac{t\ CO_2}{ano}$).

Com os valores de emissões de CO₂ registrados na Tabela 6.15, retorna-se à Tabela 6.14, gerando a Tabela 6.16, no qual os projetos rodoviários registram as emissões de CO₂ considerando além das toneladas transportadas por ano, as emissões dos veículos de passeios e coletivos.

Com o resultado da Tabela 6.16, geram-se os resultados normalizados dos pesos do Critério “C7” atribuídos a cada alternativa de solução definida para aplicação do AHP, conforme Tabela 6.17.

Tabela 6.16: Valor da Emissão de CO₂ por alternativa selecionada.

Alternativa (Código)	Total Projeto (t CO ₂ /ano)	(t CO ₂ /ano)	
		Tabela 6.14	Tabela 6.15
<i>A01_1</i>	69.210,54	20.510,73	48.699,81
<i>A01_2</i>	61.700,21	5.696,35	56.003,86
<i>A01_3</i>	336.654,52	28.117,25	308.537,27
<i>A01_4</i>	1.614,78	119,86	1.494,92
<i>A01_5</i>	418,65	49,36	369,29
<i>A01_6</i>	14.302,05	4.856,81	9.445,24
<i>A01_7</i>	977,44	120,33	857,11
<i>A01_8</i>	4.168,11	1.956,52	2.211,59
<i>A01_9</i>	527,02	141,27	385,75
<i>A01_10</i>	269,48	58,11	211,37
<i>A01_11</i>	36,37	7,84	28,53
<i>A01_12</i>	19.032,03	3.321,50	15.710,53
<i>A01_13</i>	208,03	44,86	163,17
<i>A02_1</i>	10.644,91	10.644,91	-
<i>A03_1</i>	1.138,58	1.138,58	-
Total	520.902,72		

Tabela 6.17: Valor da Emissão de CO₂ por alternativa selecionada.

Alternativa (Código)	Redução da Emissão de Poluentes Atmosféricos (t CO ₂)	Normalizado	
		(tCO ₂ Min./tCO ₂)	$\frac{(tCO_{2Min.}/tCO_2)}{\sum (tCO_{2Min.}/tCO_2)}$
<i>A01_1</i>	69.210,54	0,0005	0,0000
<i>A01_2</i>	61.700,21	0,0006	0,0000
<i>A01_3</i>	336.654,52	0,0001	0,0000
<i>A01_4</i>	1.614,78	0,0225	0,0140
<i>A01_5</i>	418,65	0,0869	0,0550
<i>A01_6</i>	14.302,05	0,0025	0,0020
<i>A01_7</i>	977,44	0,0372	0,0240
<i>A01_8</i>	4.168,11	0,0087	0,0060
<i>A01_9</i>	527,02	0,0690	0,0440
<i>A01_10</i>	269,48	0,1350	0,0860
<i>A01_11</i>	36,37	1,0000	0,6350
<i>A01_12</i>	19.032,03	0,0019	0,0010
<i>A01_13</i>	208,03	0,1748	0,1110
<i>A02_1</i>	10.644,91	0,0034	0,0020
<i>A03_1</i>	1.138,58	0,0319	0,0200
$\sum \frac{tCO_{2Min.}}{tCO_2}$		1,5752	Pesos C7

* Mínimo valor = 1,000 = 36,37

Assim, com a normalização dos pesos do critério “C7”, conclui-se a fase de preparação para inserção direta desses valores e aqueles dos demais critérios, no *software Expert Choice*. Para facilitar essa tarefa, os pesos normalizados de todos os critérios, para cada uma das alternativas de soluções foi organizada em uma única Tabela, conforme apresentado no próximo item.

CAPÍTULO 7. RESULTADOS DA APLICAÇÃO

As descrições da aplicação do procedimento proposto apresentadas ao longo do Capítulo 6 são fundamentais para se estruturar os dados de entrada do AHP, por meio do *software Expert Choice*, o qual fornece um conjunto de resultados (saída de dados) descritos e analisados neste Capítulo.

As descrições desses resultados e suas análises, inclusive a de sensibilidade geram os elementos conclusivos desta Tese, pois servem à busca das respostas para as duas questões apresentadas no Capítulo 1, inclusive da verificação do objetivo principal.

7.1 DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

O conjunto de valores dos pesos normalizados de todos os critérios em cada uma das alternativas é registrado na Tabela 7.1. A inserção dos pesos normalizado no *software Expert Choice*, de cada critério em cada alternativa gera como resultado os valores correspondentes, conforme Figura 7.1.

Essas informações tratadas pelo citado software resultam nos resultados de priorização das alternativas de soluções definidas conforme projetos de infraestrutura de transportes selecionados no portfólio do Vetor Logístico Amazônico, conforme o Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT (MT, MD, 2007, 2009). Assim, Chega-se ao ponto principal desta Tese, a partir do qual se desenvolve um conjunto de análises conclusivas.

A título de exemplo, na Figura 7.1, a coluna onde se lê “C1 (L: ,211)” é resultante da inserção dos pesos normalizados, conforme ilustração da Figura 7.2. No Apêndice IV, estão às figuras que ilustram todas as inserções de pesos normalizados, cujos resultados correspondentes constam dos valores de cada coluna da Figura 7.1.

Tabela 7.1: Estrutura de identificação dos valores (pesos) dos critérios em cada alternativa.

Código	Redução dos Custos de Transportes	Taxa Interna de Retorno Econômico	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Redução das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	\$	<i>TIR</i> (% benefícios econômicos)	<i>u.n.</i> <i>Term. Integração</i>	% (<i>m/km²</i>)	<i>IDH</i>	<i>km</i>	<i>ton./m³CO₂</i>
<i>A01_1</i>	0,1625	0,0517	0,0698	0,0440	0,0710	0,0177	0,0000
<i>A01_2</i>	0,0014	0,0517	0,1626	0,0523	0,0745	0,0642	0,0000
<i>A01_3</i>	0,0338	0,0690	0,0698	0,1458	0,0710	0,0167	0,0000
<i>A01_4</i>	0,0001	0,0000	0,0930	0,0234	0,0712	0,0093	0,0140
<i>A01_5</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0030	0,0648	0,0694	0,0550
<i>A01_6</i>	0,0315	0,1035	0,0465	0,0574	0,0657	0,0229	0,0020
<i>A01_7</i>	0,0002	0,0517	0,0233	0,0136	0,0622	0,3472	0,0240
<i>A01_8</i>	0,3965	0,2069	0,0233	0,0243	0,0582	0,1222	0,0060
<i>A01_9</i>	0,0000	0,0000	0,0233	0,0180	0,0652	0,0375	0,0440
<i>A01_10</i>	0,0000	0,0000	0,0233	0,0098	0,0703	0,0715	0,0860
<i>A01_11</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,0684	0,1648	0,6350
<i>A01_12</i>	0,0045	0,0517	0,0000	0,0380	0,0600	0,0145	0,0010
<i>A01_13</i>	0,0000	0,0000	0,0233	0,0076	0,0648	0,0330	0,1110
<i>A02_1</i>	0,3608	0,2069	0,3022	0,5106	0,0649	0,0049	0,0020
<i>A03_1</i>	0,0087	0,2069	0,1396	0,0509	0,0678	0,0042	0,0200

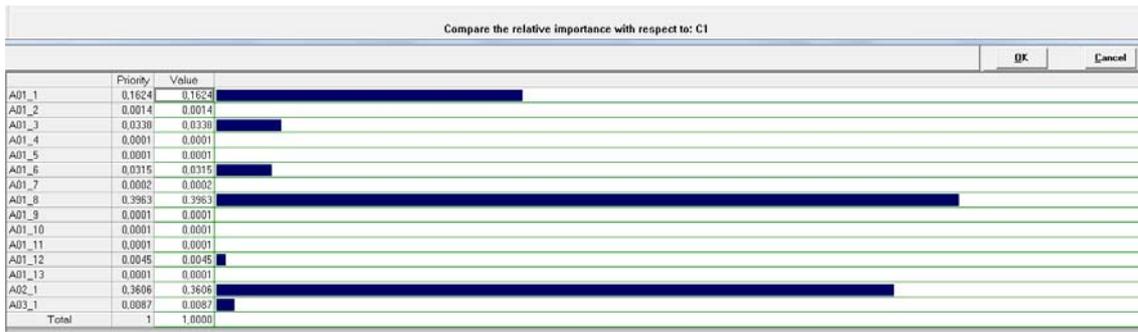


Figura 7.2: Pesos normalizados “CI” inseridos diretamente no software *Expert Choice*.

Os resultados obtidos pelo uso dessas informações, com a utilização do software *Expert Choice*, registram-se na ilustração da Figura 7.3 e nas informações da Tabela 7.2.

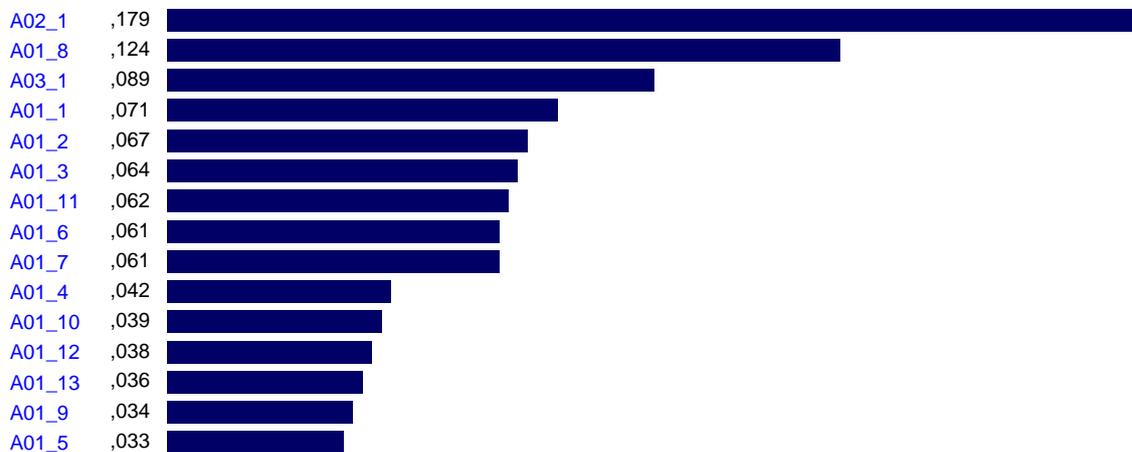


Figura 7.3: Hierarquização das Alternativas – resultado combinação global.

A hierarquização ilustrada na Figura 7.3 indica as prioridades das alternativas de soluções definidas para aplicação do AHP. Pela ilustração citada, a alternativa “A02_1” resulta com o maior grau de prioridade, e equivale ao projeto ferroviário, como descrito na Tabela 7.2. A Tabela 7.2 permite uma identificação mais direta e detalhada da hierarquização dessas alternativas, e com isso, dos correspondentes projetos do portfólio do PNLT, no Vetor Logístico Amazônico.

Tabela 7.2: Estrutura de identificação dos valores (pesos) dos critérios em cada alternativa.

Ordem	Modo	Código	UF(s)	Tipo	Descrição
1º	F	A02_1	MT, RO, AC	Construção	EF-354: (trecho de interesse do Vetor Logístico Amazônico)
2º	R	A01_8	MT	Pavimentação	BR-242: Trecho Ribeirão Cascalheira/MT (BR-158) - Sorriso/MT (BR-163).
3º	H	A03_1	MT, PA.	Implantação	Ligação hidroviária: Teles Pires e Tapajós , do norte do estado de Mato Grosso até Santarém/PA.
4º	R	A01_1	RO, AM	Implantação/Construção	BR-319: Trecho Porto Velho/RO Manaus/AM.
5º	R	A01_2	AC, RO	Construção /Pavimentação/ Recuperação	BR-364: Interligação rodoviária entre Cruzeiro do Sul/AC – Sena Madureira/AC, Rio Branco/AC – Porto Velho/RO.
6º	R	A01_3	PA	Construção/Pavimentação	BR-230: Trecho Marabá (PA) - Altamira (PA) – Itaituba (PA), passando por Rurópolis – (PA). Itaituba/PA e Lábrea/AM. Humaitá/AM e Lábrea/AM
7º	R	A01_11	RR	Construção/Pavimentação	BR-433: Trecho entre o entroncamento BR-433/BR-174 - Sumuru/RR.
8º	R	A01_6	MT, PA	Duplicação Constr./Pav. Recuperação	BR-163: Trecho Guarantã do Norte/MT - Santarém/PA. Trecho Sinop/MT - Matupá/MT, Recuperação.
9º	R	A01_7	MT	Construção/Pavimentação	BR-174: Trecho entre Juína/MT - Aripuanã/MT. Trecho Próximo ao Km-20, na Divisa RO/MT.
10º	R	A01_4	AM	Implantação/Construção	BR-317: Lábrea/AM e a Divisa AM/AC passando por Boca do Acre/AM
11º	R	A01_10	RR	Pavimentação	BR-401/432: Bonfim/RR - Normandia/RR.
12º	R	A01_12	MT	Construção/Pavimentação	BR-364: trecho Diamantino/MT – Sapezal/MT – Comodoro/MT – Campo Novo do Parecis/MT.
13º	R	A01_13	RR	Pavimentação	BR-431: trecho de Santa Maria/RR até Jundiá/RR, (Rorainópolis/RR)
14º	R	A01_9	RO	Pavimentação	BR-429: Trecho entre o entroncamento BR-364/BR-429 - Costa Marques/RO.
15º	R	A01_5	RR	Pavimentação	BR-210: Trecho Entre Rios/RR até SJ. Baliza/RR

De todas as análises possíveis de serem produzidas com base nos resultados obtidos, destaca-se que as alternativas mais relevantes na hierarquia listada na Tabela 7.2, ou seja, “A02_1”, “A01_8” e “A03_1”, correspondem, respectivamente, aos seguintes projetos:

1. de construção ferroviária: **EF-354**: *Litoral Norte Fluminense/RJ - Muriaé/MG - Ipatinga/MG - Paracatu/MG - Brasília/DF - Uruaçu/GO - Cocalinho/MT - Ribeirão Cascalheira/MT - Lucas do Rio Verde/MT - Vilhena/RO - Porto Velho/RO - Rio Branco/AC - Cruzeiro do Sul/AC - Fronteira Brasil-Peru (Boqueirão da Esperança/AC)*, sendo que desse traçado, a construção trata somente dos segmentos nos Estados de Mato Grosso, Rondônia e Acre, correspondendo a uma extensão de 3.009,83 km sendo que parte dessa extensão passa do Vetor Logístico Amazônico para o Centro Norte, pois a sua funcionalidade depende disso, naquilo que envolve o entroncamento com a BR-158/MT;
2. de pavimentação rodoviária: **BR-242**: *Trecho Ribeirão Cascalheira/MT (BR-158) - Sorriso/MT (BR-163)*, sendo o segmento rodoviário que define este projeto também passa do Vetor Logístico Amazônico para o Centro Norte, pois como se lê em sua descrição, a sua funcionalidade está vinculado à ligação entre a BR-163/MT e a BR-158/MT e;
3. de implantação hidroviária: **Teles Pires e Tapajós, do norte do estado de Mato Grosso até Santarém/PA**, que está integralmente inserida no Vetor Logístico Amazônico, nos Estados de Mato Grosso e Pará.

Desses três projetos, podem-se deduzir:

- a. o primeiro projeto promove conexões para o transporte da carga por ferrovia, integrada à hidrovía do rio madeira, atualmente em operação para o transporte de graneis produzidos no Estado do Mato Grosso, mas com integração por meio rodoviário;
- b. esse projeto permite uma integração ferroviária da uma das mais relevantes regiões produtora de graneis sólidos vegetais, com conexões à rede rodoviária do Estado de Goiás, que dá acesso ao Porto de Santos, SP, de Paranaguá, PR e ainda, com trecho da ferrovia EF-151 (Norte Sul);
- c. o segundo projeto favorece a redução dos custos de transportes da região Nordeste do Estado do Mato Grosso, quando interliga a BR-163/MT com a

BR-158/MT;

- d. esse projeto, na sua ligação com a BR-158/MT, favorece a redução das distâncias de conexão com a EF-354, ou seja, a integração com o primeiro projeto;
- e. o terceiro projeto promove o acesso integrado à rede rodoviária mato-grossense ao transporte fluvial, com significativa redução das distâncias de transportes à movimentação da produção de granéis sólidos vegetais, principalmente os destinados ao comércio exterior, pela utilização do Porto de Santarém, PA;
- f. esse projeto permite ainda o transporte de outros produtos, como granéis líquidos (combustíveis) para abastecimento do Estado do Mato Grosso, na sua porção Norte, no sentido inverso ao transporte de grãos, ou seja, a partir do Porto de Santarém, PA, para o Estado do Mato Grosso;
- g. todos os três projetos de maior prioridade obtidos nos resultados anteriores, possuem características especiais para a redução dos custos de transporte no Vetor Logístico Amazônico, e interligam diversas regiões produtoras de granéis sólidos vegetais com a BR-163/MT, BR-158/MT, os portos de Porto Velho, RO, Manaus, AM, e Santarém, PA, por meio da integração ferroviária e hidroviária, ainda carentes de funcionamento no Vetor Logístico Amazônico, para o transporte de cargas.

Extrapolando a análise para os três projetos de maior relevância na hierarquia obtida, pode-se observar ainda, pela análise da Tabela 7.2, que os projetos classificados na quarta e quinta posição, possuem relação com o projeto que obteve a maior relevância, ou seja, a ferrovia EF-354.

O quarto colocado, que trata da rodovia BR-319/RO/AM, promove a ligação terrestre entre as capitais dos Estados de Rondônia e Amazonas, o que significa integrar o porto de Manaus, AM, ao de Porto Velho, RO, e com isso, a Zona Franca de Manaus, localizada no município de Manaus – AM, tanto ao porto de Porto Velho, RO, como à ferrovia, EF-354, principalmente para o transporte de produtos que sejam mais adequados a esse tipo de integração, do que aqueles mais viáveis ao transporte fluvial via hidrovía do Rio Madeira.

O quinto colocado consta do projeto de construção e pavimentação da BR-364, no segmento que interliga a fronteira do Estado do Acre com o Peru, seguindo em

paralelo ao traçado da EF-354 (projeto de maior prioridade), até a capital do Estado do Acre, Rio Branco, e desta, até a capital do Estado de Rondônia, Porto Velho, permitindo uma integração do tipo “rodo-ferro-hidro”.

Assim, observa-se que existe uma relação entre o projeto mais relevante na hierarquização e aqueles da quarta e quinta colocação. No caso da hidrovia “Teles Pires – Tapajós” essa possui relação com o projeto que apresentou a sexta classificação na hierarquia de prioridades, ou seja, a BR-230/PA (Transamazônica), que se interliga no município de Itaituba a essa hidrovia, gerando a possibilidade da instalação, neste local, de mais um porto fluvial.

Desses seis projetos avaliados, ressalta-se que o de maior importância não foi exatamente aquele que promoveu, entre todos os demais, o maior benefício econômico, relacionado à redução dos custos de transportes. Resgatando-se informações da Tabela 6.6, elabora-se a Tabela 6.20, pela qual se pode analisar essa afirmação.

A alternativa “A01_8”, que corresponde ao projeto de pavimentação da: *BR-242: Trecho Ribeirão Cascalheira/MT (BR-158) - Sorriso/MT (BR-163)*, consta daquele que apresentou o maior benefício financeiro e econômico na redução dos custos de transportes. Contudo, na hierarquização dos investimentos, visando atender ao objetivo principal proposto na aplicação do AHP, esse projeto apresentou a segunda maior prioridade.

Nesse mesmo contexto, analisando-se as informações da Tabela 7.3, deduz-se que para o critério “CI”, o projeto correspondente à alternativa “A03_I”: implantação hidroviária “*Teles Pires e Tapajós, do norte do estado de Mato Grosso até Santarém/PA*”, apresenta a sexta maior prioridade, como pode ser comprovado pela Figura 6.16. Contudo, o seu resultado considerando a ponderação de todos os demais critérios faz com que a sua prioridade seja a terceira mais importante, em relação aos outros projetos. Isso significa a importância da consideração de todos os critérios definidos nesta Tese.

Pela análise da Figura 6.14, considerando somente a critério “CI”, que consta de: “*Redução dos Custos de Transportes*”, na ponderação das alternativas, visando o objetivo principal, ou seja, “*equilíbrio da matriz modal de transporte de cargas*”, o projeto correspondente à alternativa “A01_8”, seria o de maior prioridade.

Tabela 7.3: Valor do benefício financeiro e econômico por alternativa.

Alternativa (Código)	MM R\$*
<i>A01_1</i>	2.887,00
<i>A01_2</i>	24,00
<i>A01_3</i>	600,00
<i>A01_4</i>	2,00
<i>A01_5</i>	1,00
<i>A01_6</i>	560,00
<i>A01_7</i>	4,00
<i>A01_8</i>	7.045,00
<i>A01_9</i>	0,00
<i>A01_10</i>	0,00
<i>A01_11</i>	0,00
<i>A01_12</i>	80,00
<i>A01_13</i>	0,00
<i>A02_1</i>	6.410,80
<i>A03_1</i>	154,00

* Em milhões de reais (MM R\$)

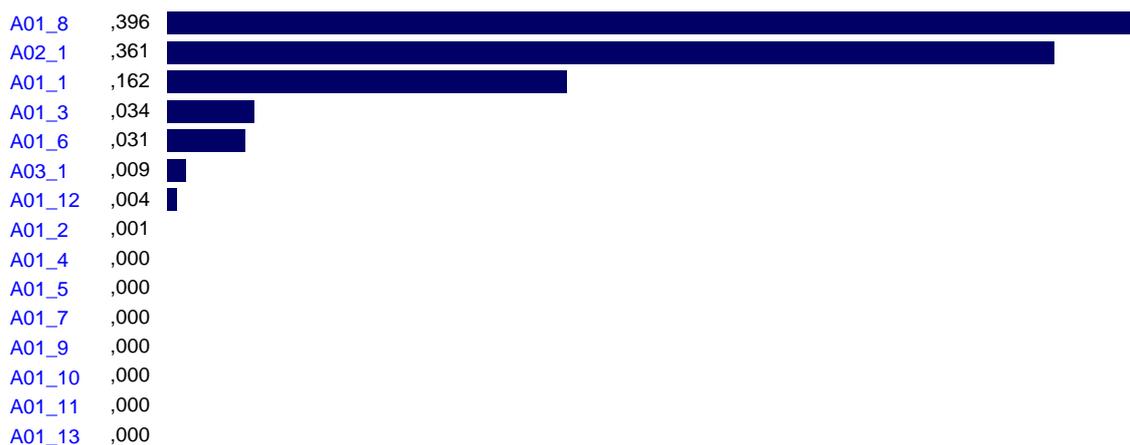


Figura 7.4: Hierarquização das Alternativas – resultados combinados critério *CI*.

Utilizando-se de qualquer outro critério isolado, entre aqueles tratados na proposta de aplicação do AHP, a ordem estabelecida pela Figura 7.4 seria alterada,

conforme conta do Apêndice V. Nesse contexto, avaliando-se as ilustrações registradas no Apêndice V, particularmente as Figuras V.6 e V.7, observa-se que se as alternativas fossem hierarquizadas segundo o Critério “C6” e/ou “C7”, que representa respectivamente a “Redução das Interfaces Ambientais” e a “Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos”, seriam consideradas como as de menor relevância, exatamente as alternativas “A01_7” e “A01_11”, totalmente distinto do resultado da priorização considerando todos os critérios, conforme Figura 7.4.

Cabe destacar, ainda, que conforme analisado no item 6.1 deste capítulo, para os critérios, as prioridades das alternativas também variam em relação à combinação de resultados por grupo de especialistas. As Figuras 7.5 a 7.8 ilustram os resultados correspondentes, e que podem ser comparados àqueles da Figura 7.4.

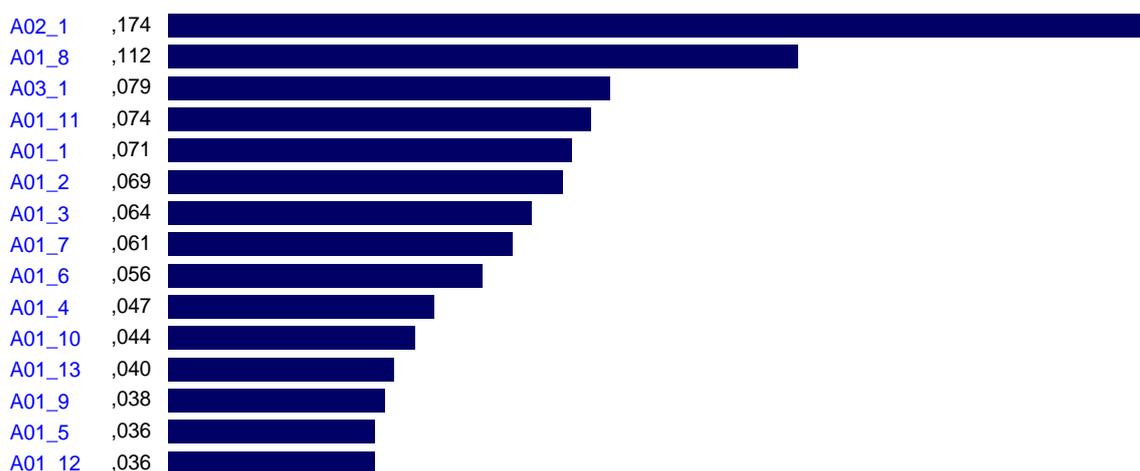


Figura 7.5: Hierarquização das Alternativas – resultados Grupo Governamental (I).

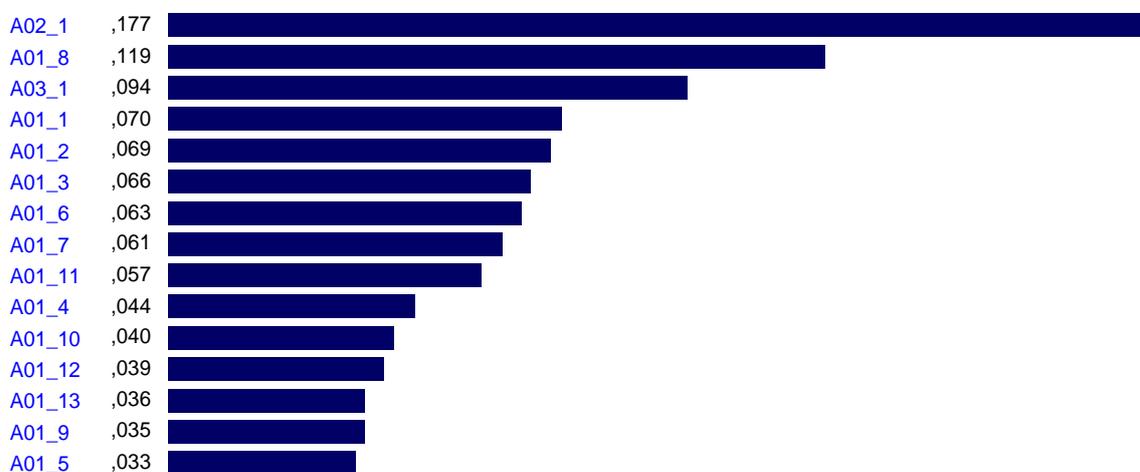


Figura 7.6: Hierarquização das Alternativas – resultados Grupo Acadêmico (II).

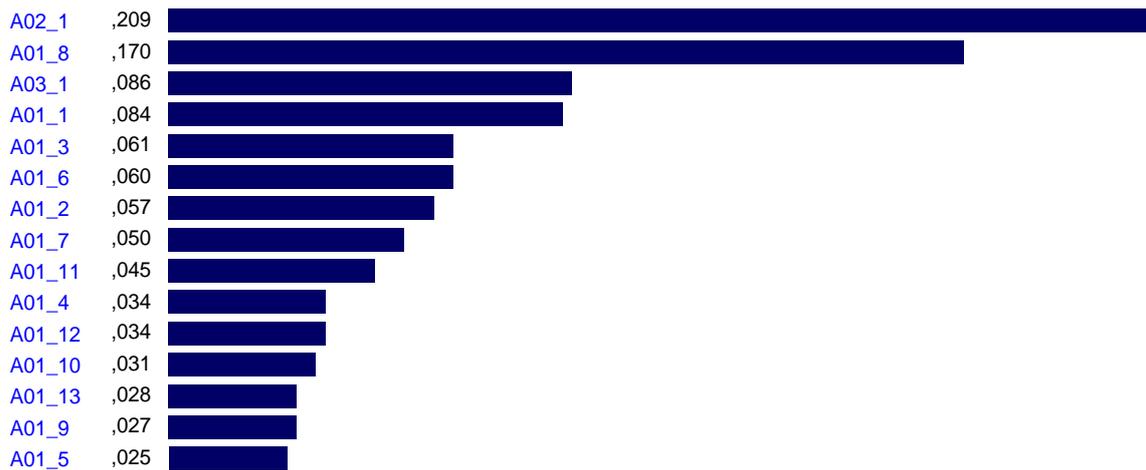


Figura 7.7: Hierarquização das Alternativas – resultados Grupo Não Governamental (III).

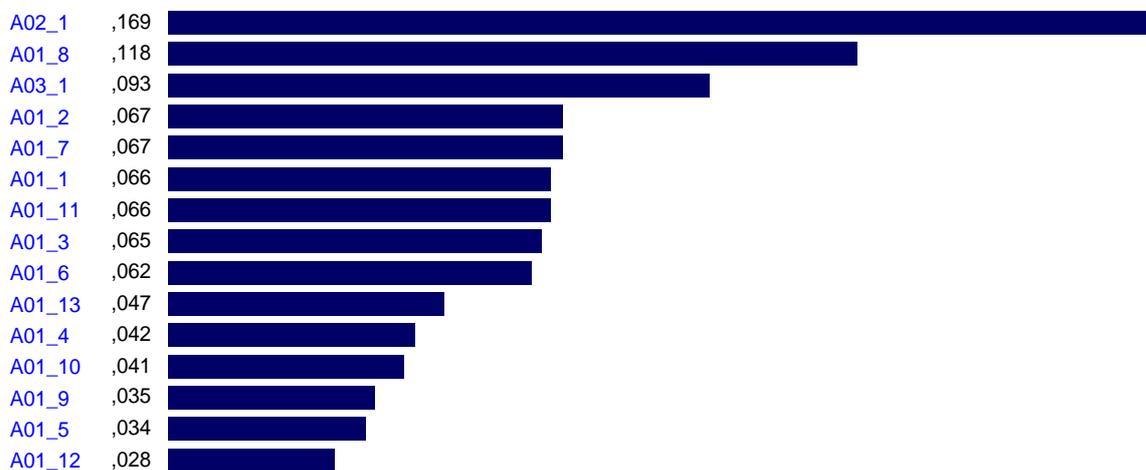


Figura 7.8: Hierarquização das Alternativas – resultados do Grupo Especialistas (IV).

Analisando as informações dos gráficos ilustrados pelas Figuras 7.5 a 7.8, deduz-se que as três alternativas mais relevantes em prioridade, mesmo que com pesos distintos em cada um desses resultados, permanecem iguais à hierarquia obtida para todos os grupos combinados, ou seja, “A02_I”, “A01_8” e “A03_I”, que correspondem aos projetos descritos e analisados anteriormente, para os resultados ilustrados pela Figura 7.4.

Em suma, independente dos grupos de colaboradores, esses três projetos surgem com maiores prioridades, com a mesma hierarquia em relação aos demais. Com relação aos demais projetos, em nenhum dos resultados apresentados pelas ilustrações das Figuras 7.5 a 7.8 ocorrem uma ordem hierárquica comum entre eles.

A primeira observação a ser ressaltada, trata do fato de todos os resultados, tanto combinados entre todos os especialistas de todos os grupos, como por cada um dos grupos, consolidaram a importância hierárquica dos três mais relevantes projetos.

O segundo aspecto a ser destacado, consta dos resultados em todos os casos ilustrados anteriores, ou seja, Figura 7.3 e Figura 7.5 a 7.8, nos quais a alternativa “A01_5”, que varia entre a penúltima e última colocação nas hierarquias de prioridades, corresponde ao projeto: **BR-210: Trecho Entre Rios/RR até S.J. Baliza/RR**, cuja extensão é de 57,00 km, inserido no Estado de Roraima, e consta de uma obra de pavimentação, cujas características que a justificam, passam pelos motivos de acessibilidade a áreas estratégicas para defesa e segurança nacional, como de importância para mobilidade regional, em pleno Bioma Amazônico.

Nessa mesma diretriz, a alternativa “A01_9”, possui uma hierarquização de prioridade variando entre a antepenúltima e penúltima colocação nas prioridades dos projetos analisados. Essa alternativa corresponde ao projeto: **BR-429: Trecho entre o entroncamento BR-364/BR-429 - Costa Marques/RO**. Esse projeto tem uma extensão maior do que o anterior, ou seja, de 338,07 km. Contudo, trata-se de uma rodovia com características de ligação com a fronteira do Estado de Rondônia e a Bolívia, o que remete a mesma justificativa estratégica, para fins de defesa, bem como de ligação regional e local, entre municípios localizados na região que vai dessa fronteira à BR-364/RO. Mesmo sendo uma região com um grau de antropização maior do que aquela da BR-210/RR, não se trata especificamente de uma área de alta produção de grãos, como aquelas estabelecidas no Estado do Mato Grosso, por exemplo.

Mantendo-se esse tipo de abordagem podem-se promover diversas análises sobre os resultados ilustrados pelas figuras citadas, bem como na comparação dos mesmos. Assim, visando explorar as variações dessas prioridades em relação a possíveis variações dos pesos dos critérios que as determinam, utilizam-se nesta Tese, os mecanismos da “Análise de Sensibilidade”, o que pode ser elaborada, também, por meio do *software Expert Choice*. Esses mecanismos permitem verificar as inversões das prioridades estabelecidas para as alternativas listadas, partindo-se de hipóteses de variações dos pesos dos critérios definidos e estabelecidos anteriormente.

Sendo possível para esse tipo de análise uma diversidade de variações, na sequência, trata-se de aplicá-la somente para os resultados da Figura 7.3.

7.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Considerando os resultados ilustrados pela Figura 7.3, e com o suporte do *software Expert Choice* foram elaborados alguns cenários de variação dos pesos dos critérios utilizados para hierarquização das alternativas. Essas variações constam das “Análises de Sensibilidade” que permitem avaliar o quanto a hierarquização estabelecida mudaria, caso as os pesos dos especialistas colaboradores fossem distintos daqueles tratados nos itens anteriores.

Com base em um conjunto de experimentos realizados com o *software Expert Choice*, visando ordenar a “Análise de Sensibilidade” para que não se torne demasiada, na sequência são tratados os seguintes cenários:

- (A) qual a mínima variação que deve ser promovida para o critério de maior relevância “*CI*” visando obter uma inversão de prioridade na hierarquização das três alternativas mais relevantes e, qual o valor resultante do peso do critério de menor relevância “*C6*”;
- (B) qual a inversão das prioridades na hierarquização das alternativas, caso esse critério fosse nulo;
- (C) qual a mínima variação que deve ser promovida para o critério de menor relevância “*C6*” visando obter uma variação de prioridade na hierarquização das três alternativas mais relevantes e, qual o correspondente valor do peso do critério de maior relevância “*CI*”;
- (D) qual a inversão de prioridades na hierarquização das alternativas, caso esse critério fosse nulo;

Para fins de comparação, a disposição do desempenho (*desempenho*) das alternativas, antes de aplicar as “Análise de Sensibilidade” consta dos resultados ilustrados pela Figura 6.19.

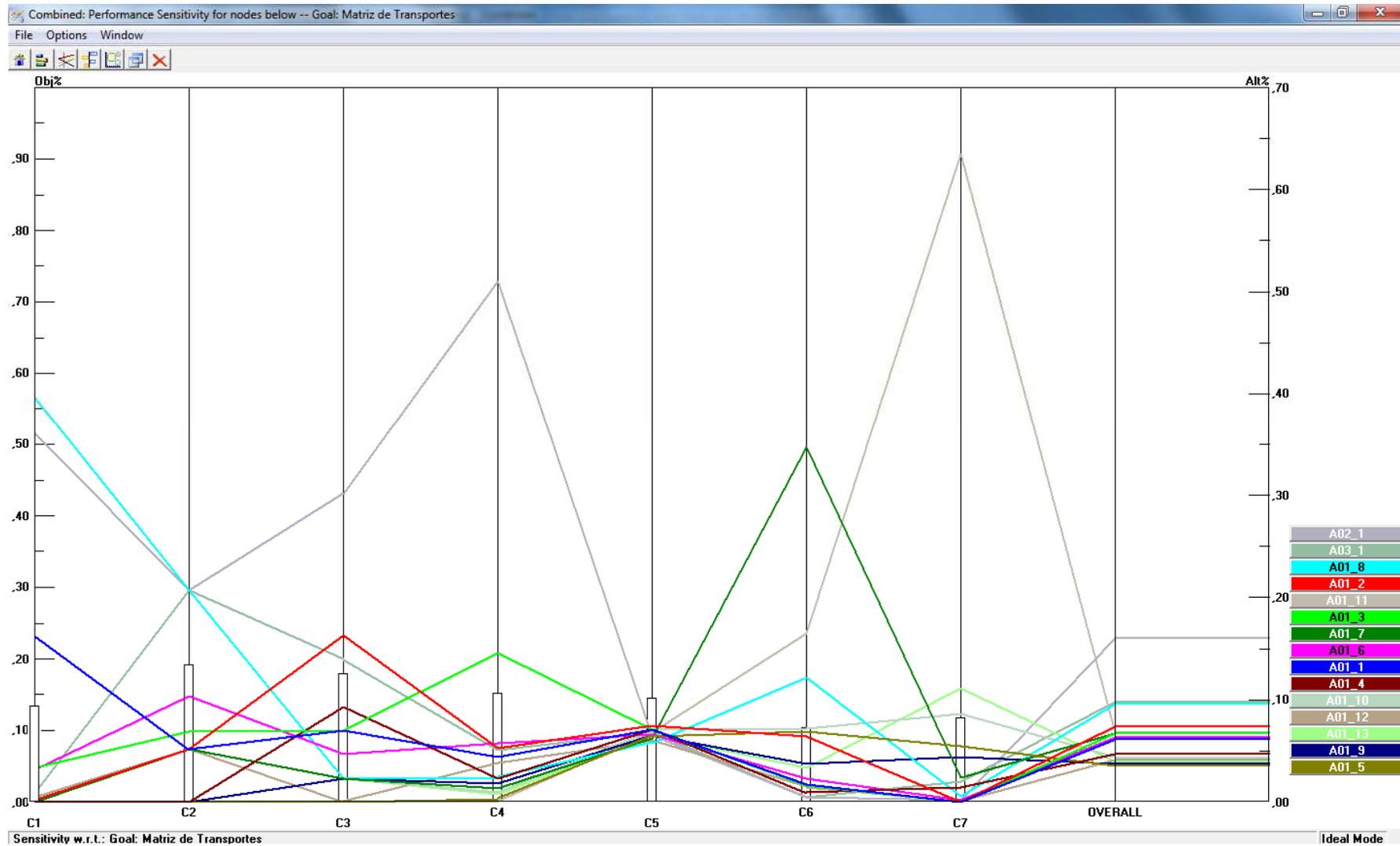


Figura 7.10: Gráfico de *performance* das alternativas – combinação global – Análise de Sensibilidade, cenário (A).

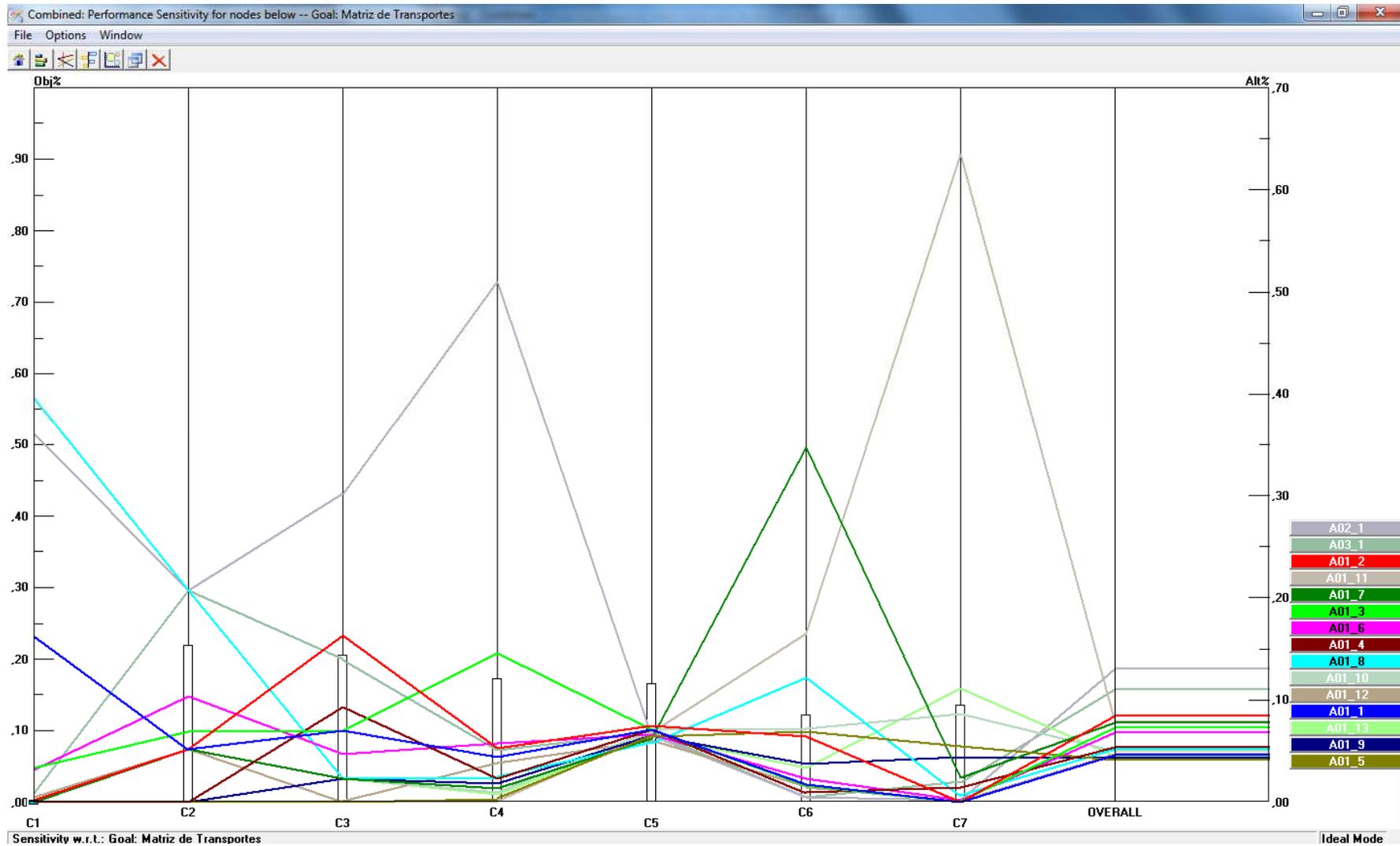


Figura 7.11: Gráfico de *performance* das alternativas – combinação global – Análise de Sensibilidade, cenário (B).

Com base nos resultados ilustrados pelas Figuras 7.10 e 7.11, têm-se as seguintes respostas para cada um dos cenários definidos anteriormente:

- (A) a mínima variação que deve ser promovida para o critério de maior relevância “*CI*” é de aproximadamente -0,081 pontos no seu peso, equivalendo a uma redução de 38,39%, o que levaria ao valor de 0,211 para 0,130, ocorrendo à inversão da alternativa “*A01_8*”, com a “*A03_1*”, e passando o peso do critério de menor relevância, “*C6*”, de 0,092 para aproximadamente 0,100, o que significa uma variação percentual aproximada de 8,70%, correspondendo a +0,008 pontos no seu peso (Figura 6.20);
- (B) ao se anular o peso do Critério “*CI*” (Figura 6.21), tem-se uma nova hierarquização que pode ser comparada com os resultados ilustrados na Figura 7.9, sendo também descrita na Tabela 7.4:

Tabela 7.4: Variação da hierarquia de prioridade para “*CI*” nulo.

Alternativa (Código)	Hierarquia Original	Hierarquia Cenário (B)
<i>A01_1</i>	4°	12°
<i>A01_2</i>	5°	3°
<i>A01_3</i>	6°	6°
<i>A01_4</i>	10°	8°
<i>A01_5</i>	15°	15°
<i>A01_6</i>	8°	7°
<i>A01_7</i>	9°	5°
<i>A01_8</i>	2°	9°
<i>A01_9</i>	14°	14°
<i>A01_10</i>	11°	10°
<i>A01_11</i>	7°	4°
<i>A01_12</i>	12°	11°
<i>A01_13</i>	13°	13°
<i>A02_1</i>	1°	1°
<i>A03_1</i>	3°	2°

De posse dos resultados desses cenários, (A) e (B), pode-se promover algumas análises, tais como:

- a mínima variação promovida no peso do Critério “CI”, mais relevante, equivalente à +0,081 pontos, sensibilizou o Critério “C6”, de menor relevância, apenas +0,008 pontos – cenário (A);
- devido a pouca sensibilidade das alternativas “A01_13”, “A01_9” e “A01_5” ao Critério “CI”, a hierarquização de suas prioridades ficou inalterada quando o peso do Critério “CI” foi anulado, que correspondem respectivamente a: 13^a, 14^a e 15^a colocação – cenário (B);
- devida a elevada sensibilidade ao Critério “CI” a alternativa “A01_8”, inicialmente hierarquizada na segunda prioridade quando se anulou o peso desse critério a mesma passou para a nona colocação – cenário (B);
- como a alternativas “A03_1” possui uma sensibilidade distribuída e equilibrada entre todos os critérios, quando o Critério “CI” foi anulado, ele passou à primeira colocação na hierarquização de prioridades, enquanto a alternativa “A02_1” reduziu a sua prioridade original da primeira colocação para a segunda, o que indica em intensidades distintas, ter sensibilidade aos demais critérios, semelhante àquela da alternativa “A03_1” – cenário (B);
- destaca-se desse cenário que mesmo anulando o Critério “CI” que possui maior peso, e que está associado diretamente com reduções dos custos de transportes de cargas, o que é uma das prerrogativas de implantação de projetos ferroviários e hidroviários, as alternativas equivalentes tratadas nesta Tese mantiveram-se no topo da hierarquia, com pouca variação, o que indica a relevância de projetos desses modos de transportes como prioritários, quando os parâmetros de decisões não são exclusivamente reduções diretas dos custos de transportes – cenário (B) e;
- ao anular o peso do Critério “CI”, com exceção das três alternativas menos relevantes, que permaneceram inalteradas, as mudanças das hierarquias das demais alternativas foram relevantes, entre a terceira e décima segunda colocação.

Para análise dos cenários (C) e (D), seguem as Figuras 6.22 e 6.23.

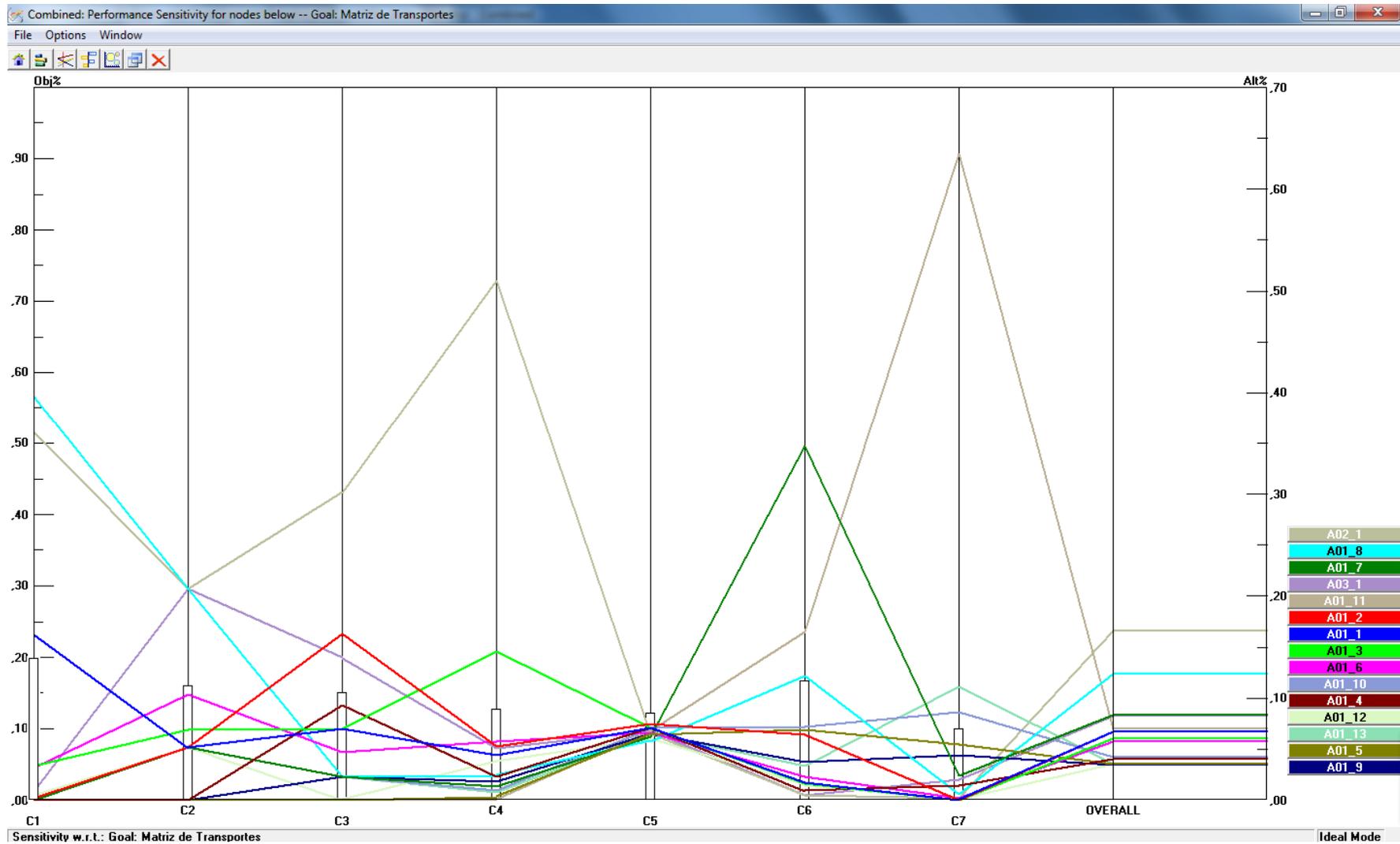


Figura 7.12: Gráfico de performance das alternativas – combinação global – Análise de Sensibilidade, cenário (C).

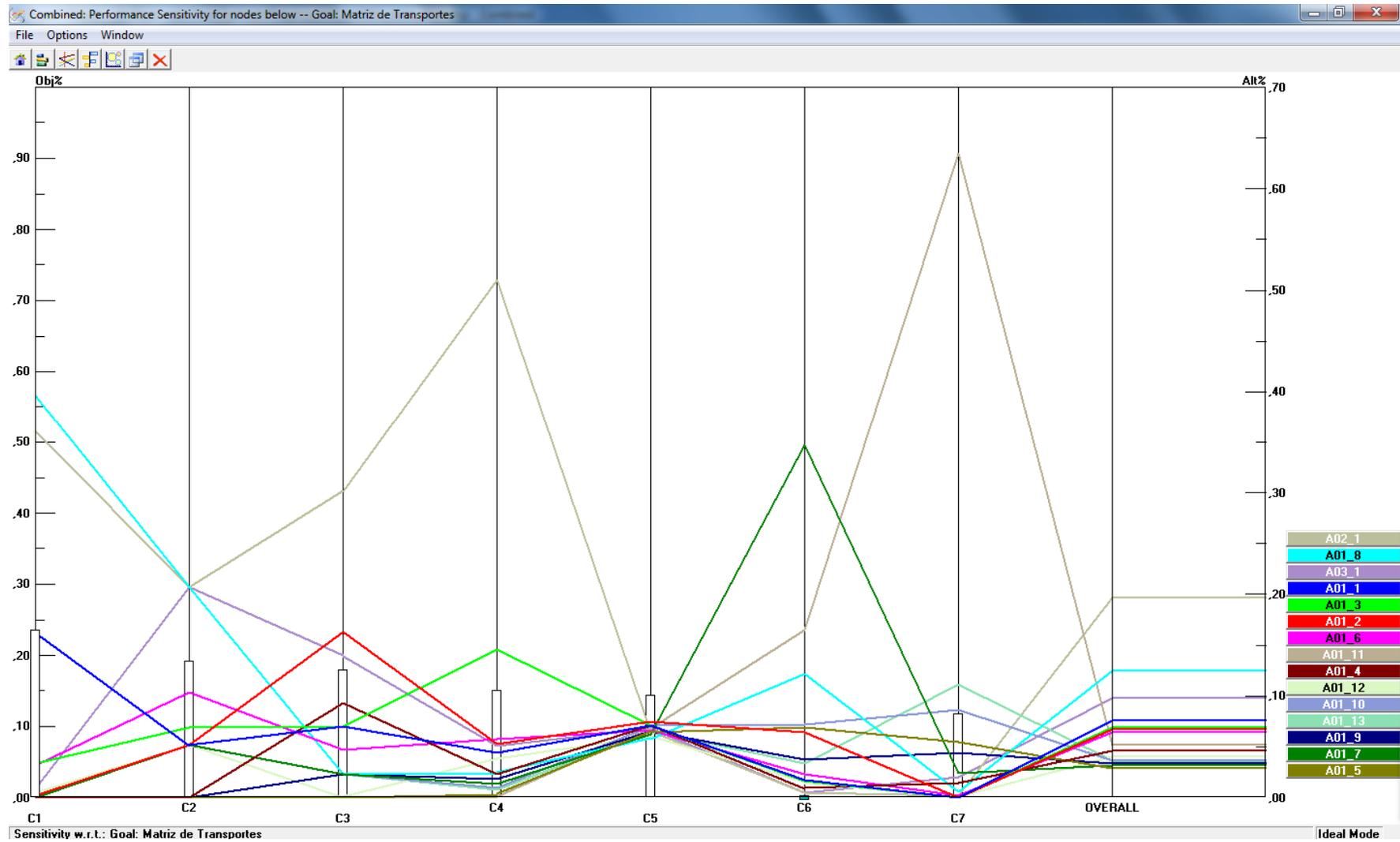


Figura 7.13: Gráfico de *performance* das alternativas – combinação global – Análise de Sensibilidade, cenário (D).

Com base nos resultados ilustrados pelas Figuras 7.12 e 7.13, têm-se as seguintes respostas para cada um dos cenários (C) e (D):

(C) a mínima variação que deve ser promovida para o critério de menor relevância “C6” é de aproximadamente +0,068 pontos no seu peso, equivalendo a uma ampliação de 73,91%, o que levaria o valor de 0,092 para 0,160, ocorrendo à inversão da alternativa “A03_I”, com a “A01_7”, e passando o peso do critério de maior relevância, “C1”, de 0,211 para aproximadamente 0,200, o que significa uma variação percentual aproximada de 5,21% correspondendo a -0,011 pontos no seu peso (Figura 6.22);

(D) ao se anular o peso do Critério “C6” (Figura 6.23), tem-se uma nova hierarquização que pode ser comparada com os resultados ilustrados na Figura 7.9, sendo também descrita na Tabela 7.5:

Tabela 7.5: Variação da hierarquia de prioridade para “C1” nulo.

Alternativa (Código)	Hierarquia Original	Hierarquia Cenário (B)
<i>A01_1</i>	4°	4°
<i>A01_2</i>	5°	6°
<i>A01_3</i>	6°	5°
<i>A01_4</i>	10°	9°
<i>A01_5</i>	15°	15°
<i>A01_6</i>	8°	7°
<i>A01_7</i>	9°	14°
<i>A01_8</i>	2°	2°
<i>A01_9</i>	14°	13°
<i>A01_10</i>	11°	11°
<i>A01_11</i>	7°	8°
<i>A01_12</i>	12°	10°
<i>A01_13</i>	13°	12°
<i>A02_1</i>	1°	1°
<i>A03_1</i>	3°	3°

De posse dos resultados desses cenários, (A) e (B), pode-se promover algumas análises, tais como:

- a mínima variação promovida no peso do Critério “C6”, menos relevante, equivalente à +0,16 pontos, sensibilizou o Critério “C1”, de maior relevância, apenas -0,011 pontos – cenário (C);
- devido a pouca sensibilidade das alternativas “A02_1”, “A01_8”, “A03_1” e “A01_1” ao Critério “C6”, a hierarquização de suas prioridades ficou inalterada quando o peso do Critério “C6” foi anulado, que correspondem respectivamente a: 1ª, 2ª, 3ª e 4ª colocação – cenário (D);
- a alternativa “A01_5” permaneceu na última colocação e, considerando os cenários anteriores de “Análise de Sensibilidade”, ela não possui sensibilidade às ponderações dos critérios alterados, indicando que seja provavelmente seria necessário adotar outros tipos de critérios para que a mesma pudesse se sobressair em uma posição mais relevante na hierarquização das prioridades – cenário (D);
- devido à sensibilidade da alternativa “A01_7” ao Critério “C6”, ao anulá-lo, ela passou da 9ª colocação, no resultado original, para a penúltima colocação, o que corrobora a sua mudança para 3ª colocação, conforme resultado ilustrado pela Figura 6.22, quando ocorreu um aumento desse critério – cenário (C) e (D) e;
- as demais alternativas apresentaram variações nas suas colocações em relação à hierarquia original, contudo, não sendo significativas em termos de prioridades corroborando a indicação da maioria delas não possui intensa sensibilidade a esse critério;

Alguns outros testes de “Análise de Sensibilidade” foram promovidos, entre eles, conforme ilustrações das Figuras 7.14 a 7.18, os cinco outros critérios foram simulados no sentido de anulação de suas contribuições, e com isso, pode-se avaliar os efeitos, tanto na hierarquia das três alternativas mais relevantes nos resultados originais que servem de comparações aos cenários estudados, como nas demais alternativas.

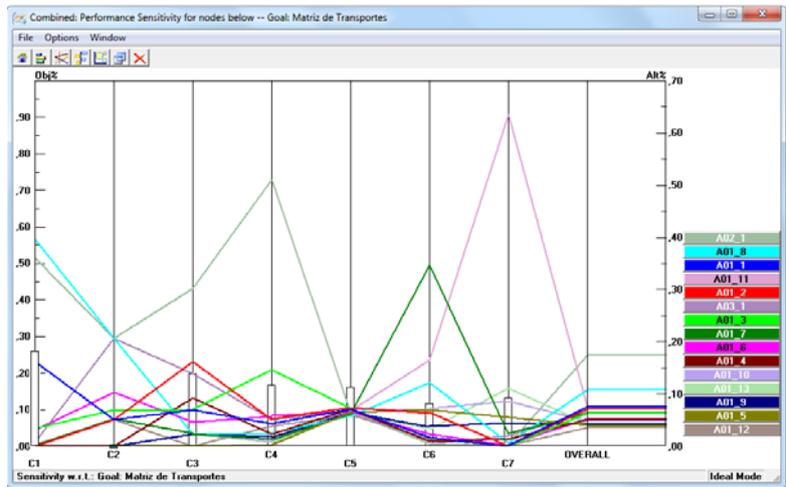


Figura 7.14: Gráfico de performance , anulação - “Ampliação da Viabilidade do Projeto, C2”.

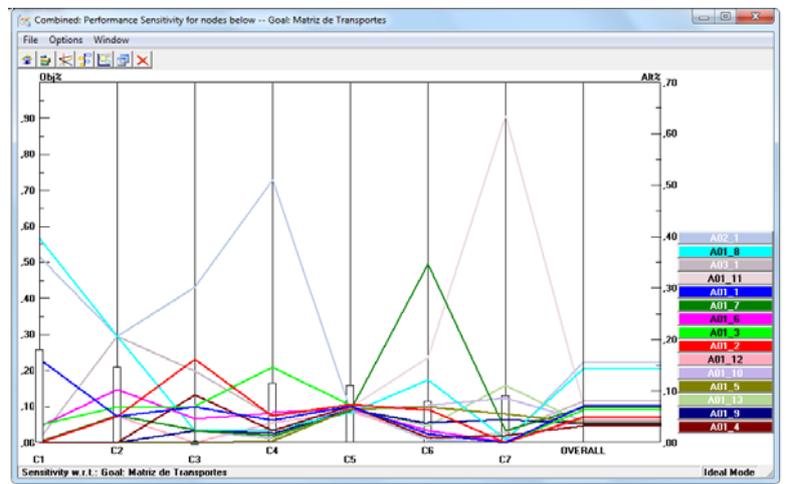


Figura 7.15: Gráfico de performance , anulação - “Ampliação da Integração Modal, C3”.

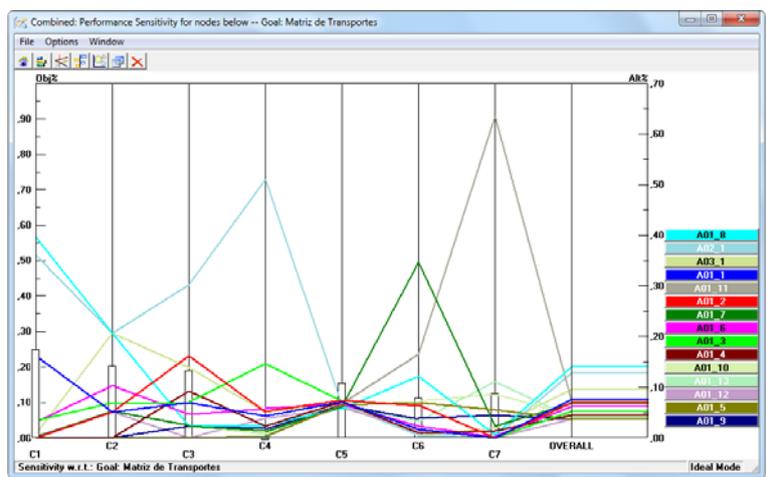


Figura 7.16: Gráfico de performance , anulação - “Ampliação da Oferta de Transporte, C4”.

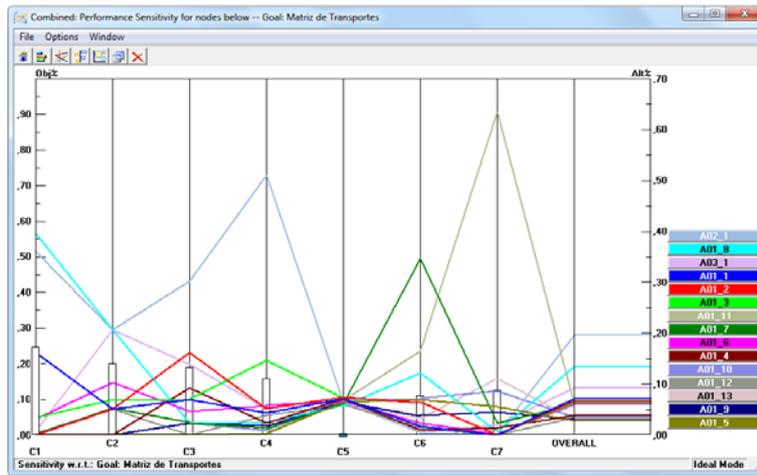


Figura 7.17: Gráfico de performance , anulação - “Redução das Desigualdades Regionais, C5”.

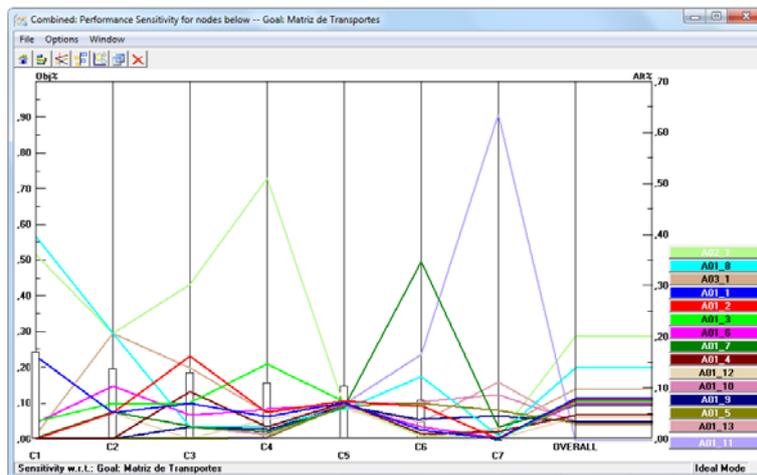


Figura 7.18: Gráfico de performance , anulação - “Redução das Emissões de Poluentes, C7”.

Dos resultados ilustrados pelas Figuras 7.14 a 7.18, destacam-se de forma direta:

- a alternativa “A03_1” é sensível à anulação do Critério “C2” pelo fato da sua colocação original recuar em três posições quando a mesmo é anulado, o que indica que o parâmetro “Taxa Interna de Retorno Econômico” é consideravelmente decisivo na priorização dessa alternativa em relação aos demais (Figura 7.14);
- a alternativa “A01_12” também é sensível à anulação citada, pois sua posição original na hierarquia de prioridade é perdida para a última colocação nessa análise (Figura 7.14);
- a anulação do Critério “C3” não impacta a hierarquia de prioridades das três alternativas mais relevantes, contudo, a alternativa “A01_4” apresenta uma

queda considerável de sua posição original, para a última colocação, nessa análise (Figura 7.15);

- no caso da anulação do Critério “C4” promove uma alteração da alternativa originalmente mais relevante, “A02_4” com a segunda colocada, “A01_8”, contudo, não modifica a posição da alternativa “A03_1”, o que mantém as três ocupando as primeiras colocações (Figura 7.16);
- na anulação do Critério “C5”, a hierarquia das prioridades originais é praticamente mantida, alterando-se, somente, as posições entre as alternativas “A01_10” e “A01_12”, o que indica um provável equilíbrio entre os pesos desse critério em todas as alternativas, provavelmente relacionado com o fato dos valores de seus parâmetros medido pelo *IDH*, serem muito próximos, conforme Tabela 6.12, (Figura 7.17) e;
- a anulação do Critério “C7” altera as posições originais das alternativas “A01_11” e “A01_13”, sendo a primeira significativamente sensível a essa anulação, sem, contudo, modificar as posições das seis primeiras colocadas.

Os resultados dessas análises indicam que se utilizando a combinação dos critérios estabelecidos, alterações por anulação em critérios isolados geram redistribuições dos pesos dos demais critérios, que em na maioria dos casos mantém as posições originais das três primeiras colocadas na hierarquização original, indicando consistência nas suas prioridades. Outra forma de se visualizar os resultados de sensibilidade é pelo gráfico ilustrado pela Figura 7.19. Ao analisá-lo em comparação com a Figura 7.12, concluí-se que se trata do mesmo resultado.

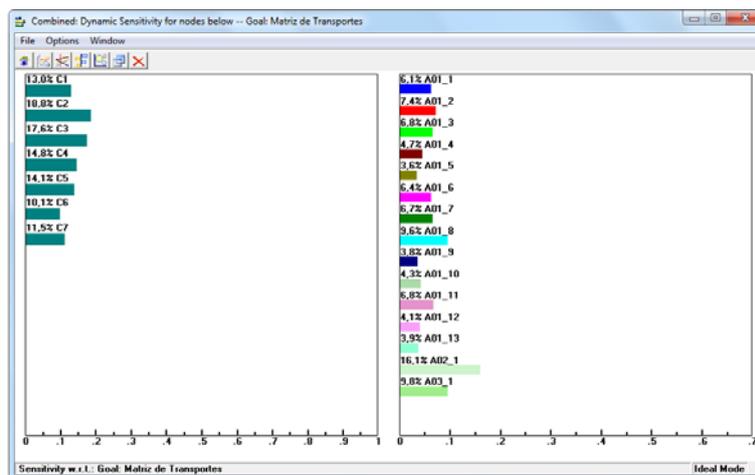


Figura 7.19: Gráfico *dynamic* - alteração de posição entre “A01_8” e “A03_1”.

Por fim, outra forma de se estabelecer resultados de sensibilidade das alternativas às variações dos critérios, consta do processo ilustrado pela Figura 7.20. Sem tratar do desempenho de cada alternativa de forma direta, como no gráfico de *performance*, o gradiente de sensibilidade permite observar, para cada critério, a hierarquia das alternativas, e as mudanças delas em relação à variação do critério definido para análise.

Observando a ilustração de resultados da Figura 7.20, pela indicação da linha em cor azul, pontilhada, chega-se a mesma conclusão que o resultado da Figura 7.19 e 7.12, ou seja, que se o peso original do Critério “CI” for reduzido de 0,211 para 0,130, ocorre à inversão entre as posições das alternativas “A01_8” e “A03_I”.

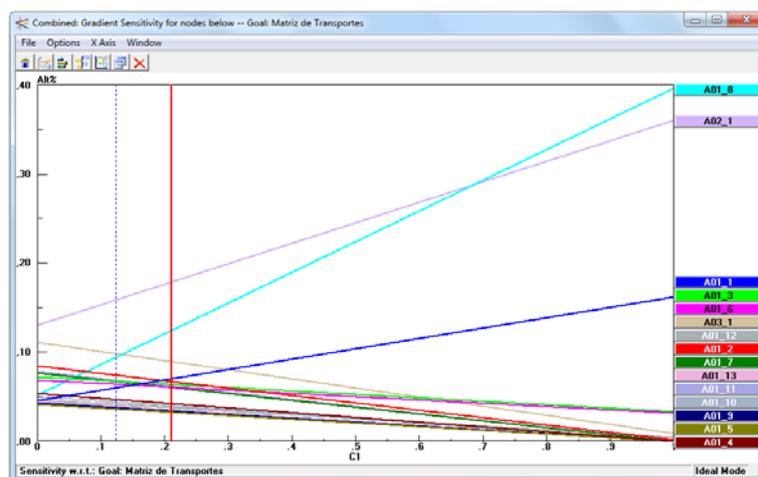


Figura 7.20: Gradiente de Sensibilidade - alteração de posição entre “A01_8” e “A03_I”.

As “Análises de Sensibilidades” apresentadas neste item permitiram estabelecer um conjunto de resultados que indicam quais as alternativas apresentam maior consistência em relação à sua hierarquia original, conforme Figura 7.9, e aquelas que tendem a significativas variações, pela dependência predominante dos pesos de determinados critérios.

Com todas as informações apresentadas, na sequência é descrito um conjunto de análises de ordem geral, sobre a proposição de aplicação do AHP, bem como a comparação do *status* executivo de alguns projetos, equivalentes aos correspondentes das alternativas tratadas nesta Tese.

7.3. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos com a aplicação do AHP subsidiam conjuntos de análises, que permitem observar aspectos sobre a validação da proposição desta Tese. Entre as diversas análises possíveis, este item restringe-se à descrição de dois tipos, ou seja: da significância dos resultados em relação ao objetivo principal estruturado conforme a Figura 5.3 e das idiosincrasias entre o planejamento e a execução governamental do setor de transporte no Brasil.

O primeiro tipo visa identificar o quanto a meta principal realmente foi “otimizada” com base no resultado da aplicação, considerando a hierarquia dos projetos. O segundo, verificar se esse resultado, que visa subsidiar a gestão do planejamento desses projetos de infraestrutura, apresenta convergência com os resultados do desempenho da eficácia executiva de suas implantações.

Esses dois tipos de análises permitem estruturar os argumentos quanto à justificativa e validação deste trabalho, suas motivações e, subsidiam, também, as conclusões e recomendações apresentadas no Capítulo 7 dessa Tese.

7.3.1 Significância dos Resultados em Relação ao Objetivo Principal

Observa-se que os seus resultados descritos e analisados no Capítulo 6 demonstraram que a hierarquia das alternativas apresentou como prioridades, os correspondentes projetos ferroviário e hidroviário, como o primeiro e terceiro mais relevantes, o que converge para se alcançar um maior equilíbrio na participação desses modos no transporte de cargas e, portanto, apresenta uma validação da proposta de aplicação do AHP.

Esse aspecto da validação indica, ainda, que a utilização de mais de um critério, como subsídios nas decisões de investimentos em infraestrutura de transportes gera uma inovação, tanto na forma de participação e colaboração de diversos setores e instituições, por meio de técnicos especialistas, como promove, em certa medida, uma “democratização” desse processo decisório.

A importância dessa inovação se justifica tanto pela diversidade de áreas envolvidas no processo decisório citado, como pela amplitude dos tipos de demandadores por investimentos no setor de infraestrutura de transportes.

O fato do resultado da aplicação apresentar entre os projetos mais relevantes na

hierarquização, aqueles do modo ferroviário e hidroviário, indica, também, que os atributos dos mesmos, em relação aos critérios ponderados pelos especialistas colaboradores, atendem de forma mais significativa às expectativas expressas nessas ponderações.

Considerando que o Critério “*CI*”, que consta da “*redução dos custos de transportes*” foi considerado o mais relevante, conforme ilustração da Figura 6.1 (com peso de 0,211) um dos resultados que se poderia esperar, trata-se da priorização dos projetos ferroviários e hidroviários como uma dos mais relevantes, tal como ocorreu na aplicação descrita anteriormente. Essa expectativa justifica-se, pois os custos de transportes nesses modos tendem a valores menores do que os praticados no transporte rodoviário e atendem, normalmente, a elevados volumes de mercadorias.

Nesse contexto, as análises descritas apresentam elementos que validam as argumentações apresentadas nesta Tese quanto às motivações, relevâncias e justificativas para o desenvolvimento dos estudos e pesquisas em prol da proposição de aplicação do AHP.

7.3.2 Idiossincrasias entre o Planejamento e a Execução Governamental

Tratando de forma objetiva a questão da idiossincrasia entre o planejamento e a execução governamental de projetos de infraestrutura de transportes no Brasil, basta considerar a análise sobre o desempenho da eficácia executiva, para os projetos tratados neste trabalho como alternativas de soluções, com base na estrutura e aplicação proposta para o AHP.

Na Tabela 7.6 registram-se as informações apresentadas anteriormente na Tabela 7.2, além de outros dados que em conjunto, subsidiam as análises apresentadas na sequência. Deve-se considerar que o “*Status Executivo*” de um projeto de infraestrutura de transportes, refere-se sempre a uma “*Fase*” de sua implantação. Assim, a primeira análise que deve ser considerada é em qual “*Fase*” executiva o projeto se encontra, para então verificar sobre a mesma, qual o seu “*Status*”. Ambas são importantes, pois a primeira, indica se o projeto, parcial ou totalmente, encontra-se antes ou na fase de “*Obras*”. Independente disso, em qualquer fase que o projeto se encontre, a indicação se o mesmo está em “*Andamento*”, “*Paralisado*” ou “*Concluído*”, faz uma considerável diferença, quando a variável do prazo de execução possui relevância para as conclusões dessas análises.

Dado o período (ano) esperado para operação de um projeto, ao se verificar o “*Status*” da sua “*Fase*” têm-se elementos para analisar qual a sua eficácia executiva, e com isso, comparar com a hierarquização das prioridades das alternativas que os caracterizam, conforme os resultados obtidos nesta Tese.

Considerando a validade desses resultados, com base nas avaliações descritas anteriormente, ao se comparar as alternativas mais relevantes, conforme hierarquia de priorização, pela sua “*Fase*” e “*Status*” executivo conforme registros da Tabela 6.23, podem-se deduzir quanto à prioridade de sua implantação, em relação ao período esperado para a sua operação. Quando existem discrepâncias entre essas informações, existem, também, indicações sobre o grau de idiosincrasias daquilo que foi planejado para um projeto de infraestrutura de transportes, e a real situação de sua execução.

Em certa medida, essa comparação consta de um processo de avaliação entre as premissas executivas consideradas *ex ante*, em relação à situação *ex post*, de um determinado projeto de infraestrutura de transportes.

Tabela 7.6: Estrutura de identificação dos valores (pesos) dos critérios em cada alternativa.

Ordem	Modo	Código	UF(s)	Tipo	Projeto	Ano de Início de Operação	Fase	Status Executivo*
1º	F	A02_1	MT, RO, AC	Construção	EF-354	2011	PB, PE	Andamento
2º	R	A01_8	MT	Pavimentação	BR-242	2015	PB, EIA, PE, PBA, OBRA	Andamento/Concluído
3º	H	A03_1	MT, PA.	Implantação	Teles Pires e Tapajós	2011	EVTE	Andamento
4º	R	A01_1	RO, AM	Implantação/Construção	BR-319	2015	OBRA	Andamento
5º	R	A01_2	AC, RO	Construção /Pavimentação/ Recuperação	BR-364	2011	OBRA	Andamento/Concluído
6º	R	A01_3	PA	Construção/Pavimentação	BR-230	2011	PB, PBA, OBRA	Andamento
7º	R	A01_11	RR	Construção/Pavimentação	BR-433	A partir de 2023	-	-
8º	R	A01_6	MT, PA	Duplicação Constr./Pav. Recuperação	BR-163	2011	OBRA	Andamento/Concluído
9º	R	A01_7	MT	Construção/Pavimentação	BR-174	2015	-	-
10º	R	A01_4	AM	Implantação/Construção	BR-317	A partir de 2023	PB, OBRA	Andamento
11º	R	A01_10	RR	Pavimentação	BR-401/432	A partir de 2023	-	-
12º	R	A01_12	MT	Construção/Pavimentação	BR-364	2011	OBRA	Concluída
13º	R	A01_13	RR	Pavimentação	BR-431	A partir de 2023	-	-
14º	R	A01_9	RO	Pavimentação	BR-429	2015	OBRA	Andamento/Paralisado/Concluído
15º	R	A01_5	RR	Pavimentação	BR-210	A partir de 2023	-	-

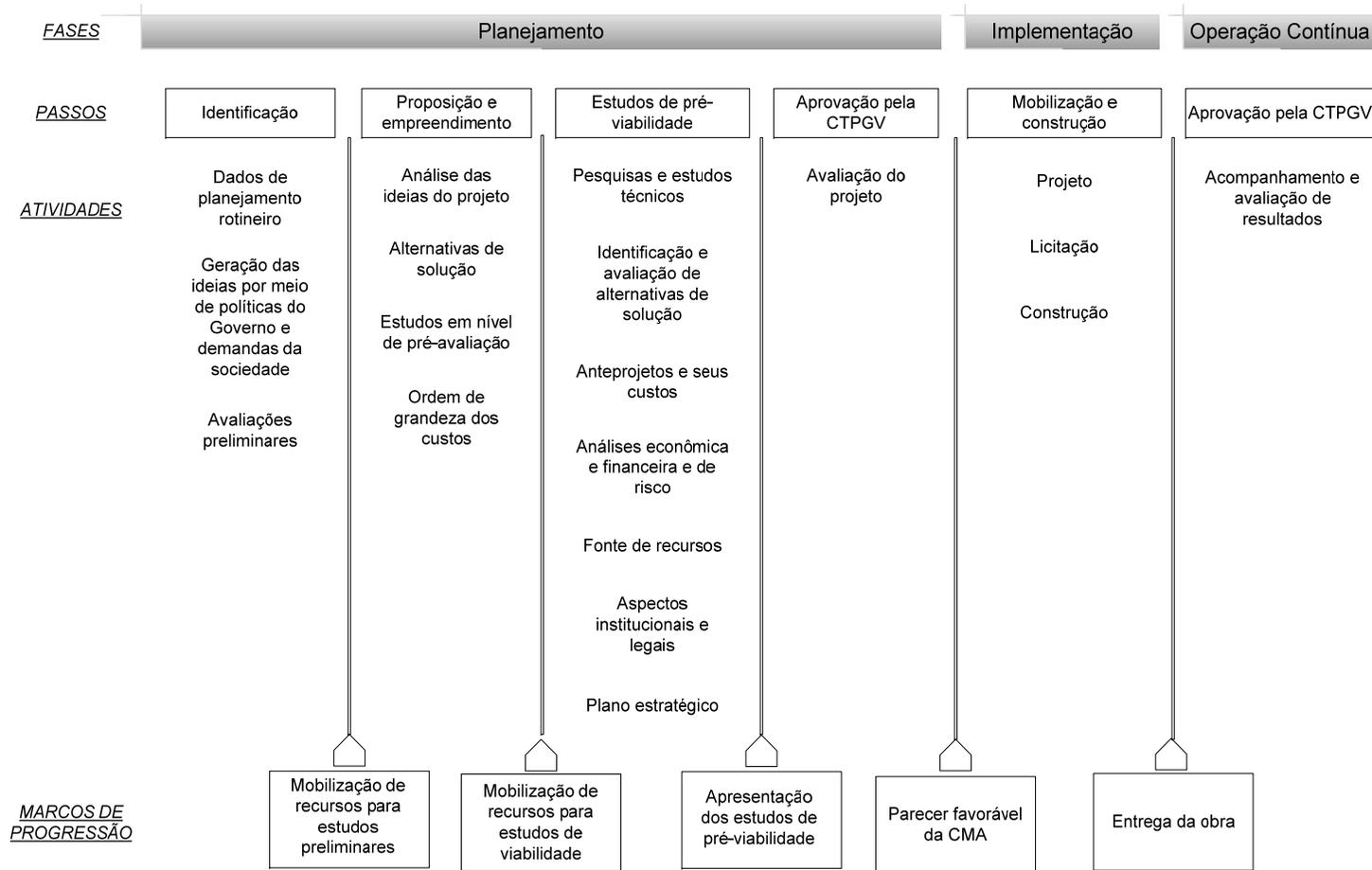
* Informações extraídas do Apêndice VI cujas informações eram válidas no primeiro semestre de 2012. Quando surge “Andamento/Concluído” trata-se de trechos/lotes de obras em fases distintas, de um mesmo projeto. Quando surge um projeto em “Andamento” com data de operação “A partir de 2023” significa que foi adiantada a sua execução.

Deve-se considerar, ainda, o significado de cada uma das siglas utilizada no campo “*Fase*” da Tabela 7.6, ou seja:

1. **EVTE**: Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (antecede as outras fases e é utilizado para justificativa dos investimentos perante o Ministério do Planejamento);
2. **EIA/RIMA**: Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (exigido pela legislação ambiental brasileira, em conjunto com o Projeto Básico de Engenharia, para obtenção da Licença Prévia – LP);
3. **PB**: Projeto Básico de Engenharia (exigido pela legislação ambiental brasileira, em conjunto com o EIA/RIMA, para obtenção da Licença Prévia – LP, sendo o primeiro necessário para contratações dos serviços de engenharia a serem executados na Fase de OBRA);
4. **PBA**: Projeto Básico Ambiental (consta dos programas ambientais que devem ser implantados no atendimento às condicionantes da LP, sendo exigido em conjunto com o Projeto Executivo de Ambiental, para obtenção da Licença de Instalação – LI);
5. **PE**: Projeto Executivo de Engenharia (exigido pela legislação ambiental brasileira, em conjunto com o Projeto Básico de Engenharia – PBA, para obtenção da Licença de Instalação - LI , sendo o primeiro necessário para contratação dos serviços de engenharia a serem executados na Fase de OBRA);
6. **OBRA**: Trata-se da execução do projeto de engenharia de infraestrutura de transportes.

A interpretação direta para o uso da classificação listada, no processo de avaliação tratado neste item deve considerar a ilustração da Figura 7.21 e 7.22, que tratam sobre a lógica funcional e o cronograma das fases executivas de projetos de infraestrutura de transportes em âmbito federal.

Os tempos apresentados para cada “*Fase*” na ilustração da Figura 7.22, tratam dos prazos médios, cuja variação ocorre em função das características de cada projeto.



CTPGV: Comissão Técnica de Projetos de Grande Vulto

CMA: Câmara Técnica de Monitoramento e Avaliação

Figura 7.21: Ciclo de vida executivo dos projetos de infraestrutura de transportes em âmbito federal.

Fonte: MT (2011).

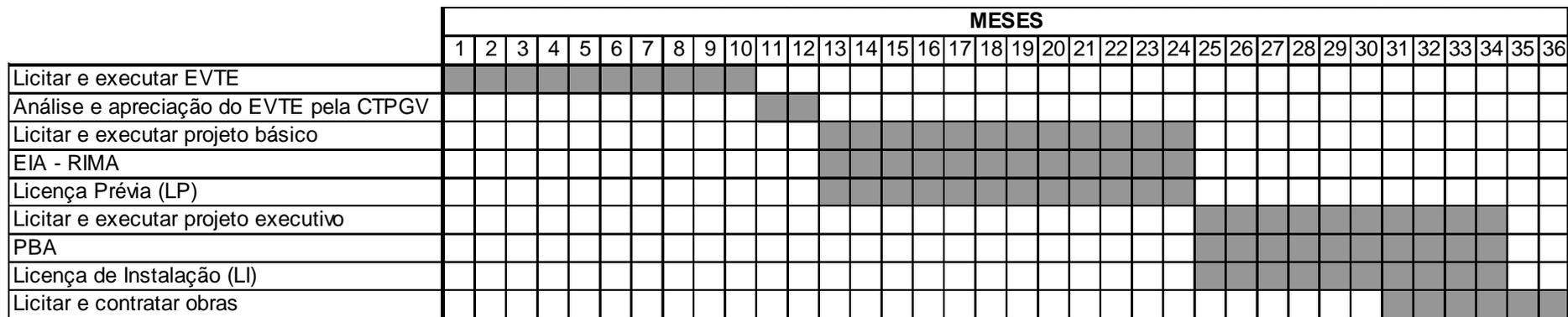


Figura 7.22: Cronograma executivo das fases de implantação de projetos de infraestrutura de transportes em âmbito federal.

Fonte: MT (2011).

Com todos os elementos anteriores e considerando a validade dos resultados desta Tese, ao compararmos as fases executivas dos três projetos mais relevantes na hierarquia de priorização, com base nas correspondentes alternativas, conforme registros da Tabela 7.6, deduz-se pela análise dos mesmos que existem indicações de uma idiossincrasia entre o planejamento elaborado para tais projetos e as reais condições de suas implantações. Essa afirmação é validada, principalmente em relação às alternativas “A02_I”, construção ferroviária: **EF-354** e, “A03_I”, implantação hidroviária: **Teles Pires e Tapajós**.

No caso da primeira, pode-se observar na Tabela 7.6 que a sua previsão de operação era esperada para o ano de 2011 e, contudo, no primeiro semestre de 2012, as informações sobre a sua fase executiva indicavam atividades de elaboração de projetos de engenharia (básico e executivo: PB e PE). Isso indica, ainda, que esse projeto não havia concluído suas obras até a data desse levantamento. Nesse contexto, considerando as indicações de prazo ilustrados na Figura 7.22, provavelmente, o início da sua obra pode ser retardado em pelo menos 24 meses, pois não existem registros de atividades relacionadas ao licenciamento ambiental.

Considerando ainda que o prazo de construção ferroviária, pelo menos do seu trecho de 3.009,83 km (tratado nesta Tese) demandaria não menos de 36 meses para a sua conclusão (construção de aproximadamente 1.000,00 km a cada 12 meses), uma hipótese para um novo prazo de operação do projeto correspondente à alternativa “A02_I”, seria o ano de 2017. Esse período pode ser maior, dependendo do “*Status*” da atual “*Fase*” desse projeto, o que não foi considerado nesta análise. A espera por esse projeto ferroviário, considerado neste trabalho como o mais relevante, para o “*equilíbrio da matriz modal de transporte de cargas*” no Vetor Logístico Amazônico, pode ultrapassar mais de seis anos, em relação ao período previsto inicialmente à sua operação, definido no planejamento governamental, com base no PNLT.

No caso da alternativa “A03_I”, deduz-se que a intensidade da idiossincrasia entre as premissas do seu planejamento e a sua real situação executiva, supera a descrita para alternativa “A02_I”. Essa afirmação se justifica pelo fato da sua fase executiva, no primeiro semestre de 2012, constar da classificação “*EVTE*”. Isso significa que, sendo o seu período de operação o mesmo da alternativa “A02_I” (ano 2011, Tabela 7.6), pela ilustração da Figura 7.22, pode-se deduzir que se levará mais tempo para atingir a fase de “*OBRA*”.

Como não se considera nesta análise as peculiaridades das obras de implantação de hidrovias, ressaltam-se, contudo, que normalmente elas demandam construções de eclusas (o que é o caso do projeto correspondente à alternativa “A03_I”) que devem se harmonizar com outros usos das águas, como para produção de energia, abastecimento, e outros aspectos técnicos, que podem dilatar consideravelmente a sua conclusão.

Contudo, pelo fato do projeto correspondente à alternativa “A03_I” possuir aproximadamente um terço da extensão do projeto ferroviário (representado pela alternativa “A02_I”), ou seja, 988,04 km e, ainda, sem contar com outros elementos e informações que possam subsidiar uma avaliação correta do tempo de execução dessa obra hidrovial, por hipótese, pode-se considerar que o início dessa obra ocorrerá em um período posterior ao do projeto ferroviário, devido à fase “EVTE”, mas ao mesmo tempo, devido a sua extensão ser menor em relação ao projeto ferroviário, não se estaria cometendo uma gravidade ao supor a possibilidade da sua conclusão, também no ano de 2017.

Partindo-se dessas análises, o que se conclui sobre dois dos mais relevantes projetos considerando os resultados desse trabalho, consta de uma dissociação entre as prioridades pautadas pelo planejamento governamental e sua gestão executiva. Um dos efeitos dessa dissociação pode ser interpretado pelo retardo à sociedade, dos benefícios anuais, que deixam de serem auferidos pela falta de conclusão das obras desses dois projetos, correspondentes às alternativas “A02_I” e “A03_I”. Outra consequência, que neste caso, afeta diretamente ao objetivo principal do PNLT, pois consta do “risco” à eficácia para se alcançar o “*equilíbrio da matriz modal do transporte de carga*”, particularmente aquele previsto para o Vetor Logístico Amazônico, conforme definido no PNLT.

Com relação à alternativa que apresentou nos resultados desse trabalho, a segunda maior relevância, ou seja, “A01_8”, correspondente ao projeto de pavimentação rodoviária: **BR-242: Trecho Ribeirão Cascalheira/MT (BR-158) - Sorriso/MT (BR-163)**, pelas informações da Tabela 7.6, observa-se que esse projeto, para segmentos que o compõe, apresenta uma variação das fases executivas, incluindo a fase de “OBRA”, com *status* “Concluído”, pelas informações do primeiro semestre de 2012.

Contudo, mesmo o seu período de operação sendo previsto no planejamento para o ano de 2015 (Tabela 7.6), dada a variação das fases executivas, provavelmente esse projeto, nesse ano, não estará totalmente concluído. Nesse caso, independente da sua

conclusão, existe um grau de idiossincrasia entre as premissas de seu planejamento e a sua realidade executiva, que indica uma inevitável dilatação do período previsto para a sua operação.

Analisando-se todas as alternativas (e seus correspondentes projetos de infraestrutura de transportes), listados na Tabela 7.6, aquelas com período de operação no ano 2011, com exceção da “A01_12”, que ocupa a 12ª posição na hierarquia de prioridades dos resultados deste trabalho, as demais apresentam indicações sobre uma dissociação entre o que se planejou em relação ao que efetivamente ocorreu na execução das mesmas e dos seus correspondentes projetos de infraestrutura de transportes. Ressalta-se que não foi possível registrar informações para todas as alternativas. Seja por motivos de disponibilidade das informações das fases executivas, ou ainda, pelo fato de alguns desses projetos não constarem à época de seu levantamento, dos planos governamentais de investimentos.

Independente dessas questões, as análises descritas neste item procuraram demonstrar que:

- para resultados com base na aplicação do *AHP*, como validado pelas análises do item anterior, os projetos mais relevantes para o “*equilíbrio da matriz modal de transporte de carga*” no Vetor Logístico Amazônico, não possuem a mesma prioridade executiva;
- as idiossincrasias podem ser consideradas em relação à hierarquia de prioridades tratadas nesta Tese, como pela própria observação direta entre as propostas do planejamento elaborado pelo PNLT e as realidades executivas das fases de cada projeto; e
- a aplicação do procedimento proposto, se adotado no processo do próprio planejamento, por meio da hierarquização de prioridades de projetos, poderia lhe servir de parâmetro no processo de gestão, como de referência para as ações executivas.

Essas observações contribuem para validação da proposta de um processo de hierarquização de prioridades no investimento de projetos de infraestrutura de transportes, considerando a possibilidade de se tratar mais de um critério, para um ou mais objetivos, considerando a participação diversificada de tomadores de decisões.

CAPÍTULO 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A proposta de aplicação do AHP foi considerada como uma opção aos tradicionais métodos de avaliação da viabilidade e priorização de investimentos baseado nas análises de custos *versus* benefícios, amplamente utilizado pelo setor governamental, e particularmente pelo brasileiro, nas decisões de investimentos em infraestrutura de transportes, conforme descrito e analisado ao longo do Capítulo 3.

Uma das premissas utilizadas na aplicação do AHP constou da definição de não haver necessidade dos especialistas colaboradores tomarem decisões quanto às prioridades das alternativas, caracterizadas por projetos de infraestrutura de transportes. Partiu-se do pressuposto que dessa forma se resguardariam prováveis tendências dos próprios colaboradores nas priorizações das mesmas.

Nesse contexto, ao considerarem as relevâncias pareadas dos critérios propostos, com base na escala utilizada pelo AHP, pôde-se extrair de cada especialista colaborador uma hierarquização das prioridades entre os mesmos, independente da observação sobre o conjunto de projetos a serem por eles ponderados.

Essa abordagem é distinta em relação a outras propostas semelhantes de aplicação do AHP, para fins de priorização de investimentos em transportes, como por exemplo, aquela definida por SILVA, NETTO (2010) (apresentada também no Capítulo 3) no qual o AHP é utilizado em combinação com outros métodos multicritérios, para priorização de investimentos em infraestrutura de transporte no Brasil, onde o conjunto de projetos é também avaliado pelos especialistas colaboradores.

Outro aspecto apresentado neste trabalho como relevante e diferenciado em relação às demais propostas semelhantes, avaliadas na revisão bibliográfica desta Tese, consta da diversificação dos especialistas colaboradores, selecionados em ambientes institucionais distintos, abrangendo os setores: governamental, acadêmico, produtivo e de profissionais (consultores) autônomos. Essa diversidade permitiu evitar um “viés” nas ponderações dos critérios propostos, quando se concentram os julgamentos dos critérios em especialistas pertencentes somente a um desses grupos.

Como fonte primária de informações sobre investimentos de infraestrutura de transportes foram consideradas aquelas definidas no portfólio de projetos do Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT, que forneceu os elementos com maior grau de consistência e abrangência governamental, disponíveis no ambiente de

planejamento e execução de transportes no Brasil.

Tais informações possibilitaram definir quais deveriam ser as prioridades de investimentos do governo federal em infraestrutura de transportes. Para tanto, foi selecionado um conjunto de projetos pertencentes ao território definido no PNLT como Vetor Logístico Amazônico.

Dessa forma, pôde-se desenvolver um estudo que permitisse avaliar e indicar como o citado método poderia servir ao próprio PNLT e, também, para outros ambientes de planejamento de transportes, considerando colaborar com o aprimoramento científico para esse setor.

Os resultados obtidos sobre as prioridades de investimentos apontaram como mais relevantes, na primeira e terceira colocação, as alternativas correspondentes aos projetos ferroviário e hidroviário, respectivamente. Isso indicou que a proposição de aplicação do AHP, visando “otimizar” o objetivo principal – “*equilíbrio da matriz modal de transporte de carga*” – apresentou-se coerente, pois sem a priorização de maior relevância desses projetos (ferroviário e hidroviário), em relação aos demais, não se poderia esperar que tal objetivo fosse alcançado no menor tempo possível, durante o horizonte de investimentos definidos pelo próprio plano.

Além da análise de atendimento ao objetivo principal desta Tese e os principais desdobramentos de uso da sua proposição, visando à hierarquização de projetos de infraestrutura de transportes por meio do AHP, foram elaboradas ainda três questões associadas com tal objetivo, conforme Capítulo 1. Assim, com base nos resultados apresentados, os questionamentos podem ser respondidos.

A primeira questão aborda se: *existem vantagens na aplicação de método multicritério para avaliação de prioridades de projetos de infraestrutura de transportes, em relação aos estudos de viabilidade econômica, tradicionalmente utilizados para esse fim?* Para respondê-la são descritas as seguintes considerações:

- Ao se comparar a proposição de aplicação do AHP elaborada neste trabalho, com a atual e consagrada metodologia de avaliação de viabilidade técnica e econômica (avaliação de custo-benefício), no qual são considerados parâmetros econômicos, como a “*Taxa Interna de Retorno – TIR*”, pode-se deduzir que não haveria distinção entre os pesos das três primeiras alternativas mais relevantes obtidas no resultado original, ou seja, “A02_I”,

“A01_8” e “A03_I”, conforme as informações ilustradas na Figura 7.4;

- Isso indica que, pelo método tradicional de custo-benefício, não haveria possibilidade de se distinguir entre os projetos correspondentes a essas três alternativas, neste caso, com base na “TIR”, e por consequência, dificultaria também uma priorização da gestão executiva desses projetos;
- Outros aspectos são relevantes na comparação entre os métodos citados, destacando-se que pelo AHP pode-se abordar a importância relativa de outros critérios, além dos parâmetros econômicos, para hierarquização das prioridades de investimentos, seja pelo julgamento de um único especialista, ou pela combinação dos resultados dos julgamentos de diversos especialistas avaliadores;
- Comparando-se com o método da avaliação custo-benefício, restringe-se a hierarquização das prioridades de projetos exclusivamente aos parâmetros econômicos associados ao mesmo, sem opção de julgamentos diretos desses critérios em relação a outros relevantes, como no caso da aplicação apresentada nesta Tese; e
- Além de permitir a participação direta de mais de um especialista na avaliação das prioridades

Por tais considerações pode-se verificar que existem vantagens na utilização do método AHP em comparação com o método consagrado de avaliação de viabilidade técnica e econômica, baseada na relação de custo-benefício, inclusive, pelo fato do primeiro ser capaz de incorporar o segundo, considerando seus parâmetros econômicos como critérios, além de outros, que podem ser avaliados de forma direta por grupos de especialistas.

A segunda questão considera responder se: *existe uma tendência de se priorizar os projetos de infraestrutura de transportes baseando-se apenas na minimização do custo de transportes?* Para responder a essa questão, pode-se destacar alguns aspectos obtidos nos resultados desta Tese (inclusive com base nos registros do Apêndice III):

- Observando-se os resultados dos julgamentos das ponderações individuais, promovida por cada um dos especialistas colaboradores, deduz-se que a maioria deles considera mais relevante para hierarquização de investimentos, a redução (minimização) dos custos de transportes;
- Esse mesmo resultado apresenta-se traduzido nos julgamentos combinados

de três dos quatro grupos de especialistas;

- O resultado combinado dos julgamentos de todos os especialistas indica como mais relevante, entre todos os critérios propostos, o “CI”, que representa a “*redução dos custos de transportes*”;
- Contudo, nem todos os julgamentos dos especialistas colaboradores consideram tal relevância;
- Observando-se os julgamentos individuais e combinados por grupos de especialistas ou para o total deles, o peso do Critério “CI” não ultrapassa os 55,8% de relevância na priorização de investimentos em projetos de infraestrutura; e
- Avaliando-se pelo prisma exclusivo do método de custo-benefício, pode-se observar que a redução do custo de transporte é um dos principais fatores envolvidos nas avaliações de priorização dos tipos de projetos descritos, pois de forma direta são considerados os seguintes benefícios (Capítulo 2):
 - Redução do consumo de combustíveis e da poluição;
 - Redução do número de acidentes na via;
 - Redução do custo operacional dos veículos na via;
 - Redução dos custos logísticos;
 - Redução do custo do tempo de viagem do passageiro; e
 - Redução do custo do tempo de entrega da carga.

Dessa forma, pode-se concluir que efetivamente existe uma tendência de se priorizar os projetos de infraestrutura de transportes baseando-se no tradicional método de avaliação técnica e econômica, pelo conceito de comparação dos custos suportados *versus* os benefícios econômicos auferidos pela sociedade e/ou usuários diretos do projeto avaliado (HAYASHI, MORISUGI, 2000).

Essa afirmação se sustenta pelo fato do citado método ser prática corrente, disseminada e consagrada em tais avaliações, independente dos resultados desta Tese demonstrarem que o peso de tal critério pelos julgamentos de diversos especialistas divergirem quanto à importância dele em tais priorizações.

A terceira e última questão considera se: *Independente da instituição, especialistas em transporte possuem a mesma opinião sobre as prioridades dos critérios, quando projetos de infraestrutura de transportes precisam ser priorizados?* A

resposta direta para essa questão é “NÃO”. Com base na avaliação dos resultados obtidos pela aplicação do AHP, registrados ao longo do Apêndice III, observam-se divergências, tanto entre as prioridades dos critérios, considerando aqueles estabelecidos nesta Tese, como do julgamento dos respectivos pesos, na hierarquização das prioridades de investimentos em projetos de infraestrutura de transportes.

Esse é um dos principais resultados obtidos com a aplicação do procedimento proposto. Ele permite deduzir que existem indicações sobre a relevância de outros critérios a serem aplicados nas decisões de priorização de investimentos de infraestrutura de transportes, além da efetiva redução de custos de transportes.

As análises de sensibilidade subsidiam avaliações sobre a relevância de cada critério. Por esses resultados e considerando as divergências entre os julgamentos dos especialistas, pode-se afirmar que as prioridades dos critérios variam entre especialistas, quando se trata de avaliação de investimentos em projetos de infraestrutura de transportes.

Nesse contexto, e considerando todas as suposições, simplificações e hipóteses adotadas, bem como as limitações do procedimento proposto neste trabalho, cabem ressaltar algumas recomendações.

A primeira recomendação a ser indicada trata-se da realização do procedimento proposto, por meio de outras abordagens multicritérios, aplicados para as mesmas alternativas, para que seja possível comparar com os resultados obtidos, considerando ou não os critérios e respectivos parâmetros adotados nesta Tese.

Nessa diretriz, entende-se como uma recomendação relevante, a aplicação de outras abordagens metodológicas formuladas sob o conceito multicritério, para o mesmo objetivo, conjunto de critérios e alternativas, visando à comparação dos seus resultados, o que subsidiaria diversas análises, inclusive da consistência e validação das prioridades obtidas por meio de cada uma dessas abordagens.

Ao se empreender esforços científicos para experimentação de modelos multicritérios aos fins exposto neste trabalho, colabora-se para o aprimoramento e validação dos processos a serem praticados, inclusive para estabelecer quais os limites de usos, destacando-se de forma comparativa, vantagens e desvantagens de cada modelo avaliado.

Cabe também recomendar que sejam avaliados outros tipos de critérios e com isso, replicado o processo proposto, com base no AHP, bem como por outros métodos multicritérios, visando ampliar os aspectos e parâmetros que limitaram a aplicação desenvolvida.

Recomenda-se, também, que o procedimento proposto, considerando o objetivo e os critérios definidos, seja aplicado para alternativas de soluções caracterizadas por projetos do portfólio do PNLT, de outros Vetores Logísticos. Isso permitiria, para os projetos que se inserem em mais de um Vetor Logístico, verificar o comportamento de suas prioridades obtidas de forma distinta, pela hierarquia dos projetos, para cada vetor ao qual pertence.

Uma análise baseada na comparação dessas prioridades possui considerável relevância, pois um mesmo projeto, no seu trecho pertencente a um determinado vetor, a sua hierarquização pode resultar na mais relevante, entre os demais projetos avaliados conjuntamente, enquanto que, em outra hierarquização, no segmento desse projeto inserido em outro vetor, sua prioridade pode indicar o contrário, e com isso, ter-se-iam decisões diferenciadas sobre a gestão executiva, em Vetores Logísticos distintos, para um mesmo projeto.

Essas recomendações podem ser desenvolvidas por meio de outros trabalhos direcionados, não se limitando somente às informações do PNLT.

Por fim, a proposição de aplicação do *AHP*, apresentada neste trabalho, para fins de avaliação das prioridades de investimentos em projetos de infraestrutura de transportes visou contribuir com o aprimoramento dos mecanismos técnicos e científicos, em prol do planejamento estratégico desse setor.

Ao contrário do próprio PNLT que não promove uma hierarquização de prioridades no conjunto dos projetos por ele definidos para execução em um mesmo período (segregados de quatro em quatro anos, a partir de 2008), os resultados aqui obtidos indicaram uma forma validada, que pode ser um mecanismo técnico para o próprio Plano elaborar as prioridades da sua gestão executiva, a partir de suas revisões.

Extrapolando essa análise, nada impede de se estender a proposição definida e aplicada neste trabalho, a outros planos estratégicos semelhantes ao PNLT, como no caso dos Planos Estaduais de Logística e Transportes – PELC's.

Além dessas considerações, os resultados da aplicação indicaram, ainda, situações de dissociação entre a dinâmica proposta pelo planejamento e a respectiva execução do setor governamental de infraestrutura de transportes. Com base em todas essas argumentações, concluí-se que, além da validade da proposição metodológica apoiada nos conceitos e processos definidos pelo AHP, existem, ainda, vantagens explícitas para que tal procedimento venha a contribuir com o aprimoramento dos mecanismos de gestão e apoio às decisões governamentais sobre as prioridades de investimentos em projetos de infraestrutura de transportes.

Conforme indicado na introdução desta Tese, um dos ambientes que se apresenta adequado para utilização, testes, aprimoramentos e usos do procedimento proposto, consta das reuniões do Conselho Nacional de Integração das Políticas de Transporte – CONIT. Esse procedimento pode ser considerado como um mecanismo técnico de auxílio às decisões desse Conselho, instituído legalmente, e sob responsabilidade executiva do Ministério dos Transportes – MT.

Contar com mecanismos técnicos e científicos semelhante ao procedimento citado poderia contribuir para promover maior grau de credibilidade às proposições de projetos de transportes, diminuindo-se, assim, as intervenções de nexos puramente político.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E.L. 1998. **Introdução à Pesquisa Operacional**. LTC. Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

ARAÚJO, M.P. 2006. **Infraestrutura de Transporte e Desenvolvimento Regional: uma Abordagem de Equilíbrio Geral Inter-Regional**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, Piracicaba/SP, Brasil.

_____; GUILHOTO, J.J.M. 2009. “Infraestrutura de Transporte e Desenvolvimento Regional no Brasil”. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, Universidade de Passo Fundo, v. 14, pp.9-41.

ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRE. 2010. **Estudos para Quantificação do Impacto sobre o Equilíbrio Econômico e Financeiro do Contrato de Concessão da BR-392/RS no Trecho Pelotas - Rio Grande, Devido às Obras de Duplicação**. Elaboração de Base Georreferenciada da Oferta de Transportes (Rede de Transportes) para Modelagem e Simulação em Rede – Volume 5. Brasília/DF.

_____. 2012. “1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas”. **Relatório Final**. Superintendência de Estudos e Pesquisas, Núcleo de Meio Ambiente, Brasília/DF, Brasil.

AZIS, I. J. 1990. “Analytic Hierarchy Process in the Benefit-Cost Framework: a Post-Evaluation of the Tran-Sumatra Highway Project”. **European Journal of Operational Research**, 48, Issue 1, pp. 38–48.

BANISTER, D.; BERECHMAN, Y. 2001. “Transport investment and the promotion of economic growth”. **Journal of Transport Geography** 3,209–218.

BAUCHET, P. 1998. **Les Transports Mondiaux, Instrument de Domination**. 1 ed., Ed. Economica, Paris, França.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. 2000. **Identificação de Oportunidades de Investimentos Públicos e/ou Privados: Estudo dos Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento**. Relatório Síntese, Tomos I e II, Consórcio Brasiliana, Brasília/DF, Brasil.

BRAGA, M.E. 2008. **Contribuição Metodológica para Estruturação de um Modelo Nacional de Transportes para o Brasil com Ênfase no Desenvolvimento**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes – PET,

COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

BRANCO, M.C. 2008. **Análise Custo - Efetividade: sua Aplicação como Auxílio para a Definição de Políticas de Regulamentação do Uso de agrotóxicos.** Dissertação de Mestrado. Curso de Gestão Econômica do Meio Ambiente, Departamento de Economia, Universidade de Brasília – UNB, Brasília/DF, Brasil.

BRASIL. 1973. Lei nº 5.917, de 10 de setembro de 1973. Aprova o Plano Nacional de Viação e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** Brasília, 12 set.

_____. 1996. **Programa Brasil em Ação.** PPA Plano Plurianual 1996-1999. Relatório Final, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília/DF, Brasil, 143p.

_____. 1999. **Programa Avança Brasil.** PPA Plano Plurianual 2000-2003. Secretaria de Planejamento e Avaliação, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília/DF, Brasil, 198p.

_____. 2001. Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** Brasília, Brasil, 06 jun.

_____. 2001. Lei nº 11.518 de 05 de setembro de 2007. Acresce e altera dispositivos das Leis nºs 10.683, de 28 de maio de 2003, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.893, de 13 de julho de 2004, 5.917, de 10 de setembro de 1973, 11.457, de 16 de março de 2007, e 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, para criar a Secretaria Especial de Portos, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** Brasília, Brasília, 06 set.

_____. 2001. Medida Provisória nº 2.217-3, de 04 de setembro de 2001. Altera a Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001, que dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** Brasília, Brasil, 05 set.

_____. 2007. **Programa de Aceleração do Crescimento – PAC**. Brasília/DF, Brasil. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br>>.

_____. 2008. Decreto nº 6.550, de 27 de agosto de 2008. Dispõe sobre a estrutura e o funcionamento do Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte – CONIT, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, Brasil, 28 ago.

_____. 2011. Lei nº 12.379, de 06 de janeiro de 2011. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Viação – SNV. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, Brasil, 07 jan.

BRISTOW, A.; NELLTHORP, J., 2000. “Transport project appraisal in the European Union”. **Transport Policy** 7 (1), 51–60.

BRUNO, G.; GHIANI, G.; IMPROTA, G., 1998, “A Multi-Modal Approach to the Location of a Rapid Transit Line”. **European Journal of Operational Research**, Volume 104, Issue 2, 16 January, pp.321–332.

BUTTON, K.J.; PEARMAN, A.D. 1983. **The practice of transportation investment appraisal**. Avebury, England.

CAIXETA FILHO, J.V. 2001. **Pesquisa Operacional**. Atlas, São Paulo/SP, Brasil.

CALIPER CORPORATION. 2011. **TransCAD User’s Guide**. Version 5.0 for use with Microsoft Windows, Newton/MA, USA.

CAMPOS, V.B.G. **Planejamento de Transportes: Conceitos e Modelos**. 1º Ed, Interciência: Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 174 p.

CASSAROTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. 2000. **Análise de Investimentos**. 10 ed, Atlas: São Paulo/SP, Brasil, 468 p.

CENTRO CLIMA – CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE MEIO AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS. 2007. **Metodologia de Inventário de Emissões de GEE “DO” Estado Federativo, Energia e Transportes**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

CHAN, A.H.S.; KWOK, W.Y.; DUFFY, V.G. 2004. "Using AHP for Determining Priority in a Safety Management System". **Industrial Management & Data Systems**, Vol. 104, Issue 5, pp. 430 – 445.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. 2012. **Institucional: Conheça a CNT**. Disponível em: <www.cnt.org.br>

CONTADOR, C.R. 1988. **Avaliação Social de Projetos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 316 p.

DFT – DEPARTMENT FOR TRANSPORT. 2005. **How to Monitor Indicators in Local Transport Plans and Annual Progress Reports – 2005 Update**. Statistics Travel Division. London/UK.

_____. 2011. **Transport Analysis Guidance: Introduction to Transport Analysis**. London/UK.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. 2005. “EB-101 Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica de Rodovias”. **In: Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários: Escopos Básicos / Instruções de Serviço**. 2ª edição, Publicação IPR – 717. Diretoria de Desenvolvimento Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisas, Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 489p.

_____. 2006. **Plano Diretor Nacional Estratégico de Pesagem**. Ministério dos Transportes e Ministério da Defesa, Brasília/DF, Brasil.

DOT – DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. 2006. **Strategic Plan: New Ideas for a Nation on the Move**. Fiscal Years: 2006-2011. The Secretary of Transportation, Washington/DC, USA, September.

EBERTS, R.W. 2000. **Understanding the Impact of Transportation on Economic Development**. Transportation in the New Millennium. TRB, Washington, DC, USA.

EC – EUROPEAN COMMISSION. 2003. **Priority projects for the Trans-European Transport Network Projects**, DG TREN (Directorate General Transport and Energy), Brussels: Belgium.

_____. 2006. **Cost-Benefit Analysis of Transport Investment Projects**, DG EUROPE AID (Directorate General Development and Cooperation), Brussels: Belgium.

_____. 2008. **Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects**. Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession. Evaluation Unit. DG REGIO (Directorate General Regional Policy), Brussels: Belgium.

ECE – ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. 2003. **Cost Benefits Analysis of**

Transport Infrastructure Projects, United Nations, Geneva: Switzerland.

EMBERGER, G.; PFAFFENBICHLER, P.; JAENSIRISAK, S. et al. 2008. “Ideal Decision-Making Processes for Transport Planning: A Comparison Between Europe and South East Asia”. **Transport Policy**, Volume 15, Issue 6, November, pp. 341–349.

FERNANDES, C. 2001. **Biografias**. Departamento de Engenharia Civil. Unidade Acadêmica de Engenharia Civil. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande/PB, Brasil.

FERRARI, P. 2003. “A Method for Choosing From Among Alternative Transportation Projects”. **European Journal of Operational Research**, 150, p.194–203.

FISHBURN, P., LAVALLE, I. 1999. “MCDA: Theory, Practice and the Future”. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, 8, p.1-2, John Wiley & Sons, Ltd.

FREITAS, I.M.D.P. 1999. **Metodologia de Avaliação Multicriterial para Seleção de Alternativas Tecnológicas e de Tratamento Preferencial na Circulação de Tráfego para o Transporte de Média Capacidade**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes – PET, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

GALINDO, E.P. 2009. **Análise Comparativa do Entendimento do Transporte como Objeto do Planejamento**. Dissertação de Mestrado em Transportes. Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília – UNB, Brasília/DF, Brasil.

GEIPOT – EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES. 1987. **Programa de Desenvolvimento do Setor Transporte – PRODEST 87/90**. Ministério dos Transportes - MT, Brasília/DF, Brasil.

_____. 1999. **Corredores Estratégicos de Desenvolvimento: Relatório Final**. Ministério dos Transportes - MT, Brasília/DF, Brasil.

GRANT-MULLER, S.M.; MACKIE, P.; NELLTHORP, J.; PEARMAN, A., 2001. “Economic appraisal of European transport projects: the state-of-the-art revisited”. **Transport Reviews** 21 (2), 237–261.

GUNN, H. 2002. “An Overview of European National Models. Chapter 2 - **National Transport Models**: Recent Developments and Prospects (advances in spatial science)”. pg. 19-34. **Springer – Verlag Berlim – Heidelberg**

GURARI, E. 1989. **An Introduction to the Theory of Computation**. Computer Science Press: Ohio State University, USA.

HAYASHI, Y.; MORISUGI, H. 2000. “International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal”. **Transport Policy**, 7, p.73-88.

HOFMAN, F. 2002. “Application Areas for the Duth National Model. Chapter 7- **National Transport Models: Recent Developments and Prospects (advances in spatial science)**”. pg. 81-93. **Springer – Verlag Berlim – Heidelberg**.

HOTTA, L.H. 2007. **Avaliação comparativa de tecnologia de transporte público urbano: Ônibus versus Transporte público individualizado**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, Brasil.

INICIATIVA VERDE. 2013. Calculadora de CO2. Organização Não Governamental – ONG. Disponível em: <<http://www.iniciativaverde.org.br/pt/calculadora>>.

INIESTRA, J.G.; GUTIÉRREZ, J.G. 2009. “Multicriteria Decisions on Interdependent Infrastructure Transportation Projects Using an Evolutionary-Based Framework”. **Applied Soft Computing**, 9, p.512-526.

ISLAM, R.; SAATY, T.L. 2010. “The Analytic Hierarchy Process in the Transportation Sector”. In: **Multiple Criteria Decision Making for Sustainable Energy and Transportation Systems: Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems**, Volume 634, Part 1, Springer Berlin Heidelberg, pp.79-91.

JOÃO, M.M.; JOÃO, D.M. 2008. “Transportes e emissões de CO₂: uma abordagem baseada na metodologia do IPCC”. In: **Revista INGEPRO – Inovação Gestão Produção**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, Brasil, pp.111-112.

KOSTLAN, E. 1991. “Statistical Complexity of Dominant Eigenvector Calculation”. **Journal of Complexity**, Volume 7, Issue 4, December, p. 371-379.

KUWAHARA, N. 2008. **Planejamento Integrado do Setor de Transporte de Carga na Amazônia: Metodologia de Análise e Hierarquização de Alternativas de Investimentos em Infraestrutura de Transportes**. Tese de Doutorado em Engenharia de Transportes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes – PET, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

LANG, A.E. 2007. **As Ferrovias no Brasil e Avaliação Econômica de Projetos: Uma Aplicação em Projetos Ferroviários**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília – UNB, Brasília/DF, Brasil.

LACHTERMACHER, G. 2002, **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões**. Editora Campus. Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

LEITE, M.I.S. 2012. “Aplicabilidade dos SIG na Gestão dos Transportes Públicos – Caso de Estudo: Município de Almada”. **Gestão do Território Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica**. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas. Univeside Nova de Lisboa, Portugal.

LISBOA, M.V.; SARAGIOTTO, L.F.R. 2004. “Aplicação do *Analytic Hierarchy Process – AHP* em Estudos de Alternativas de Traçados de Rodovias: O Caso do Trecho Norte do Rodoanel Mário Covas”. **In: XVIII ANPET – Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Comunicação Técnica, pp.180-187, Florianópolis/SC, Brasil, novembro.

LUNA, M.M.M.; LUNA, P.T.M.; FRIES, C.E. *et al.* 2011. “Planejamento de Logística e Transporte no Brasil: Uma Análise dos Planos Nacional e Estaduais”. **In: XXV ANPET – Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2011, v.1., pp. 1738-1749. Belo Horizonte/MG, Brasil, novembro.

LUNDQVIST, L.; MATTSSON, L.G. 2002. “National Transport Models and Comparative Analysis”. **In: National Transport Models: Recent Developments and Prospects (advances in spatial science)**. Springer – Verlag Berlim – Heidelberg, pp. 1-18.

LUST, T.; TEGHEM, J. 2012. “The Multiobjective Multidimensional Knapsack Problem: a Survey and a New Approach”. **International Transactions in Operational Research**, 19, pp. 495–520.

MACHARIS, C.; PEKIN, E. 2009, “Assessing policy measures for the stimulation of intermodal transport: a GIS-based policy analysis”. **Journal of Transport Geography**, 17, Elsevier, pp.500-508.

MAGALHÃES, M.T.Q. 2004. **Metodologia para Desenvolvimento de Sistema de Indicadores: Uma Aplicação no Planejamento e Gestão da Política Nacional de Transportes**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília – UNB,

Brasília/DF, Brasil.

MARCHETTI, V. 1995. **Risco e Decisão em Investimento Produtivo**. Editora da Universidade. Porto Alegre/RS, Brasil.

MARTINS, P.J.M. 2002. “Externalidades e Custos Externos. Alguns Conceitos Quanto à sua Avaliação e Internalização no Sector dos Transportes”. **In: Conferência Científica e Tecnológica em Engenharia**, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa – ISEL, Portugal, maio.

MATEUS, R., FERREIRA, J.A.; CARREIRA, J. 2008, “Multicriteria Decision Analysis (MCDA): Central Porto High-Speed Railway Station”. **European Journal of Operational Research**, Volume 187, Issue 1, 16 May, pp.1–18.

MATTOS, L.B.R. 2001. **A importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases do Efeito Estufa - O Caso do Município do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético – PPE, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

MORISUGI, H. 2000. “Evaluation methodologies of transportation projects in Japan”. **Transport Policy** 7 (1), 35–40.

MT – MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, MD – MINISTÉRIO DA DEFESA. 2007. **Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT: Relatório Executivo**. Brasília/DF, Brasil, 468p.

_____. 2009. **Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT: Relatório Executivo**. Brasília/DF, Brasil, 88p.

MT – MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. 2010. **Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário**, Brasília/DF, Brasil.

_____. 2010. **Base de Dados Georreferenciada do Plano Nacional de Logística e Transportes - PNLT**, Brasília/DF, Brasil.

_____. 2011. **Identificação da Situação Executiva (fase) dos Projetos Propostos pelo Planejamento Governamental, com Ênfase no PNLT (Modos Rodoviário e Ferroviário)**. In: Desenvolvimento de Estudos e Pesquisas, de Natureza Científica e Tecnológica, Visando à Avaliação da Eficácia da Execução do Planejamento Governamental no Setor de Transportes, Tomo I, Brasília/DF, Brasil, agosto.

NORONHA, S.M.D. 1998. **Um modelo multicritérios para apoiar a decisão da escolha do combustível para alimentação de caldeiras usadas na indústria têxtil.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis/SC, Brasil.

NOVAES, A.G. 1978. **Métodos de Otimização: Aplicações aos Transportes.** Editora Edgar Blücher, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 463p.

NOVAES, A.G. **Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição de Produtos.** São Paulo: Edgard Bluncher, 1989.

OZBAY, K.; OZMEN-ERTEKIN, D.; Berechman, J. 2014. “Contribution of transportation investments to county output”. **Transport Policy** 14, 317–329.

PEREIRA, C.M.C. 2007. **Contribuição para Modelagem da Divisão Modal Multinomial com Base em Estimativa de Valor do Tempo em Transportes Associada a um Sistema de Informação Geográfica.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes – PET, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

PIARC – WORLD ROAD ASSOCIATION. S/D. **Highway Development and Management System – HDM.** Version 4.

PINTO JUNIOR, H.Q.; RIBEIRO, G.M.; QUADROS, S.G.R.; PEIXOTO, K.; *et al.* 2009. **PROJETO PIB: Perspectivas do Investimento em Transportes no Brasil.** BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento, Instituto de Economia UFRJ e Instituto de Economia da UNICAMP, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 234p.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. 2013. Brasília/DF, Brasil.

RAFAELI, L. 2009. **Análise de Envoltória de Dados como Ferramenta para Avaliação do Desempenho Relativo.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS, Porto Alegre/RS, Brasil.

SAATY, T.L. 1977. “Scenarios and Priorities in Transport Planning: Application to the Sudan”. **Transportation Research**, Volume 11, Issue 5, October, pp. 343–350.

_____. 1990. **Decision Making for Leaders.** Pittsburg, PA, USA: RWS. Publications.

_____. 1991. **Método de Análise Hierárquica**, Rio de Janeiro/RJ, Makron Books do Brasil Editora Ltda. e Editora McGraw-Hill do Brasil.

_____. 1995. “Transport Planning with Multiple Criteria: the Analytic Hierarchy Process Applications and Progress Review”. **Journal of Advanced Transportation**, Volume 29, Issue 1, Spring, pp. 81–126.

SALIBA, G.C. 2009. **Priorização de Projetos em Petroquímica: Análise Multicritério pelo Método TODIM**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração e Economia, Faculdade de Economia e Finanças, Faculdades IBMEC, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

SHORT, J.; KOPP, A. 2005. “Transport infrastructure: Investment and planning. Policy and research aspects”. **Transport Policy** 12, 360–367.

SILVA, A.N.R. 1998. **Sistema de Informações Geográficas para Planejamento de Transportes**. Tese de Livre-Docência. Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, Brasil.

SILVA, R.B.; NETTO, M.A.C. 2010. “Uma Estrutura de Apoio à Decisão para Orientar a Escolha de Projetos Prioritários para a Infraestrutura de Transporte do Brasil”. In: **XLII SBPO Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, SOBRAPO - Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves/RS, Brasil, setembro.

SOUZA, A.; KREUZ, C.L.; CLEMENTE, A. 2002. Metodologia para análise de viabilidade do cultivo de pinus taeda: o caso da região de Campos de Palmas. **Revista de Negócios**, v. 7, n. 4, p.51-62, dezembro, Blumenau/SC. Brasil,. Trimestral. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rn/article/view/330/315>>.

TALVITIE, A. 2000. “Evaluation of road projects and programs in developing countries”. **Transport Policy** 7, 61–72.

TBS – TREASURY BOARD OF CANADA SECRETARIAT. 2008. **A Report on Plans and Priorities**. 2008–2009. Canadá.

TEIXEIRA, M.A.T. 2002. **A Influência da Hidrovia Tietê-Paraná no Desenvolvimento Regional**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes – PET, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

TENG, J.W.; TZENG, G.H. 1996. “A Multiobjective Programming Approach for Selecting Non-Independent Transportation Investment Alternatives”. **Transportation**

Research Part B: Methodological, Volume 30, Issue 4, August, pp. 291–307.

TOMLIN, D. 1990. **Sistemas de Informação Geográfica e Modelagem Cartográfica**. Editora Prentice-Hall. Nova Jersey.

THONG, C.M.; WONG, W.G. 1997. “Using GIS to design a traffic information database for urban transport planning”. **Computers, Environment and Urban Systems**, Volume 21, Issue 6, 1 November, pp. 425-44.

TORRES, C.E.G. Planejamento do Transporte Rodoviário em Minas Gerais: Uma Análise de Equilíbrio Geral Computável Incorporando o Custo dos Acidentes para as Rodovias BR-381, BR-262 e BR-116. **Planejamento e Políticas Públicas**, Volume 40, 2013, pp. 183-218.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. 2000. **Highway Capacity Manual – HCM**. National Research Council, Washington/DC, USA.

TUDELA, A.; AKIKI, N.; CISTERNAS, R. 2006. “Comparing the Output of Cost Benefit and Multi-Criteria Analysis: An Application to Urban Transport Investments”. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, Volume 40, Issue 5, June 2006, pp. 414–423.

ÜLENGİN, F.; KABAK, O.; ÖNSEL, *et al.* 2010. “A Problem-Structuring Model for Analyzing Transportation-Environment Relationships”. **European Journal of Operational Research**, Volume 200, Issue 3, 1 February, pp. 844–859.

VARGAS, R.V. 2010. “Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to Select and Prioritize Projects in a Portfolio”. **In: PMI Global Congress**, Washington, DC, USA.

VASCONCELLOS, E.A., 2003, “Inclusion of Social Benefits in Road Transport Planning”. **In: Framework for the Inclusion of Social Benefits in Transport Planning. Research Paper**. Research for Development – R4D, Department for International Development, Reino Unido, 15p, janeiro.

VASCONCELOS, A.D. 2009. **Metodologia para Localização de Terminais Concentradores em Redes de Transporte sob Gerenciamento Descentralizado**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes – PET, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

VENCOVSKY, V.P. 2006. **Sistema Ferroviário e o Uso do Território Brasileiro: Uma Análise do Movimento de Produtos Agrícolas**. Dissertação de Mestrado, Pós-

graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas/SP, Brasil.

VONDEROHE, A.P.; TRAVIS, L.; SMITH, R.L.; TSAL, V. 1993. “Adaptation of geographic information system for transportation”. National Cooperative Highway Research Program Report 359, **Transportation Research Board**, Washington DC.

WEE, van B. 2001. “How suitable is CBA for the ex-ante evaluation of transport projects and policies? A discussion from the perspective of ethics”. **Transport Policy** 19, 1–7.

WILLS, W. 2013. **Modelagem dos Efeitos de Longo Prazo de Políticas de Mitigação de Emissão de Gases de Efeito Estufa na Economia do Brasil**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético – PPE, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

APÊNDICE I - PORTFÓLIO DE PROJETOS DO PNLT: VERSÃO 2010

Os textos que seguem foram adaptados ou extraídos literalmente dos relatórios produzidos em 2010, pelo Ministério dos Transportes – MT, por meio de parceria com o Exército Brasileiro, particularmente, pelo seu Departamento de Engenharia e Construção - DEC, no projeto denominado “*DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA ATUALIZAÇÃO DA BASE DE DADOS GEORREFERENCIADA DO PNLT, EM APOIO AO PROCESSO DE PERENIZAÇÃO – ETAPA II*”, sendo utilizados, em particular neste apêndice, textos parciais do relatório denominado “*VOLUME 6 – REVISÃO DOS RESULTADOS DO PORTFÓLIO DE PROJETOS*”, na versão final, de junho de 2010 e o “*SUMÁRIO EXECUTIVO – NOV 2009*”, publicado no sítio eletrônico do próprio Ministério dos Transportes - MT. As informações que seguem, subsidiam as análises promovidas nesta Tese, quanto à definição das alternativas de soluções, caracterizadas por projetos de infraestrutura de engenharia, segundo informações do portfólio de projetos do PNLT.

I.1 IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E INTERVENÇÕES NECESSÁRIAS

Em princípio, a identificação dos gargalos existentes ou *links* faltantes é feita a partir da alocação das matrizes de produtos relevantes, carga geral à rede multimodal (além de passageiros, no caso do modo rodoviário e aeroviário), considerando o ano base e cenários futuros. A partir de uma análise de nível de serviço (no caso de rodovias) ou da relação volume/capacidade (no caso de outros modais) é possível identificar os *links* que representam gargalos do sistema que devem ser eliminados ou atenuados através de intervenções na rede existente. Também é possível, a partir da análise dos carregamentos na rede, identificar locais em que existem *links* faltantes, os quais seriam desejáveis executarem para promover a continuidade de corredores logísticos. Finalmente, é possível verificar quando esses investimentos serão necessários, definindo a prioridade de investimentos no decorrer do período de análise.

No entanto, não foi necessário identificar os *links* críticos do sistema, pois num primeiro momento, a maior parte intervenções a serem simuladas foi previamente identificada através de um inventário fornecido pelo próprio (Ministério dos Transportes – MT), indicando os possíveis gargalos e elos faltantes, atuais e futuros, na rede de transportes nacional. Dessa forma, limitou-se a identificar a localização e tipo dessas

intervenções, classificando-as em projetos e agrupamentos. As alternativas de melhorias propostas para a rede de transporte atual, tanto para o ano base quanto para os horizontes futuros, foram georreferenciadas de modo a permitir a visualização destes projetos de uma forma clara, dentro do horizonte de análise.

I.2 DEFINIÇÃO DE PROJETOS

Conforme mencionado anteriormente, as intervenções inventariadas pelo Ministério dos Transportes - MT foram classificadas em projetos. Um projeto, basicamente, abrange um conjunto de *links* contíguos de um mesmo modal e que devem receber um mesmo tipo de intervenção. Esta estratégia permite a estimativa dos custos de intervenções para cada *link* e, em seguida, o custo global do projeto a partir da agregação dos custos dos links pertencentes a um mesmo projeto.

O Quadro I.1 mostra os tipos de intervenções possíveis para cada um dos modais existentes na rede de simulação. Tal lista foi elaborada a partir da análise dos tipos de intervenções existentes na relação fornecida e da experiência já adquirida no desenvolvimento de projetos similares. Dentro da lista fornecida pelo Ministério dos Transportes - MT foram elencados os projetos já concedidos, em execução ou concluídos. Estes projetos não fazem parte de nenhum agrupamento, e serão considerados como executados nos anos-horizonte de todas as alternativas simuladas conforme seus respectivos períodos de implantação. O Quadro I.1 mostra a lista de projetos considerados, equivalentes ao Vetor Logístico Amazônico. A Figura I.1, contudo, mostra o mapa da distribuição geográfica dos projetos do PNLT.

Tabela I.1 – Tipos de intervenção considerada para cada modo de transporte.

MODAL	TIPO DE INTERVENÇÃO
Rodoviário	Construção
	Pavimentação
	Recuperação
	Adequação de Capacidade
Ferroviário	Construção
	Remodelação
Hidroviário	Construção de hidrovía
	Construção de eclusa
	Dragagem
	Qualificação

Quadro I.1 – Lista detalhada de projetos do Vektor Amazônico

Ministério dos Transportes PNLT - Plano Nacional de Logística e Transportes Data de referência: julho de 2008												
Novo Portfólio												
Modo de Transporte	Ordem	Descrição	Tipo de Intervenção	PAC e outros	Vektor Amazônico			Total do Investimento no Vektor (R\$ 1.000)	COD PNL1	Alternativa PNL1	COD PNL2	Alternativa PNL2
					2008/11	2012/15	Pós 2015					
Ferrovário	NM092	EF-354: Litoral Norte Fluminense/RJ - Muriaé/MG - Ipatinga/MG - Paracatu/MG - Brasília/DF - UruçuGO - Cocalinho/MT - Ribeirão Cascalheira/MT - Lucas do Rio Verde/MT Vilhena/RO - Porto Velho/RO - Rio Branco/AC - Cruzeiro do Sul/AC - Fronteira Brasil-Peru (Boqueirão da Esperança/AC) - 5.570 Km - R\$ 18.610.000.000,00 Sendo 55% no Vektor Amazônico - 10% no Vektor Centro Norte e 35% no Vektor Leste - 10% PNL2 2008/2011 - 30% no PNL2 2012/2015 e 60% no PNL2 Pós 2015	Construção	MP Ferrovias	1.023.550	3.070.650	6.141.300	10.235.500			FC1501	A02
Totais Ferrovário					1.023.550	3.070.650	6.141.300	10.235.500				
Hidroviário	AM082	Hidrovia da Madeira: Melhoria da Navegabilidade/Sinalização e Adequação da Hidrovia	Melhorias				120.000	120.000	MTH110		Sem Sensibilidade	
	CN023	Hidrovia do Rio Acre: Melhorias da navegabilidade (entre Boca do Acre/AM e Rio Branco/AC)	Melhorias				21.750	21.750	MTH112		Sem Sensibilidade	
	CN026	Hidrovia do Rio Içá: Navegabilidade do Rio Içá no Estado do Amazonas (integração com o Rio Putumayo) (IRSA)	Melhorias			18.400		18.400	Sem Sensibilidade		Sem Sensibilidade	
	CN027	Hidrovia do Rio Juruá: Melhorias da navegabilidade do Rio Juruá até Cruzeiro do Sul/AC	Melhorias				164.655	164.655	MTH113		Sem Sensibilidade	
	CN028	Hidrovia do Rio Madeira: Eclusas de Jirau e de Santo Antônio (IRSA)	Implantação			1.400.000		1.400.000	Sem Sensibilidade		Sem Sensibilidade	
	CN029	Hidrovia do Rio Madeira: Melhoria da Navegabilidade - Porto Velho - Itacotiara	Melhorias			100.000		100.000	MTH110		Sem Sensibilidade	
	CN110	Hidrovia do Rio Madeira: Navegabilidade do Rio Madeira entre Porto Velho/RO - Guayaramerin/Bolívia - Eclusa de Abunã/RO (IRSA)	Melhorias			500.000		500.000	Sem Sensibilidade		Sem Sensibilidade	
	CN111	Hidrovia do Rio Negro: Melhorias da Navegabilidade do Rio Negro entre Cucuí/AM e Manaus/AM (integração com o Rio Orinoco) (CAF)	Melhorias				118.065	118.065	MTH167		Sem Sensibilidade	
	NM018	Hidrovia dos Rios Branco e Negro: Navegabilidade dos Rios Branco e Negro/AM no trecho Manaus-Boa Vista/RO (IRSA)	Melhorias				800.000	800.000	MTH108		Sem Sensibilidade	
	NM019	Hidrovia Guará-Capim/PA 479 Km - Desde a Foz do Rio Guará até o Porto de Vila do Conde, incluindo a Quilometragem do Rio Capim	Melhorias			957		957			Sem Sensibilidade	
	NM093	Hidrovia Solimões - Amazonas: Navegabilidade do Sistema Fluvial Solimões/AM (IRSA)	Melhorias			115.000		115.000	Sem Sensibilidade		Sem Sensibilidade	
	NS027	Hidrovia Teles Pires - Juruena/MT - Tapajós/PA 1043 Km (Incluindo a construção de rodovia de acesso) - R\$ 1.428.750, sendo 100% no Vektor Amazônico 50% no Período 2008/2011 e 50% no Período 2012/2015	Implantação	MTH107		714.375	714.375	1.428.750	HQ027	A02	HQ0027	A14
SU118	Terminais Hidroviários: AM/AP/PA, 67 Terminais *PAC (R\$ 110.000.000,00 - Amazonas e Pará)* sendo 80% no Vektor Amazônico e 20% no Vektor Centro Norte	Construção		PAC	80.000		110.000		Não simulável		Não simulável	
SU119	Terminais Hidroviários: Construção de 53 Terminais, R\$ 90.000.000,00, sendo 80% no Vektor Amazônico e 20% no Vektor Centro Norte (Complementação do PAC)	Construção			72.000		90.000		Não simulável		Não simulável	
Totais Hidroviário					967.332	2.747.775	1.224.470	4.939.577				
Rodoviário	AM039	AM-070: Trecho entre Cacaú Pirêra/AM e Manacapuru/AM, 85 Km	Duplicação		51.000			51.000			Sem sensibilidade	
	AM040	AM-170: Trecho de Santa Isabel do Rio Negro/AM até a Fronteira com a Venezuela	Pavimentação			93.600		93.600			Sem sensibilidade	
	AM041	AM-254: Trecho de Autazes/AM na BR-219 à Nova Olinda do Norte/AM - e de Autazes/AM a Maués/AM, 211,14 Km	Construção		126.700			126.700			RC1103	A01-01
	AM042	AM-360 Trecho entre Apuí/AM e Novo Aripuanã/AM, 285 Km	Pavimentação		171.000			171.000			RP1104	A01-01
	AM043	AM-364: Trecho entre Manicoré/AM e o Entroncamento AM-364/BR-319, 181 Km	Construção		50.400			50.400			Não localizado	
	AM095	BR-080/BR-242 (MT-322): Entroncamento, das BR-080/BR-242/BR-158 com Entroncamento da BR-080/BR-242/BR-163, 468 Km R\$360.000.000,00, sendo 50% no Vektor Centro Norte e 50% no Vektor Amazônico no PNL2 2008/2011	Pavimentação		180.000			360.000	RP175		RP0175	A01-03
	CS085	BR-163/BR-364: Rondonópolis/MT - Cuiabá/MT - Posto GI/MT - 385 Km, sendo 30% no Vektor Amazônico e 70% no Vektor Centro Sudeste *PAC (R\$ 100.000.000,00)*	Duplicação			30.000	n	100.000	MTRA002		MTRA002	
	CS086	BR-163/BR-364: Rondonópolis/MT - Cuiabá/MT - Posto GI/MT - 385 Km, sendo 30% no Vektor Amazônico e 70% no Vektor Centro Sudeste *PAC (R\$ 540.000.000,00)*	Duplicação		PAC	162.000		540.000	MTRA002		MTRA002	
	CS087	BR-163/MT-208: Alta Floresta/MT - Cachoeira Rasteira/MT -	Construção/Pavimentação		315.040			315.040			Não localizado	
	CS088	BR-163: Entre Marechal Cândido Rondon/PR - Guaíra/PR (63,3 Km) - Recuperação e Adequação	Adequação de Capacidade					64.000			RA1459	A01-06
	CS090	BR-163: Guarani do Norte/MT - Santarém/PA, 1024 Km - *PAC(R\$ 1.250.000.000,00)* - Sendo R\$ 850.000.000,00 no PAC 2007/2010 e R\$ 400.000.000,00 no PAC Pós 2010	Pavimentação		PAC	850.000	400.000	1.250.000			RP1111	
	CS091	BR-163: Recuperação do Trecho entre Sinop/MT e Matupá/MT	Pavimentação		RR110	66.252		66.252	RR110		RR0110	A01-03
	CS117	BR-174: Juína/MT - Aripuanã/MT - 374 Km	Construção/Pavimentação		270.000			270.000			RP1113	A01-03
	CS153	BR-174: Trecho Próximo ao Km-20, na Divisa RO/MT, 40 Km	Pavimentação		16.000			16.000			RP1114	A01-03
	CS154	BR-210: Construção de Pontes, Extensão de 0,22 Km	Construção		7.700			7.700			Não simulável	
	CS156	BR-210: Trecho Entre Rios/RR até SJ. Baliza/RR, 57 Km	Pavimentação		15.733			15.733			RP1116	A01-01
	LE075	BR-230: Construção/Pavimentação entre Humaitá/AM e Lábrea/AM	Pavimentação		MTRP111	227.470		227.470	MTRP111		MTRP111	A01-01
	LE077	BR-230: Entroncamento BR-230/BR-163 - Marabá/PA - Altamira/PA - Medicilândia/PA - Rurópolis/PA, 834 Km sendo 70% no Vektor Amazônico e 30% no Vektor Centro Norte *PAC (R\$ 950.000.000,00)*	Pavimentação		PAC	665.000		950.000			RP1118	
	LE079	BR-230: Itaituba/PA (Entroncamento BR-230/BR-163) - Altamira/PA (Entroncamento BR-230/BR-158) - Construção/Pavimentação	Pavimentação		MTRP109	522.910		522.910	MTRP109		MTRP109	A01-02
	LE080	BR-230: Transamazônica - Pavimentação entre Itaituba/PA e Lábrea/AM	Pavimentação				1.026.680	1.026.680	RP095		RP0095	A01-01
	LE123	BR-242: Ribeirão Cascalheira/MT (BR-158) - Sorriso/MT (BR-163), R\$ 80.000.000,00, sendo 50% no Vektor Centro Norte e 50% Km no Vektor Amazônico - 100% no PNL2 2008/2011 - Complementação ao PAC	Pavimentação		40.000			80.000	MTRP004		MTRP004	
	LE124	BR-242: Ribeirão Cascalheira/MT (BR-158) - Sorriso/MT (BR-163), sendo 50% no Vektor Centro Norte e 50% Km no Vektor Amazônico - 314 Km *PAC (R\$ 200.000.000,00)	Pavimentação		PAC	100.000		200.000	MTRP004		MTRP004	
	LE125	BR-242: Sorriso/MT - Entroncamento BR-242/BR-174	Construção/Pavimentação				320.000	320.000			Não localizado	
	NM052	BR-317: Trecho entre Lábrea/AM e a Divisa AM/AC passando por Boca do Acre/AM	Implantação/Construção		249.600			249.600			RC1124	A01-01
	NM053	BR-319: Manaus/AM - Porto Velho/RO, 680 Km - *PAC (R\$ 600.000.000,00)* - Sendo R\$ 505.000.000,00 no PAC 2007/2010 e R\$ 95.000.000,00 no PAC pós 2010	Pavimentação		PAC	505.000	95.000	600.000	RP102	A01-1	RP0102	
	NM054	BR-319: Ponte sobre o Rio Madeira em Porto Velho/RO, 0,97 Km *PAC (R\$ 97.000.000,00)*	Construção		PAC	97.000		97.000			RP0102	
	NM088	BR-364: Anel Rodoviário de Ji-Paraná/RO, 13,6 Km	Construção			29.000		29.000			Sem sensibilidade	
	NM089	BR-364: Campo Novo do Parecis/MT - Diamantino/MT, 185 Km - *PAC (R\$ 260.000.000,00)*	Construção		PAC RR151	260.000		260.000			RC1128	
	NM090	BR-364: Cruzeiro do Sul/AC - Sena Madureira/AC, 349 Km - *PAC (R\$ 540.000.000,00)*	Construção e Pavimentação		PAC	540.000		540.000	RP098	A01-1	RP0098	
	NM097	BR-364: Diamantino/MT - Sapezal/MT - Comodoro/MT - Complementação do PAC - Campo Novo do Parecis/MT - Comodoro/MT - R\$ 358.000.000,00, sendo 50% no PNL2 2008/2011 e 50% PNL2 2012/2015	Pavimentação		RR151	179.000	179.000	358.000	MTRP131		MTRP131	A01-03
	NM100	BR-364: Ponte sobre o Rio Madeira em Abunã/RO (Licitada em julho de 2006)	Construção			117.352		117.352			Sem sensibilidade	
	NM101	BR-364: Posto GI/MT - Diamantino/MT, em complementação ao PAC (BR-163/BR-364, Rondonópolis/MT - Cuiabá/MT - Posto GI/MT)	Pavimentação			100.000		100.000			RP1132	A01-03
	NM102	BR-364: Recuperação do trecho entre Porto Velho/RO e Rio Branco/AC	Recuperação		RR097	596.592		596.592	RR097	A01-1	RR0097	A01-01
	NS068	BR-401: Boa Vista/RR - Normandia/RR, Fronteira com Guiana, Conclusão dos 75 Km que faltam	Pavimentação				58.000	58.000	MTRP017		MTRP017	A01-01
	NS082	BR-425: Pontes de Concreto sobre o Rio Ribeirão/RO, 66 m, e sobre o Rio Arara/RO, 70 m	Construção		3.400			3.400			Sem sensibilidade	
	NS083	BR-429: Entroncamento BR-364/BR-429 - Costa Marques/RO - Pavimentação de 344 Km	Pavimentação				618.000	618.000	MTRP015		MTRP015	
	NS084	BR-429: Trecho entre BR-364/BR-429 e Costa Marques/RO, 306,41 Km (Obra em Processo de Licitação pelo DNT)	Pavimentação		160.000			160.000	MTRP015		MTRP015	
	NS085	BR-431: Construção de Pontes em Roraima, Extensão de 0,5 Km	Construção			20.000		20.000			Não simulável	
	NS086	BR-431: Parte do Trecho de Santa Maria/RR até Jundiá/RR, 47 Km	Pavimentação			10.183		10.183			RP1139	A01-01
	NS087	BR-431: Pavimentação do Trecho de Santa Maria/RR até Jundiá/RR, 143 Km	Projeto			2.860		2.860			RP1140	A01-01
	NS088	BR-431: Terraplenagem do trecho de Santa Maria/RR até o Rio Jauperi/RR, 98 Km	Projeto			1.960		1.960			Não localizado	
	NS089	BR-431: Trecho de Santa Maria/RR até o Rio Jauperi/RR, 98 Km	Terraplenagem			34.300		34.300			Não localizado	
	NS090	BR-432: Construção de Pontes, 0,02 Km	Construção			700		700			Não simulável	
	NS091	BR-432: de Bonfim/RR a Normandia/RR, 65 Km	Pavimentação			42.250		42.250			Não localizado	
	NS092	BR-433: Construção de Pontes Localizadas no Trecho entre a Entrada da BR-174 e Sumuru/RR, 0,09 Km	Construção			3.150		3.150			Sem sensibilidade	
	NS093	BR-433: Entrada da BR-174 até Sumuru/RR, 25 Km	Pavimentação			14.250		14.250			RP1146	A01-01
	SU070	MT-206/BR-163: Colíza/MT - Apiacás/MT	Construção e Pavimentação			380.000		380.000			RP1147	A01-03
SU071	MT-206/MT-160: Construção do Trecho entre Alta Floresta/MT - Cachoeira Rasteira/MT	Pavimentação		RP127	315.040		315.040			RP1148	A01-03	
SU072	MT-206: Colíza/MT - Divisa MT/RO, 310 Km	Construção e Pavimentação			280.000		280.000			RP1149	A01-03	
SU074	MT-322: Entroncamento MT-322/BR-158 - Entroncamento MT-322/BR-163 - 468 Km, R\$ 320.000.000,00, sendo 50% no Vektor Amazônico e 50% no Vektor Centro Norte - 100% PNL2 2008/2011	Construção e Pavimentação			160.000		320.000			RP0175	A01-03	
SU076	PA-254: Federalização desta Rodovia com 588 Km (285 Km Planejados ou em Leito Natural e 303 Km em Revestimento Primário)	Construção			1.201.900		1.201.900			RC1151	A01-02	
SU077	PA-473: Federalização desta Rodovia com 48 Km, 48 Km em revestimento primário	Pavimentação			98.100		98.100			Não localizado		
Totais Rodoviário					9.169.539	866.903	2.022.680	12.059.122				

Notas:

(1) A fonte das obras em execução e suas respectivas datas de conclusão é a apresentação de empreendimentos rodoviários do PAC atualizados até 20/07/2009 (http://www.dnt.gov.br/menu/dpp/pac/ROD_FISICO_E_DATAS_20072009.ppt)

(2) Mapas multimodais 2009 do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (http://www.dnt.gov.br/menu/dpp/mapas/mapas/)

Fonte: Adaptado, Ministério dos Transportes – MT, PNL2, Portfólio de Projetos, Relatório Executivo, primeira revisão, 2009

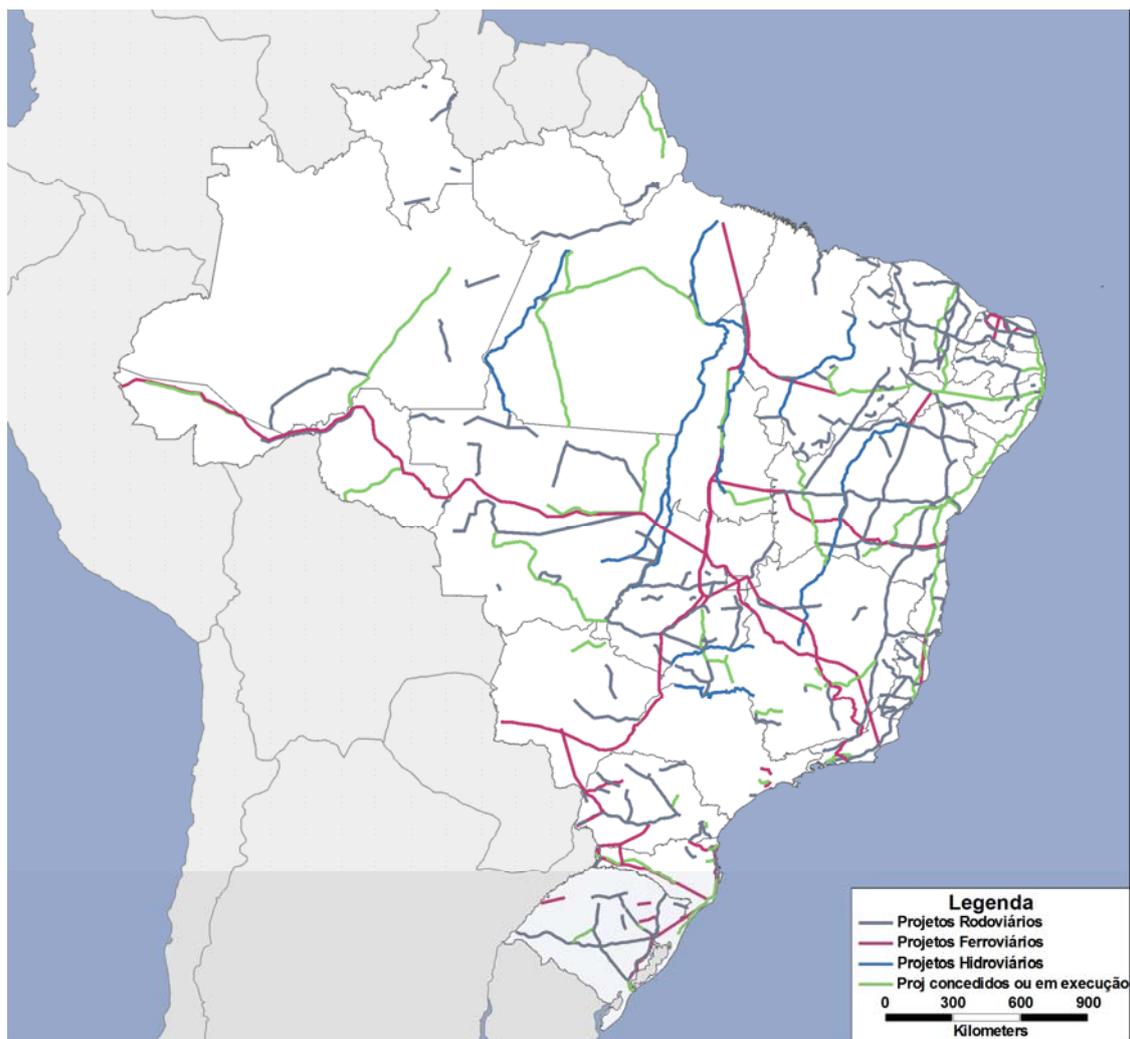


Figura I.1: Localização dos projetos selecionados para análise.

I.3 DEFINIÇÃO DE AGRUPAMENTOS E ALTERNATIVAS

Os agrupamentos são conjuntos de projetos (ou mesmo projetos isolados), definidos de maneira a ter uma função estrutural dentro do sistema de transportes nacional, tal como integração regional ou escoamento de produtos relevantes. Um ou mais agrupamentos compõem uma alternativa a ser simulada e avaliada, conforme descrito em diversas partes desta Tese. O Quadro I.2 apresenta a lista dos projetos combinados em agrupamentos (MT, MD, 2010). No PNLT, cada um dos agrupamentos, por sua vez, corresponde a uma alternativa, exceto no caso dos agrupamentos de rodovias (A01_1 até A01_11).

Quadro I.2: Lista de agrupamentos simulados.

CÓDIGO*	AGRUPAMENTO	PROJETOS COMPONENTES
A01-1	Projetos rodoviários no Acre, Amazonas e Roraima	MTRP017/MTRP111/RC1103/RC1124/RP0095/RP1104/RP1116/RP1139/RP1140/RP1146/RR0097
A01-2	Projetos rodoviários no oeste do Pará e Amapá	MTRP019/MTRP109/RC1151
A01-3	Projetos rodoviários no Mato Grosso	MTRA145/MTRP131/RC0155/RP0175/RP1113/RP1114/RP1132/RP1147/RP1148/RP1149/RP1215/RR0110
A01-4	Projetos rodoviários no leste do Pará, Maranhão e Tocantins	MTRA011/MTRA012/MTRA136/MTRP113/RA1178/RC1156/RC1170/RC1180/RC1181/RC1192/RC1194/RP0154/RP1303/RP1316/RP1388
A01-5	Projetos rodoviários em Goiás e Triângulo Mineiro	MTRA001/MTRA119/MTRA120/MTRA128/MTRP106/MTRP132/RA1183/RA1195/RA1198/RA1199/RA1222/RA1228/RA1230/RA1231/RA1232/RA1233/RA1234/RA1235/RA1245/RA1248/RA1254/RA1434/RA1435/RC1229/RC1284/RP0156/RP1174/RP1184/RP1186/RP1190/RP1263
A01-6	Projetos rodoviários no Mato Grosso do Sul e noroeste paranaense	MTRA112/MTRA113/MTRA114/MTRA115/MTRA116/RA1457/RA1459/RP1236/RP1237/RP1426/RP1427/RP1456/RP1456
A01-7	Projetos rodoviários no leste paranaense, leste catarinense e sul paulista	MTRA103/MTRA111/RA0021/RA0044/RA0147/RA1202/RP1425
A01-8	Projetos rodoviários em Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e sul da Bahia	MTRA117/MTRA122/MTRA126/MTRP006/MTRP024/MTRP108/RA0042/RA0060/RA0062/RA0064/RA0065/RA1257/RA1258/RA1261/RA1271/RC1270/RC1275/RC1276/RC1287/RC1288/RC1289/RP1269/RP1431/RP1432
A01-9	Projetos rodoviários no Vetor Nordeste Meridional	MTRA007/MTRA030/MTRA135/MTRA142/MTRA143/MTRA160/MTRP005/MTRP010/MTRP123/MTRP124/MTRP125/RA0047/RC0037/RC0051/RC0056/RC0121/RP1295/RP1296/RP1300/RP1309/RP1317/RP1318/RP1319/RP1320/RP1321/RP1322/RP1323/RP1430/RP1437/RR0009/RR0030/RRA0149
A01-10	Projetos rodoviários no Vetor Nordeste Setentrional	MTRA009/MTRA031/MTRA137/MTRA138/MTRA139/MTRA140/MTRA152/MTRP008/MTRP117/MTRP118/MTRP119/MTRP103/RA0048/RA1337/RA1338/RA1341/RA1342/RA1348/RA1350/RA1362/RA1371/RA1373/RA1380/RA1381/RA1382/RC1339/RC1345/RC1356/RC1358/RC1374/RC1375/RC1376/RP1347/RP1355/RP1360/RP1369/RP1370/RP1384/RP1385/RP1386/RP1387/RP1389/RP1391/RP1392/RP1393/RP1394/RP1395/RR0028
A01-11	Projetos rodoviários no Rio Grande do Sul e oeste catarinense	MTRA022/MTRA101/MTRA104/MTRA105/MTRA108/MTRA109/RA1401/RA1403/RA1404/RA1408/RA1411/RA1413/RA1448/RA1460/RC0071/RP0077/RC1429/RP1402/RR0012
A02	Ligação ferroviária entre o Acre e o Norte Fluminense	FC1501
A03	Ferrovias Norte Sul e ligação ferroviária entre a FNS e a Nova Transnordestina	FC0413/FC1502/FC1509
A04	Ferrovias Bahia Oeste	FC1562/FC0371
A05	Ligação ferroviária Panorama (SP) – Porto Murtinho (MS)	FC1511
A06	Ligações ferroviárias do Paraná e Santa Catarina	FC1589/FC1590/FC1591/FC1601/FC1608/FR0363/MTFC008/MTFC152
A07	Ferrovias do Rio Grande do Sul	FC0315/FC1595/MTFC118/MTFC151/MTFC158
A08	Ligação ferroviária entre Goiânia (GO) e Rio de Janeiro (RJ)	FC1537

CÓDIGO*	AGRUPAMENTO	PROJETOS COMPONENTES
A09	Ligações ferroviárias Cascavel (PR) – Maracajú (MS) / Cascavel (PR) – Foz do Iguaçu (PR) / Guaíra (PR) – Cianorte (PR)	FC1585/FC1587/MTFC117
A10	Ferroanel de São Paulo – tramos Norte e Sul	MTFC006/MTFC115
A11	Ligação ferroviária Teixeira de Freitas (BA) – Porto da Barra do Riacho	MTFC110
A12	Ligação ferroviária entre Jucurutu (RN) e Porto do Mangue (RN)	FC1576
A13	Ferrovias do Sal / Ligação ferroviária entre Assú (RN) e Mossoró (RN)	FC1574/FR1577
A14	Hidrovia Teles Pires – Tapajós	HQ0027
A15	Hidrovia do Tocantins – Araguaia	HC1016/HE0010/HE1025/HQ0017/HQ0026/MTH101/MTHC002/MTHC104/MTHC166
A16	Hidrovia do Parnaíba (até Teresina)	HC1050/HE1051/HQ1020
A17	Hidrovias do Rio Grande e Paranaíba	HC1032/HC1033
A18	Multimodal São Francisco – Juazeiro – Salgueiro	FC0339/HA1041/HD1045/HQ1046/HQ1047/HR1048/RRA0159

* Código utilizado na base de dados georreferenciada do PNL (MT, MD, 2010).

I.4 DISTRIBUIÇÃO DOS PROJETOS POR VETORES LOGÍSTICOS

Uma novidade introduzida pelo PNLT é a forma adotada para configurar o portfólio de investimentos de modo mais compatível com os fatores logísticos, que envolvem definitivamente as relações econômicas e seus rebatimentos na função transportes.

Neste sentido, desenvolveu-se uma nova proposta de organização espacial do País, na qual as microrregiões homogêneas foram agrupadas em função da superposição georreferenciada de diversos fatores representativos de suas características:

- Impedâncias ambientais;
- Similaridades socioeconômicas e;
- Perspectivas de integração e inter-relacionamento (a antiga noção de “*corredores de transporte*”)

Funções de transporte, identificadas a partir da análise de isocustos em relação aos principais portos concentradores de carga do País.

Dessa análise, resultaram os sete seguintes agrupamentos, a que se convencionou chamar de “Vetores Logísticos”, compostos por microrregiões agregadas segundo os fatores acima referidos:

- Amazônico;
- Centro Norte;
- Nordeste Setentrional;
- Nordeste Meridional;
- Leste ;
- Centro Sudeste e;
- Sul

A Figura I.2 ilustram os sete vetores logísticos, sobre os quais serão relacionados os projetos multimodais de transporte, relevantes para a consecução de suas perspectivas de integração e inter-relacionamento do ponto de vista socioeconômico.

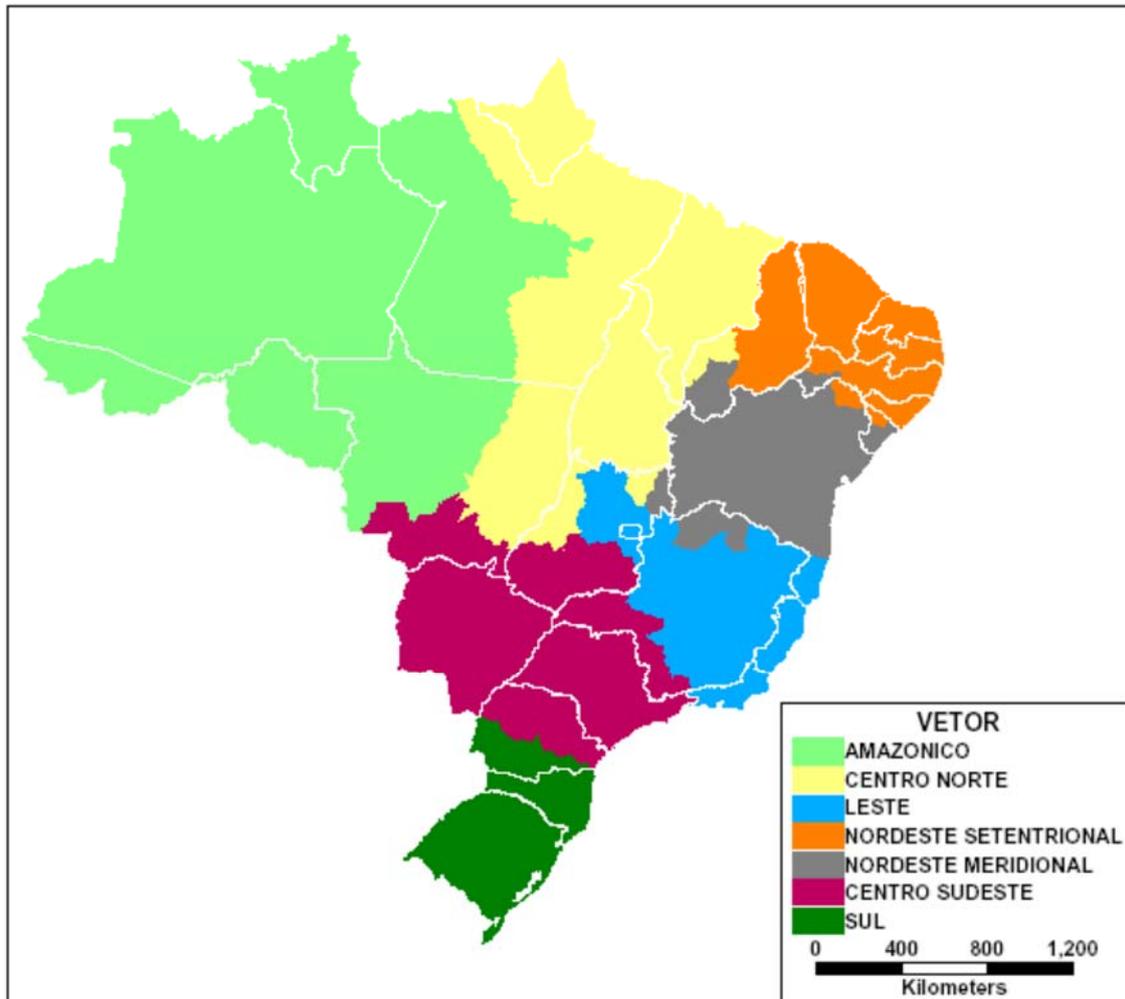


Figura I.2: Vetores Logísticos da Organização Espacial Brasileira.

Fonte: Processamento PNL T

As informações dos projetos listados nas tabelas anteriores, referentes aos modos ferroviário, hidroviário e rodoviário, bem como outros projetos, não descritos, do modo portuário, aeroportuário e dutoviário tratadas por Vetores Logísticos, formando novas tabelas. Para fins dessa tese, os projetos selecionados para fins da aplicação do procedimento proposto, limitando-se àqueles pertencentes ao Vetor Logístico Amazônico, pois os projetos contidos nessas áreas foram selecionados, considerando as devidas e justificativas descritas no Capítulo 6 desta Tese.

I.5 ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS

A seleção dos projetos do Vetor Logístico Amazônico serve à aplicação do AHP proposto neste trabalho. Em face dessa aplicação se concentra nos projetos de características lineares, envolve, neste caso, os modos rodoviário, ferroviário e hidroviário, conforme justificativas descritas no capítulo 6 deste trabalho.

Baseado nas informações das tabelas anteriores, a Tabela I.2 inserida na sequência, apresenta uma lista dos projetos do Vetor Logístico Amazônico selecionados para caracterizar as alternativas da aplicação do *AHP* proposta nesta Tese. A Tabela I.2 registra a descrição dos projetos de infraestrutura de transportes, a serem utilizados na citada aplicação.

Tabela I.2: Identificação Detalhada dos projetos selecionados do Vetor Logístico Amazônico

Seleção de Projetos – Vetor Logístico Amazônico								
Nº	Modo	Código	UF(s)	Vetor	Tipo	Descrição	Ext.	Período
							(km)	(PPA)
1	R	A01_1	RO, AM	AM	Implantação Construção	BR-319: Trecho Porto Velho/RO Manaus/AM.	826,19	Pós-2015
2	R	A01_2	AC, RO	AM	Construção Pavimentação Recuperação	BR-364: Interligação rodoviária entre Cruzeiro do Sul/AC – Sena Madureira/AC, Rio Branco/AC – Porto Velho/RO.	984,02	Pós-2015
3	R	A01_3	PA	AM/CN	Construção Pavimentação	BR-230: Trecho Marabá (PA) - Altamira (PA) – Itaituba (PA), passando por Rurópolis – (PA). Itaituba/PA e Lábrea/AM. Humaitá/AM e Lábrea/AM	2.744,82	Pós-2015
4	R	A01_4	AM	AM	Implantação Construção	BR-317: Lábrea/AM e a Divisa AM/AC passando por Boca do Acre/AM	442,20	Pós-2015
5	R	A01_5	RR	AM	Pavimentação	BR-210: Trecho Entre Rios/RR até S.J. Baliza/RR	57,00	2008-2011
6	R	A01_6	MT, PA	AM	Duplicação Constr./Pav. Recuperação	BR-163: Trecho Guarantã do Norte/MT - Santarém/PA. Trecho Sinop/MT - Matupá/MT, Recuperação.	1.080,78	2008-2011
7	R	A01_7	MT	AM	Construção Pavimentação	BR-174: Trecho entre Juína/MT - Aripuanã/MT. Trecho Próximo ao Km-20, na Divisa RO/MT.	255,70	2008-2015
8	R	A01_8	MT	AM/CN	Pavimentação	BR-242: Trecho Ribeirão Cascalheira/MT (BR-158) - Sorriso/MT (BR-163).	458,29	2008-2011
9	R	A01_9	RO	AM	Pavimentação	BR-429: Trecho entre o entroncamento BR-364/BR-429 - Costa Marques/RO.	338,07	2008-2011
10	R	A01_10	RR	AM	Pavimentação	BR-401/432: Bonfim/RR - Normandia/RR.	185,24	2008-2011

Seleção de Projetos – Vetor Logístico Amazônico

Nº	Modo	Código	UF(s)	Vetor	Tipo	Descrição	Ext.	Período
							(km)	(PPA)
11	R	A01_11	RR	AM	Construção Pavimentação	BR-433: Trecho entre o entroncamento BR-433/BR-174 - Sumuru/RR.	25,00	2008-2015
12	R	A01_12	MT	AM	Construção Pavimentação	BR-364: trecho Diamantino/MT – Sapezal/MT – Comodoro/MT – Campo Novo do Parecis/MT.	716,52	2008-2011
13	R	A01_13	RR	AM	Pavimentação	BR-431: trecho de Santa Maria/RR até Jundiá/RR, (Rorainópolis/RR)	143,00	2008-2011
14	F	A02_1	MT, RO, AC	AM/CN/L	Construção	EF-354: Litoral Norte Fluminense/RJ - Muriaé/MG - Ipatinga/MG - Paracatu/MG - Brasília/DF - Uruaçu/GO - Cocalinho/MT - Ribeirão Cascalheira/MT - Lucas do Rio Verde/MT Vilhena/RO - Porto Velho/RO - Rio Branco/AC - Cruzeiro do Sul/AC - Fronteira Brasil-Peru (Boqueirão da Esperança/AC).	3.009,83	2008 – pós 2015
15	H	A03_1	MT, PA.	AM	Implantação	Ligação hidroviária: Teles Pires e Tapajós, do norte do estado de Mato Grosso até Santarém/PA.	988,04	2008-2011

* Extensão total da EF-354, 3063,50 km, o valor indicado na tabela equivale à extensão do segmento dessa ferrovia no Vetor Amazônico.

APÊNDICE II – PLANILHAS EM EXCEL – MATRIZ DE CRITÉRIOS.

Visando facilitar junto aos especialistas colaboradores, o envio do formulário com a Matriz de Critérios, bem como o entendimento do problema estruturado por meio dos conceitos e definições apresentados pelo Método de Análise Hierárquica – MAH (*Analytical Hierarchy Process – AHP*), na aplicação para os fins definidos neste trabalho, foi elaborado (adaptado) um arquivo Excel, intitulado: “*Questionario_AHP_Tese_Saul_Quadros_2013.xlsx*”.

Esse arquivo é constituído por três planilhas distintas. A primeira consta de uma explicação geral sobre a proposta de aplicação, com identificações específicas sobre os **conceitos** de cada um dos critérios definidos e adotados na estruturação da Matriz de Critérios citada, bem como **instruções** de uso para o especialista colaborador, no preenchimento da mesma. A segunda planilha trata de instruções complementares à primeira, explorando com mais detalhes os conceitos de cada um dos critérios que compõem a Matriz de Critério. A terceira e última planilha, trata exatamente dos campos da **matriz** que devem ser preenchidos pelos especialistas colaboradores, indicando instruções detalhadas do *AHP* para o seu preenchimento, que de certa forma, constam também das duas primeiras planilhas. Essa terceira planilha é ilustrada pela Figura II.1.

A terceira planilha trata efetivamente da composição da Matriz de Critérios proposta neste trabalho, e que procura, em certa medida, replicar os conceitos do *AHP*, inclusive na indicação do Grau de Consistência, que resulta automaticamente do pleno preenchimento da mesma. Caso esse Grau de Consistência seja inferior a 0,10 o processo de inserção dos pesos pareados recebe uma indicação de “*Julgamentos Consistentes!*”. Caso contrário, aparece a indicação de “*Revise seus Julgamentos!*”. Isso permite ao especialista colaborador, no momento da apropriação dos seus pesos, verificar que ocorreu alguma inconsistência, que segundo as regras estatísticas do *AHP*, devem ser revistos, para que sejam válidos.

Com a terceira planilha Excel preenchida (Figura II.1), para cada um dos especialistas colaboradores, pode-se transferir as respectivas informações para o *software Expert Choice*, utilizado neste trabalho para aplicação do *AHP*. A Figura II.2 ilustra um exemplo sobre o uso da terceira planilha, indicando, respectivamente, a relação entre o valor do Grau de Consistência e sua indicação correlata.

Qual a importância relativa dos critérios abaixo na ponderação dos investimentos multimodais para o equilíbrio da matriz de transportes de cargas brasileira ?

Somente os campos em amarelo devem ser preenchidos.

Instruções detalhadas podem ser encontradas na planilha "Instruções".

[Instruções](#)

Matriz - Equilíbrio da Matriz Modal de Transportes de Cargas

	Redução dos Custos de Transportes	Ampliação da Viabilidade do Projeto	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Reduções das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos
Redução dos Custos de Transportes	1						
Ampliação da Viabilidade do Projeto	#DIV/0!	1					
Ampliação da Integração Modal	#DIV/0!	#DIV/0!	1				
Ampliação da Oferta de Transporte Regional	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1			
Reduções das Desigualdades Regionais	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1		
Redução das Interfaces Ambientais	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	
Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1

Grau de Consistência	#DIV/0!	#DIV/0!
-----------------------------	---------	---------

Escala numérica

- 1 - Linha **com igual importância** que Coluna
- 3 - Linha **pouco mais importante** que Coluna
- 5 - Linha **muito mais importante** que Coluna
- 7 - Linha **enormemente mais importante** que Coluna
- 9 - Linha **absolutamente mais importante** que Coluna

- 1 - Coluna **com igual importância** que Linha
- 1/3 - Coluna **pouco mais importante** que Linha
- 1/5 - Coluna **muito mais importante** que Linha
- 1/7 - Coluna **enormemente mais importante** que Linha
- 1/9 - Coluna **absolutamente mais importante** que Linha

Valores Intermediários

- 2 - Linha entre **igual importância** e **pouco mais importante** que Coluna
- 4 - Linha entre **pouco mais importante** e **muito mais importante** que Coluna
- 6 - Linha entre **muito mais importante** e **enormemente mais importante** que Coluna
- 8 - Linha entre **enormemente mais importante** e **extremamente mais importante** que Coluna

- 1/2 - Coluna entre **igual importância** e **pouco mais importante** que Linha
- 1/4 - Coluna entre **pouco mais importante** e **muito mais importante** que Linha
- 1/6 - Coluna entre **muito mais importante** e **enormemente mais importante** que Linha
- 1/8 - Coluna entre **enormemente mais importante** e **extremamente mais importante** que Linha

Figura II.1: Terceira planilha Excel de orientação aos especialistas: Matriz de Critérios.

Qual a importância relativa dos critérios abaixo na ponderação dos investimentos multimodais para o equilíbrio da matriz de transportes de cargas brasileira ?

Somente os campos em amarelo devem ser preenchidos.

Instruções detalhadas podem ser encontradas na planilha "Instruções".

[Instruções](#)

Matriz - Equilíbrio da Matriz Modal de Transportes de Cargas

	Redução dos Custos de Transportes	Ampliação da Viabilidade do Projeto	Ampliação da Integração Modal	Ampliação da Oferta de Transporte Regional	Reduções das Desigualdades Regionais	Redução das Interfaces Ambientais	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos
Redução dos Custos de Transportes	1	4	3	4	2	2	1
Ampliação da Viabilidade do Projeto	1/4	1	1/3	3	1/2	3	1/4
Ampliação da Integração Modal	1/3	3	1	4	1/2	1	1/3
Ampliação da Oferta de Transporte Regional	1/4	1/3	1/4	1	1/4	1/2	1/3
Reduções das Desigualdades Regionais	1/2	2	2	4	1	2	1/2
Redução das Interfaces Ambientais	1/2	1/3	1	2	1/2	1	1/5
Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos	1	4	3	3	2	5	1

Grau de Consistência	0,069793	Julgamentos consistentes!
-----------------------------	-----------------	----------------------------------

Figura II.2: Exemplo de Grau de Consistência adequado: terceira planilha Excel de orientação aos especialistas, Matriz de Critérios.

APÊNDICE III – MATRIZES DE CRITÉRIOS PREENCHIDAS.

Com base no preenchimento da Matriz de Critérios, elaborada (adaptada) em um arquivo Excel (conforme apresentado no APÊNDICE II) foram recolhidos com especialistas colaboradores (participantes) os pesos pareados dos critérios estabelecidos. Com isso, e utilizando-se o *software Expert Choice* foi então elaborado o projeto de aplicação do *AHP*. Nesse projeto foram registrados e identificados os participantes, conforme ilustrado pela Figura III.1.

Dessa forma foram também inseridos os pesos pareados de cada participante que colaborou como especialista, distinguindo-se por grupos, e por instituições. As ilustrações das Figuras III.2 à III.33 constam dos valores dos pesos aplicados em cada par de critérios, por cada um dos especialistas participantes do projeto, e os respectivos resultados das prioridades dos critérios.

Destaca-se que os valores onde a “*linha*” possui mais importância que a “*coluna*”, apresenta-se na cor “preta” e sem “*parênteses*”. Ao contrário, quando o valor do critério na “*coluna*” é mais importante que o valor da “*linha*”, apresenta-se na cor “*vermelho*”, entre parênteses. Na ilustração da Figura II.1 (APÊNDICE II) pode-se verificar sobre a “*escala numérica*”. Esse padrão faz parte da forma de apresentação de valores inseridos em uma Matriz de Critérios estruturada no *software Expert Choice*.

Com todos os especialistas participantes inseridos no projeto de aplicação do *AHP*, inclusive os seus respectivos valores de pesos para os pares da Matriz de Critérios, tem-se a opção de selecioná-los por grupos, e com isso, avaliar as prioridades de cada critério, em relação a cada um desses grupos. Considera-se como um resultado global, aquele em que todos os especialistas, de todos os grupos, participam de forma combinada. Para cada especialista colaborador, por natureza do Grupo ao qual pertencem são registrados, na sequência, já tratados no ambiente do *software Expert Choice*, os pesos pareados atribuídos pelos mesmos em suas análises. Assim, podem-se avaliar as distinções das opiniões dos especialistas, por meio dos registros ilustrados nas Figuras III.2 a III.34.

Visando facilitar a compreensão do significado das Siglas dos critérios, repete-se a Tabela 6.2, apresentada anteriormente, classificada agora como Tabela III.1.

PID	PersonName	Combined	Participating	Eval	Keypad	Wave	Password	EvalCluster	Instituição	Grupo	Organizacao	LastChanged
0	Saul Quadros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									16/02/2014 11:52:03
1	Combined	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>									20/02/2014 10:49:39
27	E01_I	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		27	1			Ministerial	I	MT	08/11/2013 15:56:21
28	E02_I	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		28	1			Ministerial	I	MP	08/11/2013 15:56:22
29	E03_I	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		29	1			Ministerial	I	SAC	08/11/2013 15:56:22
30	E04_I	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		30	1			Executivo	I	DNIT	08/11/2013 15:56:22
31	E05_I	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		31	1			Executivo	I	DNIT	08/11/2013 15:56:22
32	E06_I	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		32	1			Executivo	I	INFRAERO	08/11/2013 15:56:22
33	E07_I	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		33	1			Regulatorio	I	ANTT	08/11/2013 15:56:22
34	E08_I	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		34	1			Regulatorio	I	ANTT	08/11/2013 15:56:22
35	E09_I	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		35	1			Financeiro	I	BNDES	08/11/2013 15:56:22
36	E10_I	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		36	1			Financeiro	I	BNDES	08/11/2013 15:56:23
37	E01_II	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		37	1			Educacional	II	UFRGS	08/11/2013 15:56:23
38	E02_II	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		38	1			Educacional	II	UFRJ	08/11/2013 15:56:23
39	E03_II	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		39	1			Educacional	II	UFRJ	08/11/2013 15:56:23
40	E04_II	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		40	1			Educacional	II	UFBA	08/11/2013 15:56:23
41	E05_II	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		41	1			Educacional	II	UFAM	08/11/2013 15:56:23
42	E01_III	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		42	1			Produtivo	III	CNT	08/11/2013 15:56:23
43	E02_III	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		43	1			Produtivo	III	CNI	08/11/2013 15:56:23
44	E03_III	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		44	1			Produtivo	III	SNA	08/11/2013 15:56:24
45	E04_III	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		45	1			Produtivo	III	SINDARIO	08/11/2013 15:56:24
46	E01_IV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		46	1			Privado	IV	CONSULTOR	08/11/2013 15:56:24
47	E02_IV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		47	1			Privado	IV	INVEPAR	08/11/2013 15:56:24
48	E03_IV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		48	1			Privado	IV	FH BERTLING	08/11/2013 15:56:24
49	E04_IV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		49	1			Privado	IV	FRF	08/11/2013 15:56:24
50	E05_IV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		50	1			Privado	IV	CONSULTOR	08/11/2013 15:56:24
51	E06_IV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		51	1			Privado	IV	PRODEC	08/11/2013 15:56:24
52	E07_IV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		52	1			Privado	IV	LOGIT	08/11/2013 15:56:25
53	E08_IV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		53	1			Privado	IV	TRANSPET	08/11/2013 15:56:25
54	E06_II	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		54	1			Educacional	II	UNISINOS-RS	08/11/2013 15:56:25
55	E07_II	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		55	1			Educacional	II	UFF	08/11/2013 15:56:25
56	E08_II	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		56	1			Educacional	II	UFES	08/11/2013 15:56:25
57	E09_II	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		57	1			Educacional	II	UFES	08/11/2013 15:56:25
58	E05_III	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		58	1			Produtivo	III	NTU	08/11/2013 15:56:25
59	E06_III	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		59	1			Produtivo	III	SINDOPITA	01/02/2014 19:25:50

SELECT *	Queries: QP_AllPeople
FROM People	
ORDER BY PID;	
<input type="button" value="Revert"/>	<input type="button" value="Apply"/>
<input type="button" value="Close"/>	<input type="button" value="Particip."/>
<input type="button" value="All"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="button" value="Save"/>	<input type="button" value="Combine Individuals"/>

Figura III.1: Configuração dos participantes no projeto de aplicação do AHP – Expert Choice.

Tabela III.1: Sigla de identificação dos critérios propostos.

Crítérios	Sigla
<i>Redução dos Custos de Transportes</i>	<i>C1</i>
<i>Ampliação da Viabilidade do Projeto</i>	<i>C2</i>
<i>Ampliação da Integração Modal</i>	<i>C3</i>
<i>Ampliação da Oferta de Transporte Regional</i>	<i>C4</i>
<i>Redução das Desigualdades Regionais</i>	<i>C5</i>
<i>Redução das Interfaces Ambientais</i>	<i>C6</i>
<i>Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos</i>	<i>C7</i>

GRUPO I: SETOR GOVERNAMENTAL

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
C1			3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	7,0
C2			(5,0)	(7,0)	(3,0)		1,0	1,0
C3					1,0	1,0	3,0	3,0
C4						1,0	3,0	5,0
C5							5,0	7,0
C6								3,0
C7	Incon: 0,07							

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E01_I

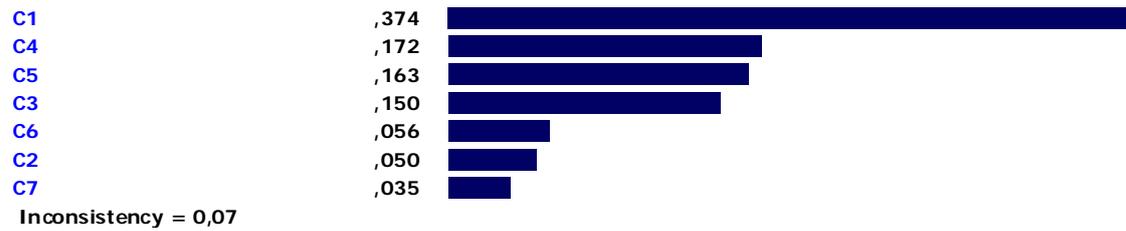


Figura III.2: Ponderações do Especialista “E01_I” e respectivas prioridades dos critérios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
C1			1,0	(3,0)	(3,0)	5,0	5,0	1,0
C2			(3,0)	(3,0)	5,0	5,0	1,0	
C3					1,0	7,0	7,0	(3,0)
C4						7,0	7,0	(3,0)
C5							1,0	(5,0)
C6								(5,0)
C7	Incon: 0,09							

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E02_I

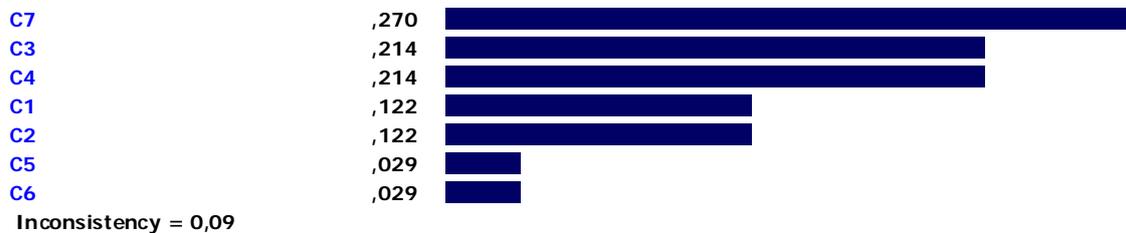


Figura III.3: Ponderações do Especialista “E02_I” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		4,0	2,0	5,0	6,0	3,0	1,0
C2			(4,0)	(3,0)	(5,0)	(3,0)	(5,0)
C3				2,0	3,0	(3,0)	1,0
C4					1,0	(3,0)	(3,0)
C5						(3,0)	(3,0)
C6							1,0
C7	Incon: 0,07						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E03_I

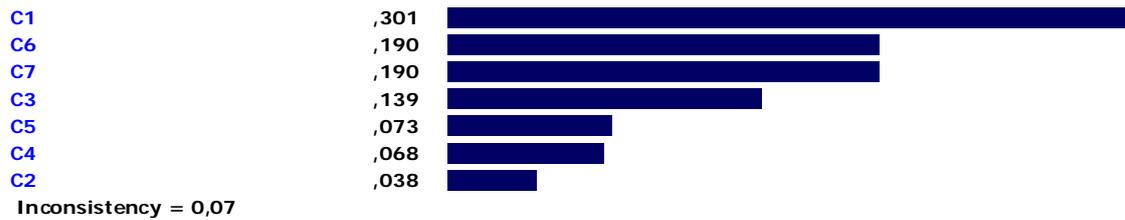


Figura III.4: Ponderações do Especialista “E03_I” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		4,0	3,0	4,0	2,0	2,0	1,0
C2			(3,0)	3,0	(2,0)	3,0	(4,0)
C3				4,0	(2,0)	1,0	(3,0)
C4					(4,0)	(2,0)	(3,0)
C5						2,0	(2,0)
C6							1,0
C7	Incon: 0,09						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E04_I

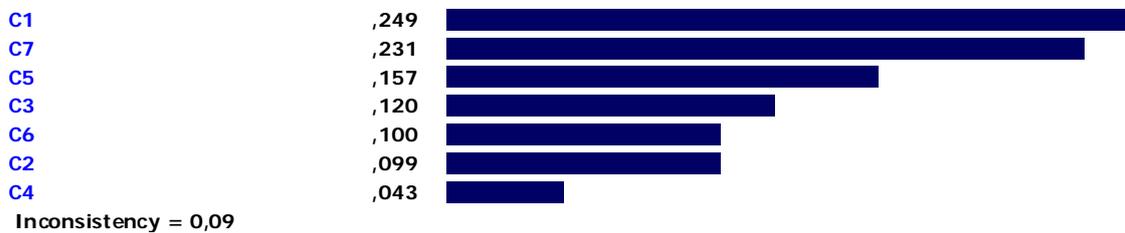
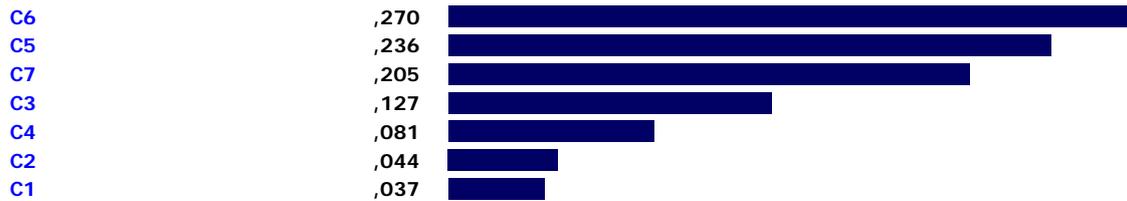


Figura III.5: Ponderações do Especialista “E04_I” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		2,0	(5,0)	(5,0)	(7,0)	(7,0)	(5,0)
C2			(5,0)	1,0	(5,0)	(5,0)	(3,0)
C3				3,0	(3,0)	(5,0)	(3,0)
C4					(3,0)	(3,0)	(2,0)
C5						1,0	1,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,08						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E05_I



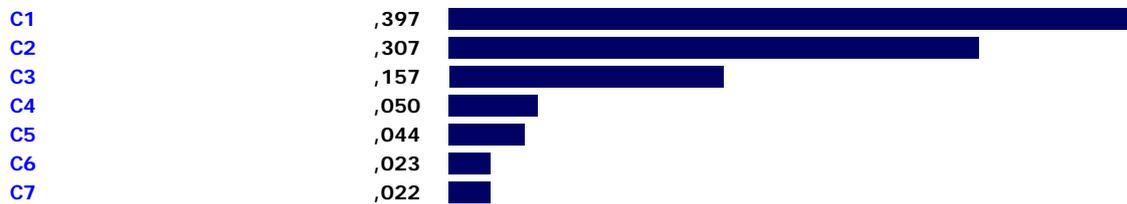
Inconsistency = 0,08

Figura III.6: Ponderações do Especialista “E05_I” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		3,0	5,0	5,0	7,0	9,0	9,0
C2			5,0	7,0	9,0	9,0	9,0
C3				5,0	7,0	7,0	9,0
C4					1,0	3,0	3,0
C5						3,0	3,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,09						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E06_I



Inconsistency = 0,09

Figura III.7: Ponderações do Especialista “E06_I” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		1,0	(3,0)	(5,0)	(5,0)	1,0	1,0
C2			(3,0)	(5,0)	(5,0)	1,0	1,0
C3				(3,0)	(3,0)	2,0	2,0
C4					1,0	2,0	2,0
C5						3,0	3,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,03						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E07_I

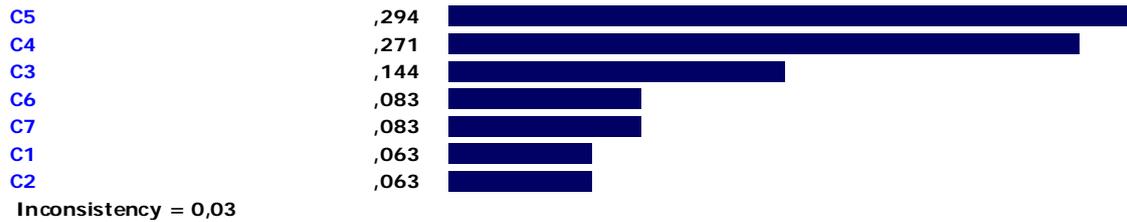


Figura III.8: Ponderações do Especialista “E07_I” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		3,0	2,0	2,0	4,0	5,0	3,0
C2			(3,0)	(4,0)	(2,0)	(2,0)	(4,0)
C3				1,0	3,0	3,0	3,0
C4					3,0	3,0	3,0
C5						2,0	2,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,05						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E08_I

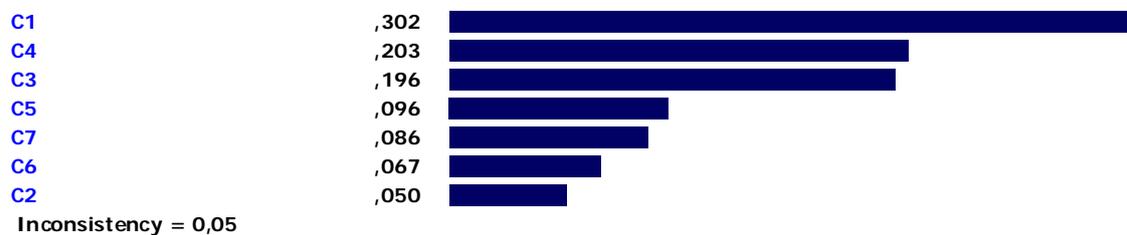


Figura III.9: Ponderações do Especialista “E08_I” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		(3,0)	3,0	5,0	7,0	8,0	2,0
C2			4,0	5,0	7,0	9,0	3,0
C3				3,0	5,0	7,0	(2,0)
C4					4,0	6,0	(2,0)
C5						1,0	(5,0)
C6							(8,0)
C7	Incon: 0,06						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E09_I



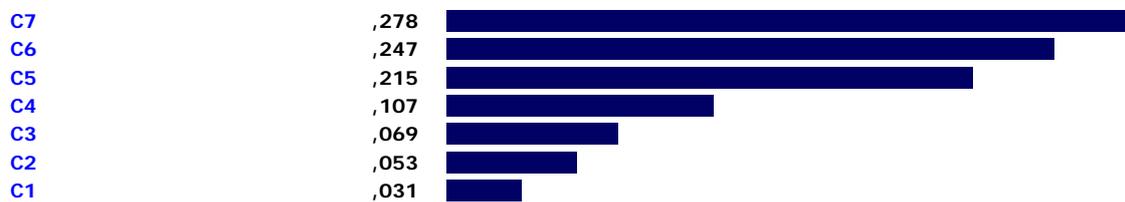
Inconsistency = 0,06

Figura III.10: Ponderações do Especialista “E09_I” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		(3,0)	(4,0)	(5,0)	(6,0)	(5,0)	(4,0)
C2			(2,0)	(3,0)	(5,0)	(4,0)	(3,0)
C3				(3,0)	(4,0)	(5,0)	(3,0)
C4					(3,0)	(4,0)	(4,0)
C5						(2,0)	1,0
C6							(3,0)
C7	Incon: 0,09						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E10_I



Inconsistency = 0,09

Figura III.11: Ponderações do Especialista “E10_I” e respectivas prioridades dos critérios.

GRUPO II: SETOR ACADÊMICO

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		(3,0)	1,0	1,0	1,0	3,0	(3,0)
C2			3,0	3,0	1,0	3,0	(3,0)
C3				3,0	1,0	3,0	(3,0)
C4					1,0	3,0	(3,0)
C5						3,0	(3,0)
C6							(5,0)
C7	Incon: 0,05						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E01_II

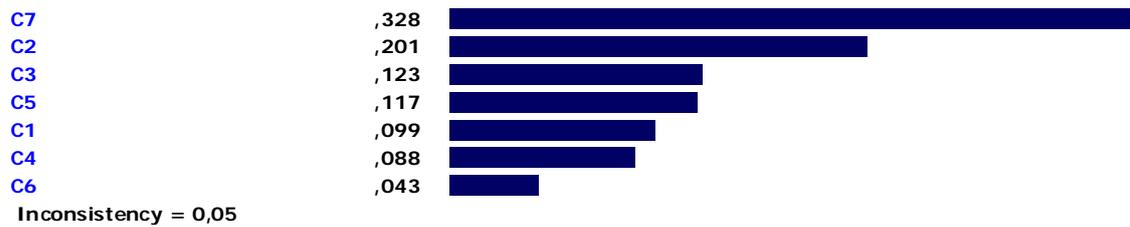


Figura III.12: Ponderações do Especialista “E01_IP” e respectivas prioridades dos critérios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		3,0	1,0	(3,0)	1,0	3,0	2,0
C2			(3,0)	(3,0)	(3,0)	1,0	1,0
C3				1,0	1,0	3,0	3,0
C4					3,0	3,0	1,0
C5						1,0	1,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,06						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E02_II

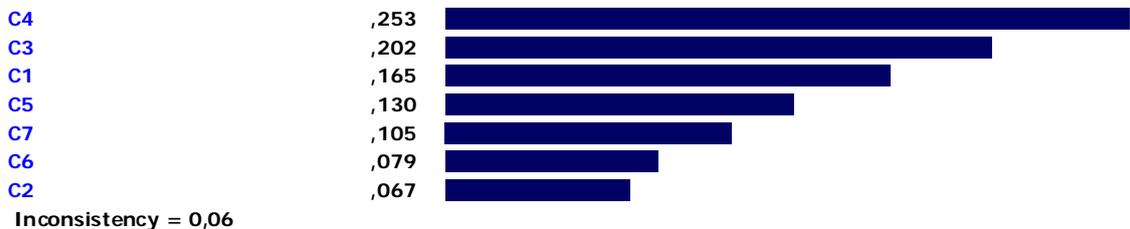


Figura III.13: Ponderações do Especialista “E02_IP” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
C1			3,0	(3,0)	5,0	1,0	1,0	1,0
C2				1,0	1,0	(3,0)	1,0	1,0
C3					5,0	1,0	1,0	1,0
C4						(3,0)	(3,0)	(3,0)
C5							(3,0)	(3,0)
C6								1,0
C7	Incon: 0,10							

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E03_II

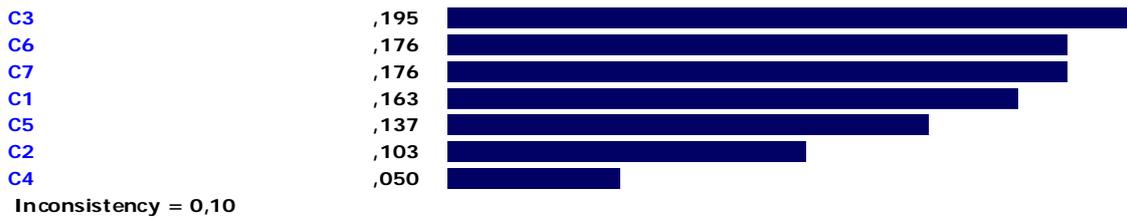


Figura III.14: Ponderações do Especialista “E03_IP” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		(5,0)	4,0	(5,0)	(8,0)	(5,0)	(3,0)
C2			8,0	(3,0)	(5,0)	(3,0)	3,0
C3				(7,0)	(8,0)	(7,0)	(3,0)
C4					(5,0)	1,0	1,0
C5						3,0	8,0
C6							2,0
C7	Incon: 0,09						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E04_II

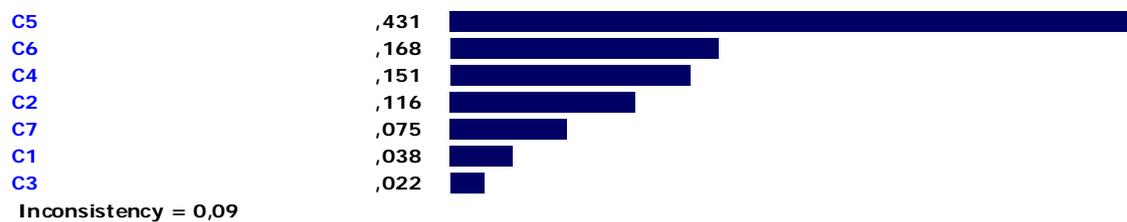
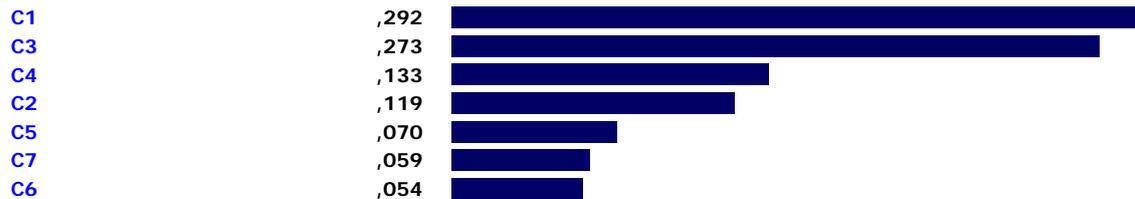


Figura III.15: Ponderações do Especialista “E04_IP” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
C1			3,0	1,0	3,0	4,0	5,0	4,0
C2				(3,0)	1,0	2,0	3,0	2,0
C3					2,0	4,0	5,0	4,0
C4						2,0	4,0	2,0
C5							2,0	1,0
C6								2,0
C7	Incon: 0,03							

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E05_II



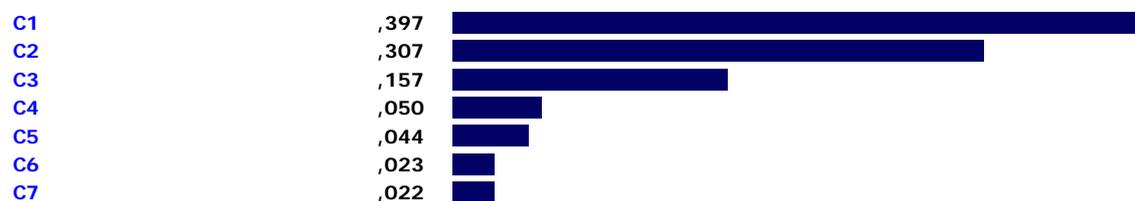
Inconsistency = 0,03

Figura III.16: Ponderações do Especialista “E05_II” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
C1			3,0	5,0	5,0	7,0	9,0	9,0
C2				5,0	7,0	9,0	9,0	9,0
C3					5,0	7,0	7,0	9,0
C4						1,0	3,0	3,0
C5							3,0	3,0
C6								1,0
C7	Incon: 0,09							

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E06_II



Inconsistency = 0,09

Figura III.17: Ponderações do Especialista “E06_II” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		3,0	2,0	3,0	5,0	4,0	8,0
C2			2,0	3,0	4,0	2,0	9,0
C3				2,0	3,0	3,0	6,0
C4					2,0	4,0	7,0
C5						3,0	3,0
C6							4,0
C7	Incon: 0,07						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E07_II

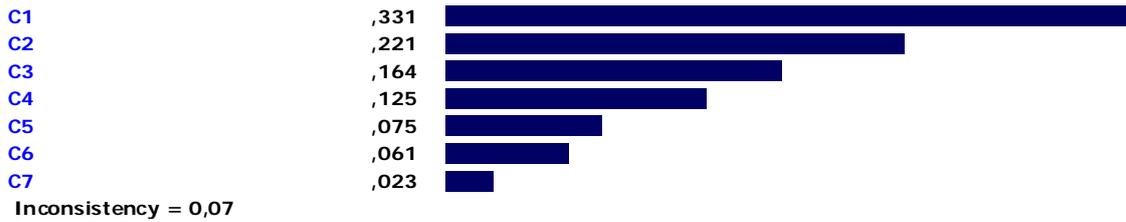


Figura III.18: Ponderações do Especialista “E07_IP” e respectivas prioridades dos critérios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		(5,0)	(7,0)	(4,0)	(3,0)	(3,0)	(3,0)
C2			1,0	1,0	3,0	3,0	5,0
C3				5,0	1,0	5,0	5,0
C4					1,0	3,0	5,0
C5						5,0	5,0
C6							3,0
C7	Incon: 0,09						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E08_II

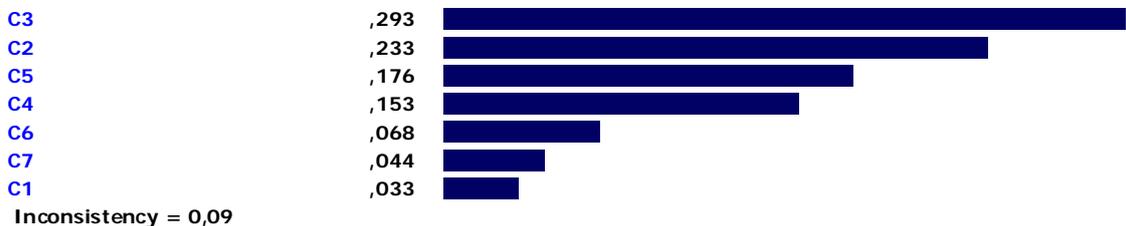


Figura III.19: Ponderações do Especialista “E08_IP” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0
C2			3,0	3,0	3,0	5,0	5,0
C3				1,0	3,0	3,0	5,0
C4					3,0	3,0	5,0
C5						3,0	5,0
C6							5,0
C7	Incon: 0,09						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E09_II

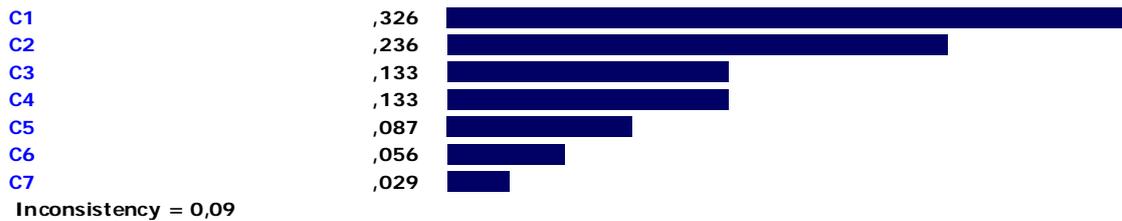


Figura III.20: Ponderações do Especialista “E09_II” e respectivas prioridades dos critérios.

GRUPO III: SETOR NÃO GOVERNAMENTAL – PRODUTIVO

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		3,0	5,0	7,0	7,0	8,0	9,0
C2			3,0	6,0	5,0	7,0	8,0
C3				5,0	4,0	6,0	7,0
C4					(3,0)	2,0	3,0
C5						6,0	7,0
C6							2,0
C7	Incon: 0,09						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E01_III

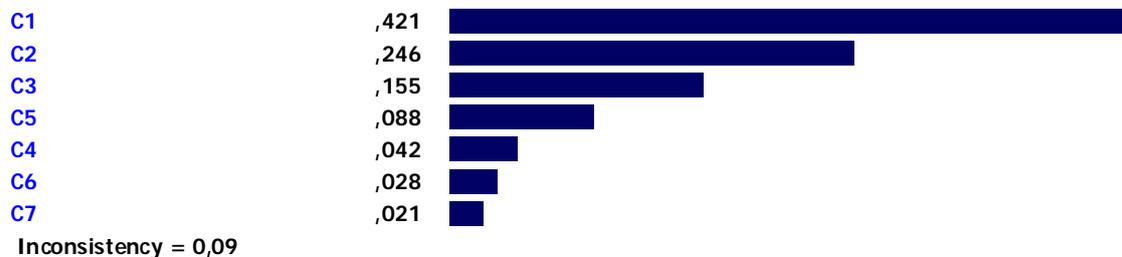
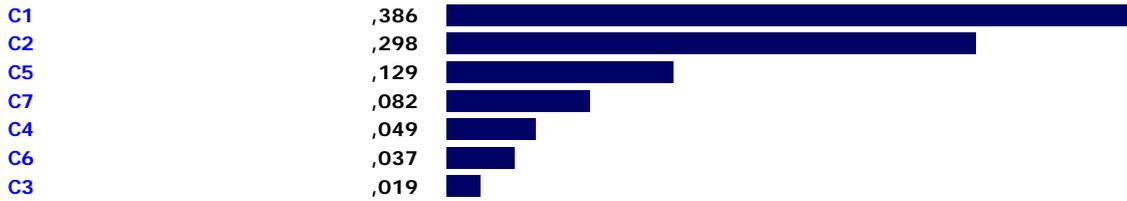


Figura III.21: Ponderações do Especialista “E01_III” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		3,0	9,0	5,0	5,0	7,0	5,0
C2			9,0	6,0	6,0	9,0	4,0
C3				(3,0)	(9,0)	(5,0)	(5,0)
C4					(4,0)	2,0	(2,0)
C5						6,0	2,0
C6							(4,0)
C7	Incon: 0,10						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E02_III



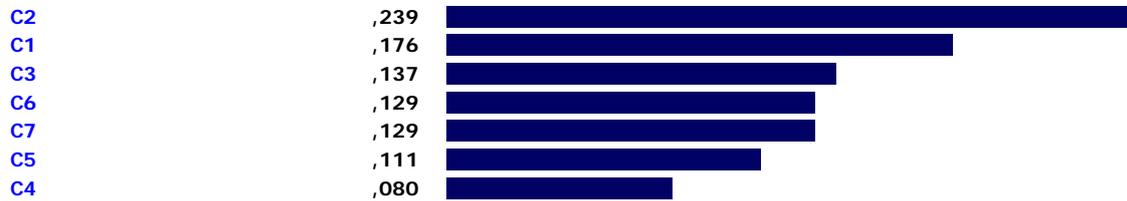
Inconsistency = 0,10

Figura III.22: Ponderações do Especialista “E02_III” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		(4,0)	3,0	3,0	2,0	1,0	1,0
C2			2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
C3				2,0	3,0	1,0	1,0
C4					(3,0)	1,0	1,0
C5						1,0	1,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,10						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E03_III



Inconsistency = 0,10

Figura III.23: Ponderações do Especialista “E03_III” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
C1			9,0	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0
C2				3,0	3,0	5,0	5,0	5,0
C3					3,0	3,0	5,0	3,0
C4						5,0	3,0	3,0
C5							3,0	1,0
C6								1,0
C7	Incon: 0,10							

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E04_III

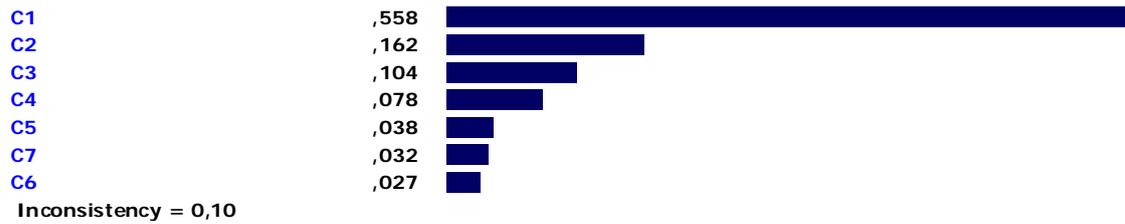


Figura III.24 :Ponderações do Especialista “E04_III” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
C1			5,0	5,0	5,0	3,0	3,0	3,0
C2				2,0	2,0	3,0	3,0	3,0
C3					2,0	3,0	3,0	3,0
C4						2,0	2,0	2,0
C5							2,0	2,0
C6								2,0
C7	Incon: 0,08							

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E05_III

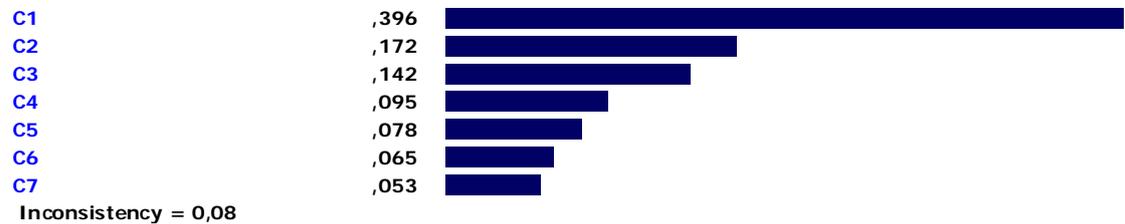


Figura III.25: Ponderações do Especialista “E05_III” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		5,0	3,0	2,0	5,0	3,0	3,0
C2			1,0	(5,0)	3,0	3,0	3,0
C3				(3,0)	3,0	3,0	3,0
C4					5,0	3,0	3,0
C5						1,0	1,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,06						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E06_III

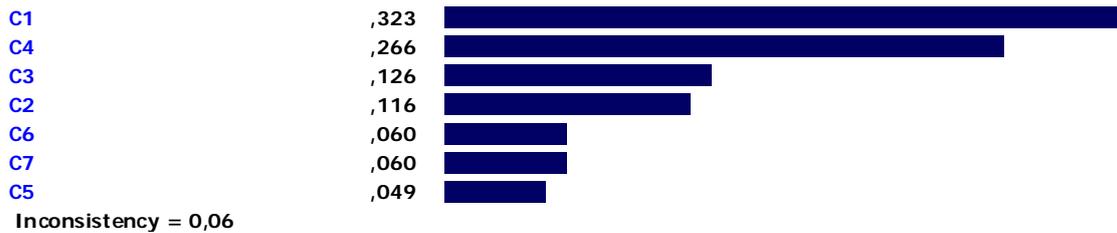


Figura III.26: Ponderações do Especialista “E06_III” e respectivas prioridades dos critérios.

GRUPO IV: SETOR PRIVADO (PROFISSIONAIS AUTÔNOMOS)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		(9,0)	1,0	(3,0)	(3,0)	1,0	1,0
C2			2,0	3,0	3,0	1,0	2,0
C3				(3,0)	(3,0)	1,0	1,0
C4					(3,0)	1,0	1,0
C5						1,0	1,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,09						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E01_IV

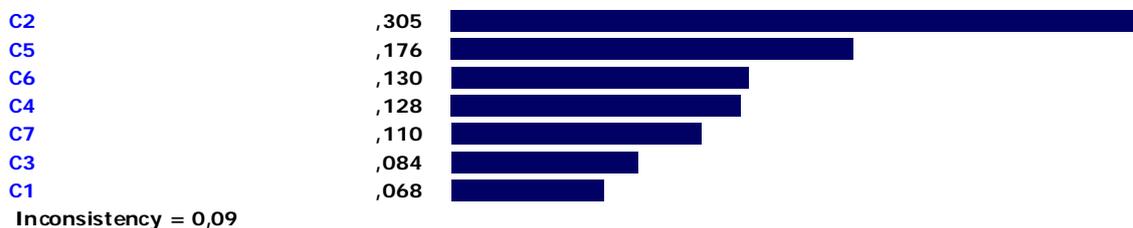
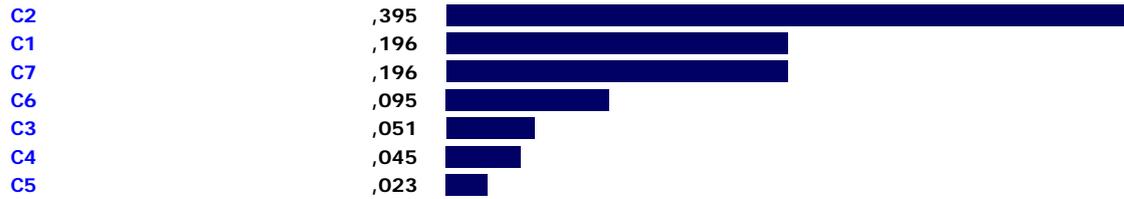


Figura III.27: Ponderações do Especialista “E01_IV” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		(3,0)	5,0	5,0	7,0	3,0	1,0
C2			7,0	7,0	9,0	5,0	3,0
C3				1,0	5,0	(3,0)	(5,0)
C4					3,0	(3,0)	(5,0)
C5						(5,0)	(7,0)
C6							(3,0)
C7	Incon: 0,05						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E02_IV



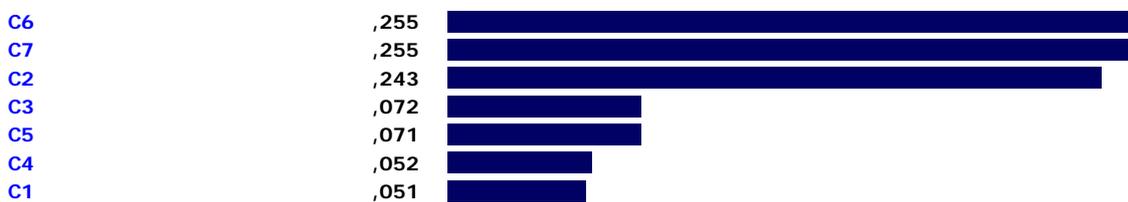
Inconsistency = 0,05

Figura III.28: Ponderações do Especialista “E02_IV” e respectivas prioridades dos critérios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		(3,0)	(3,0)	1,0	(2,0)	(4,0)	(4,0)
C2			5,0	7,0	2,0	1,0	1,0
C3				1,0	1,0	(4,0)	(4,0)
C4					1,0	(5,0)	(5,0)
C5						(5,0)	(5,0)
C6							1,0
C7	Incon: 0,04						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E03_IV



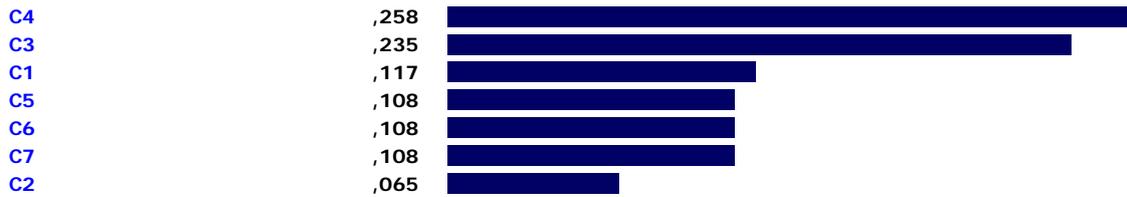
Inconsistency = 0,04

Figura III.29: Ponderações do Especialista “E03_IV” e respectivas prioridades dos critérios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		5,0	(3,0)	(4,0)	1,0	1,0	1,0
C2			(5,0)	1,0	(3,0)	(3,0)	(3,0)
C3				1,0	2,0	2,0	2,0
C4					3,0	3,0	3,0
C5						1,0	1,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,09						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E04_IV



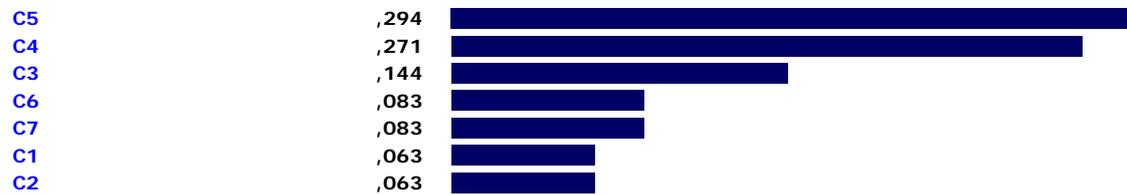
Inconsistency = 0,09

Figura III.30: Ponderações do Especialista “E04_IV” e respectivas prioridades dos critérios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		1,0	(3,0)	(5,0)	(5,0)	1,0	1,0
C2			(3,0)	(5,0)	(5,0)	1,0	1,0
C3				(3,0)	(3,0)	2,0	2,0
C4					1,0	2,0	2,0
C5						3,0	3,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,03						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E05_IV



Inconsistency = 0,03

Figura III.31: Ponderações do Especialista “E05_IV” e respectivas prioridades dos critérios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		(3,0)	3,0	3,0	(3,0)	1,0	1,0
C2			3,0	3,0	1,0	1,0	3,0
C3				(3,0)	(5,0)	1,0	1,0
C4					(3,0)	1,0	(3,0)
C5						1,0	5,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,09						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E06_IV

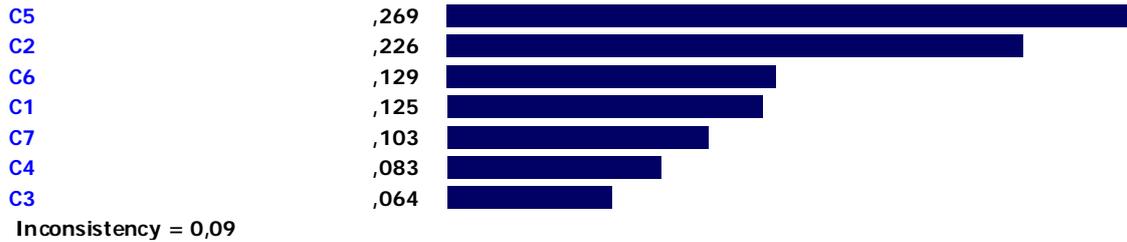


Figura III.32: Ponderações do Especialista “E06_IV” e respectivas prioridades dos critérios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0
C2			1,0	3,0	5,0	3,0	3,0
C3				3,0	7,0	5,0	5,0
C4					1,0	1,0	1,0
C5						3,0	1,0
C6							1,0
C7	Incon: 0,05						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E07_IV

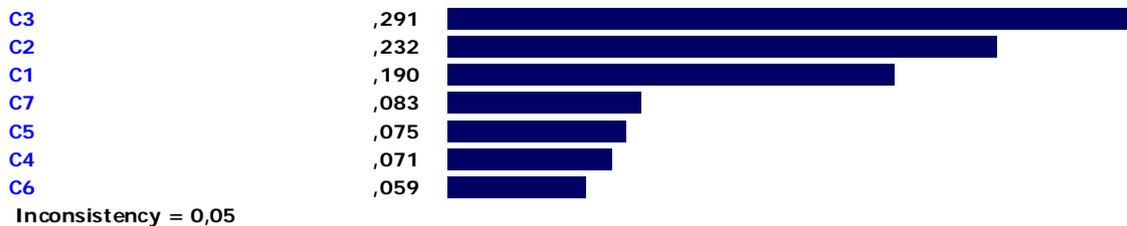


Figura III.33: Ponderações do Especialista “E07_IV” e respectivas prioridades dos critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		1,0	2,0	1,0	5,0	6,0	9,0
C2			3,0	1,0	3,0	6,0	7,0
C3				1,0	3,0	5,0	7,0
C4					3,0	5,0	9,0
C5						3,0	5,0
C6							3,0
C7	Incon: 0,03						

Priorities with respect to:
Goal: Matriz de Transportes

E08_IV

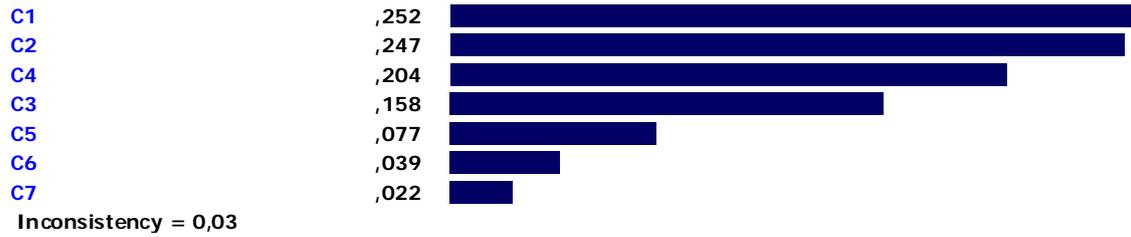


Figura III.34: Ponderações do Especialista “E08_IV” e respectivas prioridades dos critérios.

APÊNDICE IV – PESOS DOS CRITÉRIOS EM CADA ALTERNATIVA

Considerando as descrições do Capítulo 6, nas quais se extraiu dos valores de cada critério, para cada alternativa de solução, considerando informações associadas aos atributos das mesmas, conforme base de dados do PNLT pode-se calcular os respectivos pesos normalizados. Na sequência, apresentam-se as ilustrações que constam dos campos do *software Expert Choice*, onde foram inseridos cada um desses pesos, para cada critério e alternativa considerada na proposta de aplicação do *AHP* desta Tese.

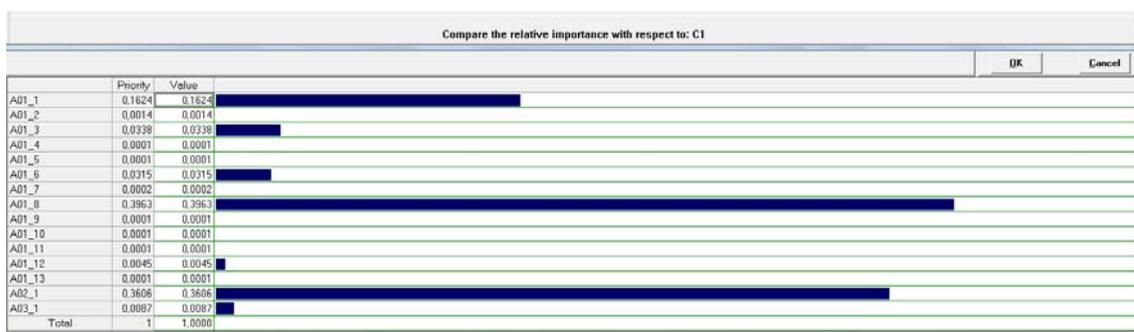


Figura IV.1: Pesos normalizados do Critério “C1” em cada alternativa.

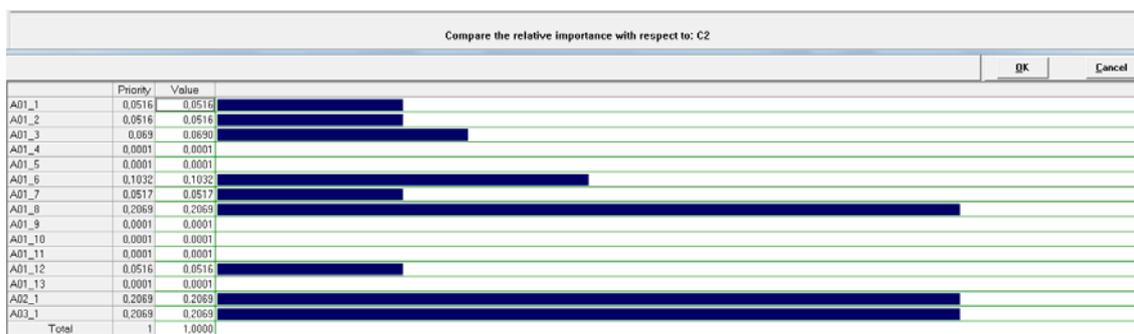


Figura IV.2: Pesos normalizados do Critério “C2” em cada alternativa.

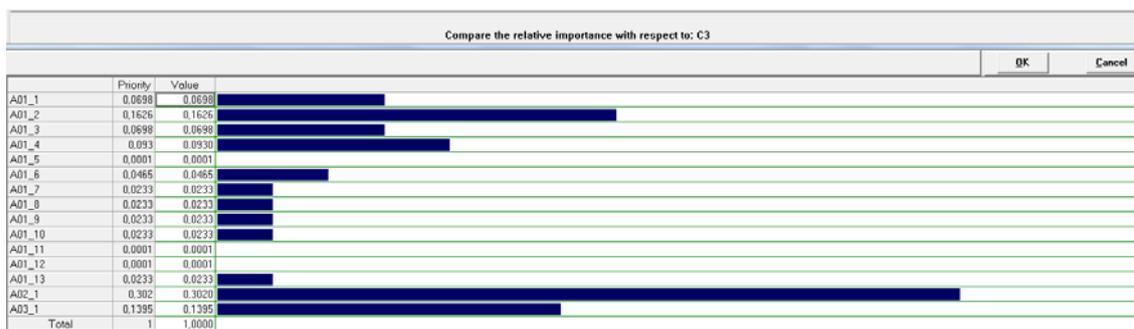


Figura IV.3: Pesos normalizados do Critério “C3” em cada alternativa.

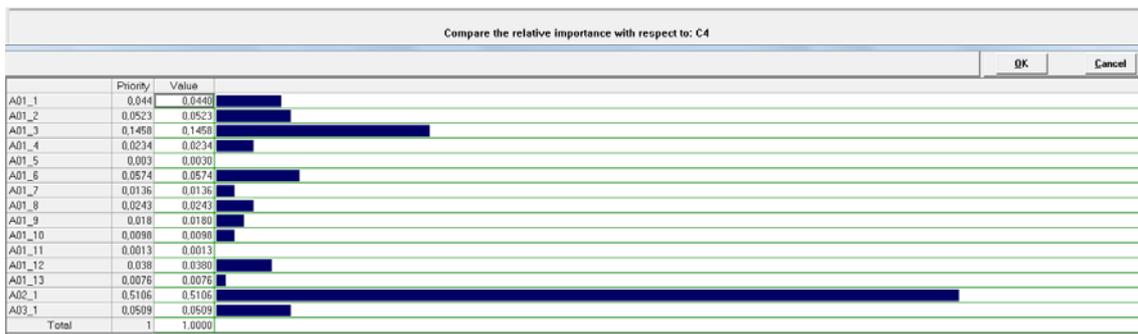


Figura IV.4: Pesos normalizados do Critério “C4” em cada alternativa.

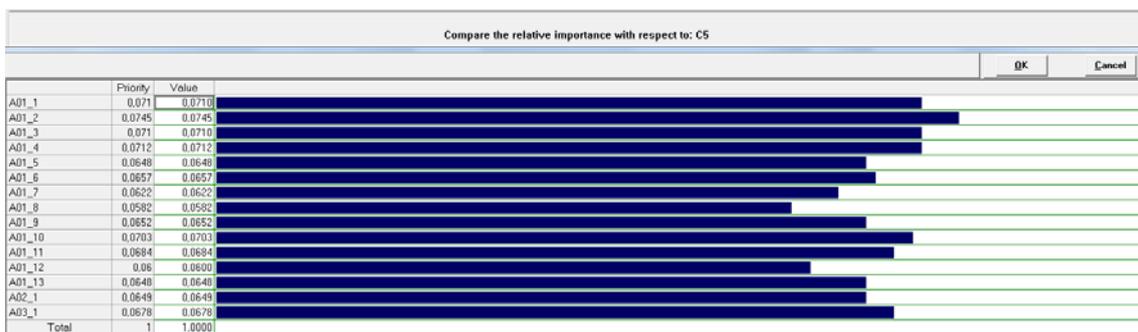


Figura IV.5: Pesos normalizados do Critério “C5” em cada alternativa.

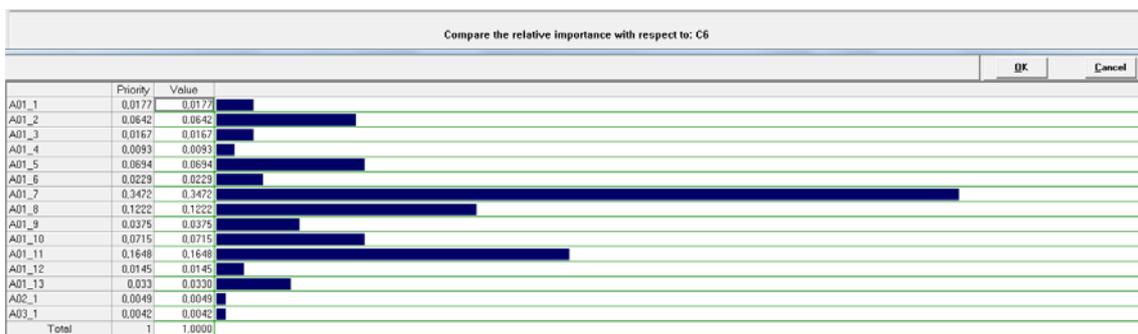


Figura IV.6: Pesos normalizados do Critério “C6” em cada alternativa

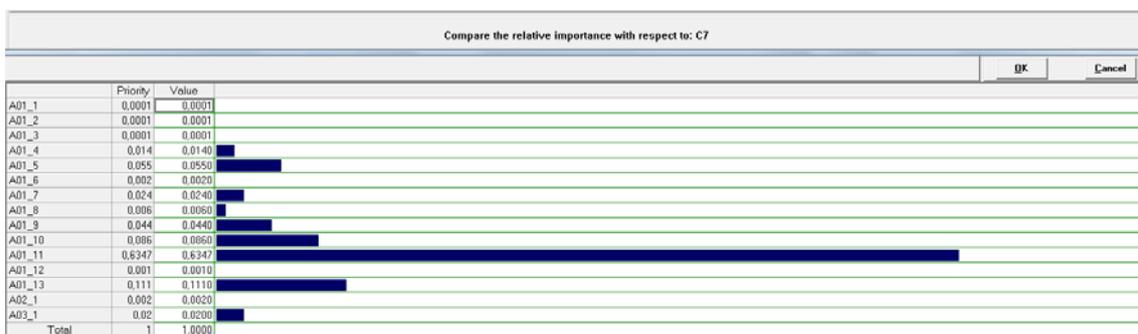


Figura IV.7: Pesos normalizados do Critério “C7” em cada alternativa

APÊNDICE V – HIERARQUIA DAS ALTERNATIVAS POR CRITÉRIO

Esse apêndice subsidia as avaliações de hierarquização de prioridades das alternativas tratadas nesta Tese, considerando em isolado, cada um dos sete critérios definidos e estruturados conforme a proposição de aplicação do *AHP*, pela combinação de todos os especialistas colaboradores. Para tanto, na sequência, as Figura V.1 a V.7 ilustram os resultados dessas prioridades. A ilustração apresentada anteriormente pela Figura 6.16 é repetida aqui, pela Figura V.1.

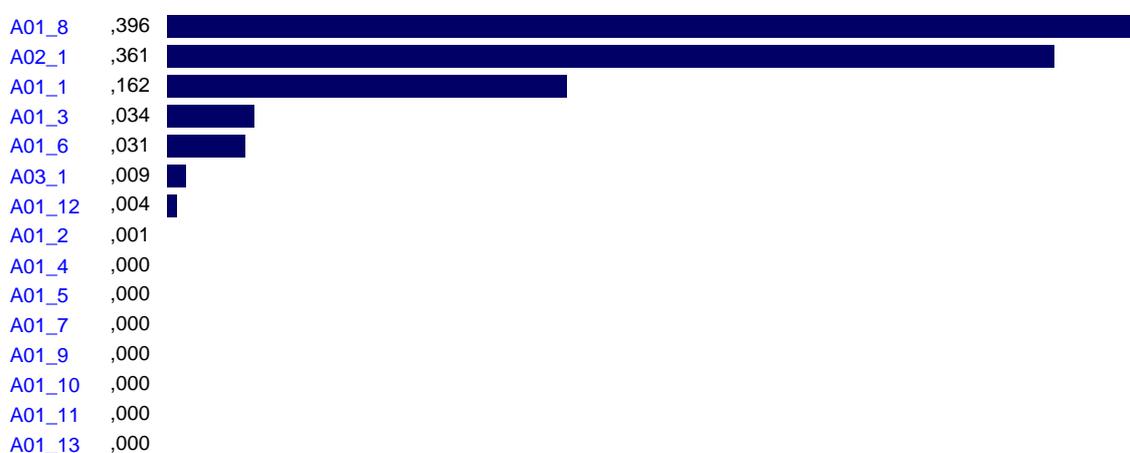


Figura V.1: Hierarquia de prioridades das alternativas somente em relação ao Critério “C1”.

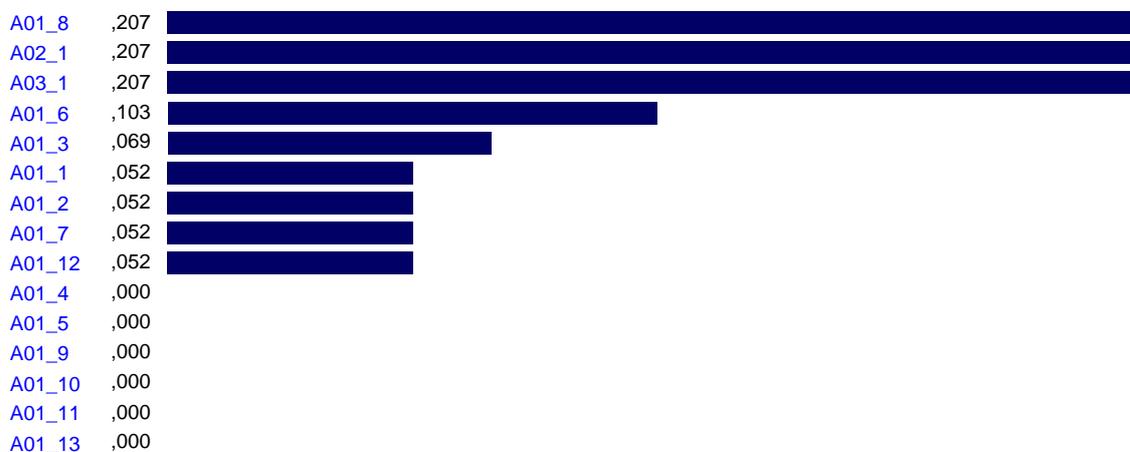


Figura V.2: Hierarquia de prioridades das alternativas somente em relação ao Critério “C2”.

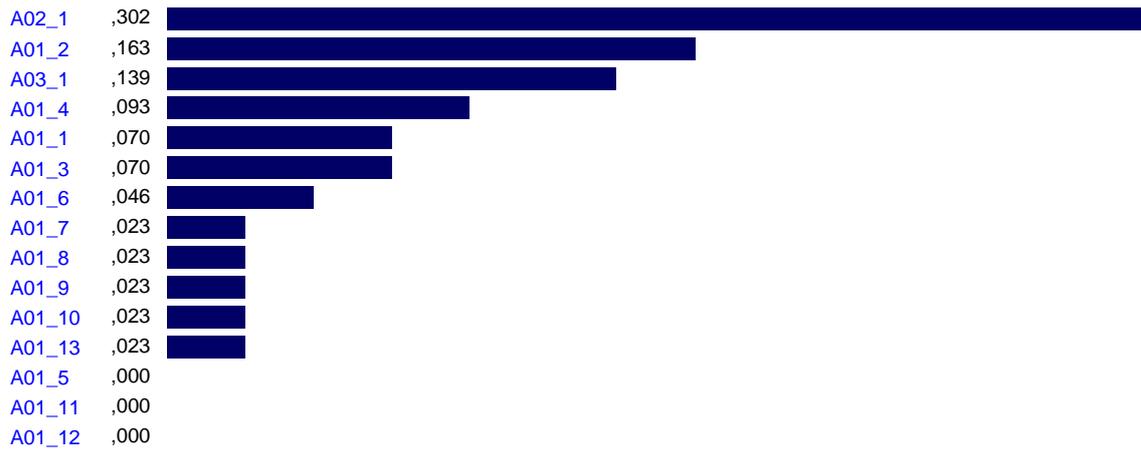


Figura V.3: Hierarquia de prioridades das alternativas somente em relação ao Critério “C3”

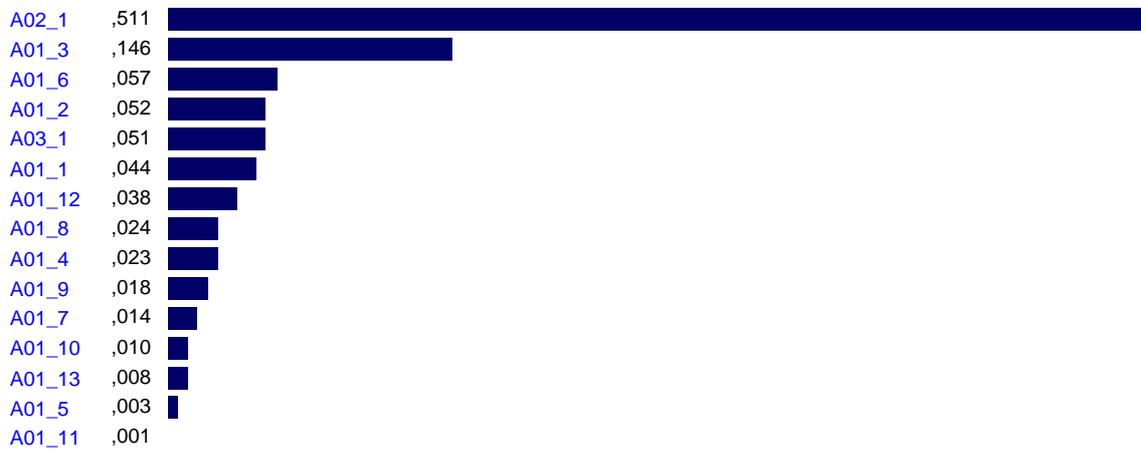


Figura V.4: Hierarquia de prioridades das alternativas somente em relação ao Critério “C4”.

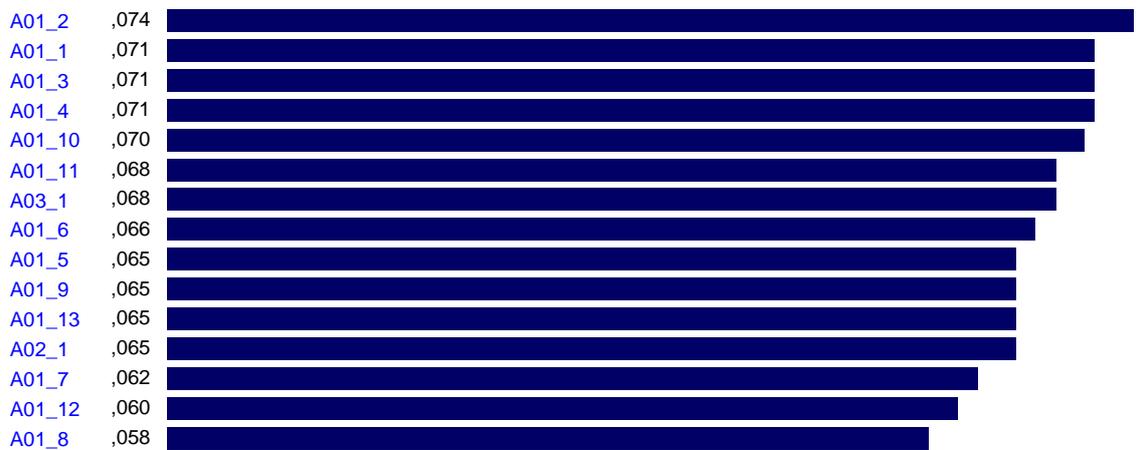


Figura V.5: Hierarquia de prioridades das alternativas somente em relação ao Critério “C5”

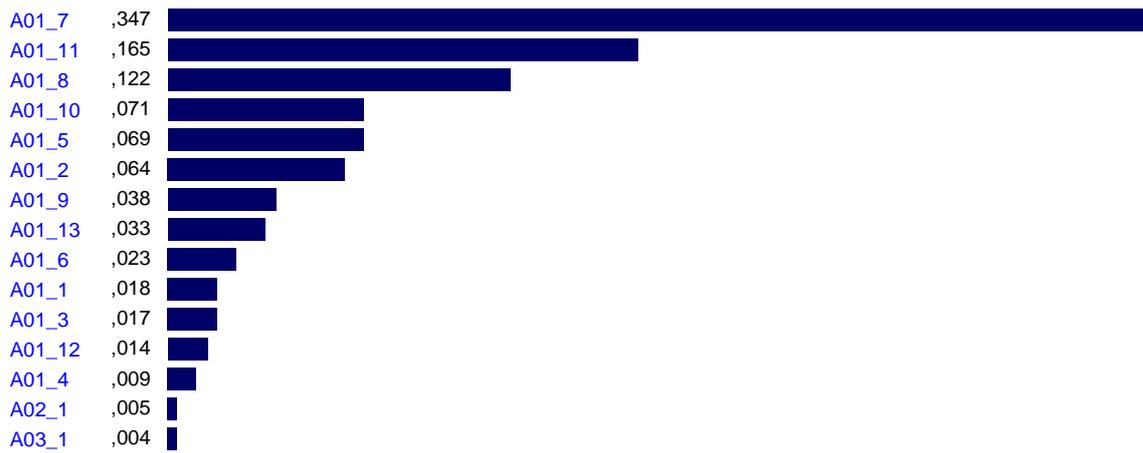


Figura V.6: Hierarquia de prioridades das alternativas somente em relação ao Critério “C6”



Figura V.7: Hierarquia de prioridades das alternativas somente em relação ao Critério “C7”.

APÊNDICE VI – FICHAS DE DESEMPENHO EXECUTIVO DOS PROJETOS

Para subsidiar as análises sobre idiosincrasias entre o planejamento e a execução pública, governamental, de projetos de infraestrutura de transportes fez-se necessário realizar um estudo e pesquisa sobre o *status* dos projetos considerados nesta Tese como alternativas de soluções para aplicação do *AHP*.

A fonte de informações consistente e mais abrangente sobre a execução governamental desses projetos, no âmbito federal, consta do conjunto de relatórios do projeto intitulado: “*DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS E PESQUISAS, DE NATUREZA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, VISANDO À AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DA EXECUÇÃO DO PLANEJAMENTO GOVERNAMENTAL NO SETOR DE TRANSPORTES*”, desenvolvido pelo Ministério dos Transportes – MT e o Exército Brasileiro – EB (MT, 2012), cujos resultados constaram, entre outros, da identificação do *status* executivo das obras de engenharia de diversos projetos do portfólio de projetos do PNLT.

A análise e diagnóstico resultante desse projeto limitaram-se na avaliação de todos os projetos de infraestrutura de transportes, em execução pelo Governo Federal entre 2008 e 2011, visando comparar os desempenhos de suas eficácias executivas com as correspondentes indicações do portfólio de projetos do PNLT.

Assim, na sequência, foram extraídas dos resultados desses projetos, particularmente do relatório intitulado: “*IDENTIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO EXECUTIVA (FASE) DOS PROJETOS PROPOSTOS PELO PLANEJAMENTO GOVERNAMENTAL, COM ÊNFASE NO PNLT*” (MT, 2012), as informações consideradas minimamente necessárias para subsidiar as análises de idiosincrasias descritas no Capítulo 6 desta Tese.

Dessa forma, seguindo o padrão de “Fichas de Caracterização” utilizada no citado relatório, para fins da descrição do *status* executivo dos projetos, na sequência, do que estava disponível, apresentam-se as identificações executivas dos projetos que caracterizam as alternativas de soluções adotadas para aplicação do *AHP*. Nem todos os projetos estavam disponíveis, sejam por motivos de inexistência da própria execução, mesmo que previstos para o período de 2008 a 2011, seja ainda pelo fato do seu início de implantação não coincidir com esse período.

A validade das informações sobre os *status* executivos dos projetos de infraestrutura de transportes descritos nos Quadros VI.1 a VI.10, constam do primeiro semestre do ano de 2012.

Quadro VI.1: Informações executivas da alternativa “A01_1”

IDENTIFICAÇÃO: BR-319 (COD A01_1)	
FICHA: R_NO04	
NOMENCLATURA: PROJETO DE RESTAURAÇÃO E PAVIMENTAÇÃO NO TRECHO ENTRE MANAUS/AM E PORTO VELHOR/RO.	
FASE: OBRA	STATUS: ANDAMENTO
DESCRIÇÃO: OBRA COM 2 TRECHOS. ANALISES DE REVISÕES DE PROJETOS DE ENGENHARIA, COMPLEMENTAÇÕES DE ESTUDOS AMBIENTAIS, AVALIAÇÕES DA FUNAI SOBRE ANUENCIA DE LICENÇA PRÉVIA, ENTRE OUTROS ASPECTOS PROMOVEM DISTINTOS DESEMPENHOS EXECUTIVOS ENTRE OS DOIS TRECHOS/LOTES DE OBRAS.	
INTERFACES AMBIENTAIS E TERRAS INDÍGENAS: A RODOVIA TANGENCIA O PARQUE ESTADUAL DO MATUPIRI, A ESTAÇÃO ECOLÓGICA CUNIÁ E A FLORESTA ESTADUAL DO RIO MADEIRA; COINCIDE COM OS LIMITES DO PARQUE NACIONAL NASCENTES DO LAGO JARI, DA RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO RIO AMAPÁ E DA RESERVA EXTRATIVISTA DO LAGO DO CAPANÁ GRANDE; DISTA MENOS QUE 10KM DA FLORESTA NACIONAL DE TAPUÁ; E CRUZA A RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL IIGAPÓ-AÇU.	

Quadro VI.2: Informações executivas da alternativa “A01_2”.

IDENTIFICAÇÃO: BR-364 (COD A01_2)	
FICHA: R_NO01	
NOMENCLATURA: CONSTRUÇÃO E PAVIMENTAÇÃO DO TRECHO ENTRE SENA MADUREIRA/AC - BOM FUTURO/AC (NÃO CONTAM AS OBRAS DOS DE MAIS TRECHOS DESSE PROJETO)	
FASE: OBRA	STATUS: ANDAMENTO/CONCLUÍDA
OBSERVAÇÃO: OS TRECHOS DE FEIJÓ A TARAUAÇA E DE RIO LIBERDADE A CRUZEIRO DO SUL NÃO ESTÃO CONTEMPLADOS. TRECHOS: SENA MADUREIRA ATÉ KM 424 COMPOSTO POR LOTE 1 AO LOTE 5; KM 424 ATÉ FEIJÓ COMPOSTO POR LOTE 6. TRECHO ENTRE TARAUAÇA E RIO LIBERDADE ESTA CONCLUÍDA. QUESTÕES DE EXPANSÃO DO VALOR DO EMPREENDIMENTO POR MOTIVOS DE ALTERAÇÕES DE PROJETOS E ATENDIMENTO ÀS VISTORIAS DE CAMPO, EXIGINDO PROVIDÊNCIAS SOBRE PATOLOGIAS NO PAVIMENTO, PROMOVEM DISTINTOS CRONOGRAMAS EXECUTIVOS PARA OS TRECHOS/LOTES DE OBRA. QUESTÕES FUNDÁRIAS DE REGULARIZAÇÃO DA FAIXA DE DOMÍNIO PROMOVEM ATRASOS ÀS OBRAS.	
INTERFACES AMBIENTAIS E TERRA INDÍGENA: A RODOVIA CRUZA A TERRA INDÍGENA KATUKINA E RESERVA EXTRATIVISTA RIOZINHO DA LIBERDADE; COINCIDE COM O LIMITE DA TERRA INDÍGENA KATUKINA/KAXINAWÁ E COM OS LIMITES DA FLORESTA ESTADUAL DO RIO LIBERDADE E FLORESTA ESTADUAL DO MOGNO.	

Quadro VI.3: Informações executivas da alternativa “A01_3”.

IDENTIFICAÇÃO: BR-230 (COD A01_3)	
FICHA: R_NO08	
NOMENCLATURA: CONSTRUÇÃO E PAVIMENTAÇÃO DIV PA/TO - MARABÁ - ALTAMIRA - MEDICILÂNDIA – RURÓPOLIS (EXCLUÍDO TRECHO ATÉ HUMAITÁ/AM E LÁBREA/AM)	
FASE: PB, PBA E OBRA	STATUS: ANDAMENTO
OBSERVAÇÃO: QUESTÕES RELACIONADAS COM O LICENCIAMENTO AMBIENTAL, IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMAS AMBIENTAIS E SUSPENSÃO DE EDITAIS DE CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS, POR ORDEM DE REVISÕES DE ORÇAMENTOS PROMOVEM DISTINTOS DESEMPENHOS NOS CRONOGRAMAS DE EXECUÇÃO DAS OBRAS, POR TRECHO/LOTE.	
INTERFACES AMBIENTAIS E TERRA INDÍGENA: RODOVIA TANGENCIA APA DO LAGO DE TUCURUI, COINCIDEM COM LIMITE DA TERRA INDÍGENA ARARA E TERRA INDÍGENA PARAKANA E DISTA 6 KM DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS.	

Quadro VI.4: Informações executivas da alternativa “A01_4”.

IDENTIFICAÇÃO: BR-317 (COD A01_4)	
FICHA: R_NO06	
NOMENCLATURA: CONSTRUÇÃO E PAVIMENTAÇÃO BOCA DO ACRE - DIVISA AM/AC	
FASE: PBA E OBRA	STATUS: ANDAMENTO
OBSERVAÇÃO: QUESTÕES DE ORDEM INDÍGENAS E AMBIENTAIS PROMOVEM DIFERENTES DESEMPENHOS NOS TRECHOS/LOTES DE OBRA. ALÉM DE QUESTIONAMENTOS SOBRE PREÇOS EXCESSIVOS FRENTE AO MERCADO.	
TERRA INDÍGENA: RODOVIA CORTA TERRA INDÍGENA ARIPOANÃ	

Quadro VI.5: Informações executivas da alternativa “A01_6”.

IDENTIFICAÇÃO: BR-163 (COD A01_6) SOMENTE O TRECHO GUARANTÃ DO NORTE/MT – SANTARÉM/PA	
FICHA: R_NO07	
NOMENCLATURA: PAV GUARANTÃ DO NORTE/MT - SANTARÉM/PA, INCLUINDO O ACESSO A MIRITITUBA BR 230/PA.	
FASE: OBRA	STATUS: ANDAMENTO /CONCLUÍDA
OBSERVAÇÃO: DISTINTOS PERCENTUAIS DE EXECUÇÃO E PRAZOS DE CONCLUSÃO, POR TRECHO/LOTE DE OBRA, INCLUSIVE DE OBRAS DE ARTES ESPECIAIS.	
INTERFACES AMBIENTAIS: CONTORNA O LADO LESTE DA FLORESTA NACIONAL DOS TAPAJÓS, CORTA O PARQUE NACIONAL DO JAMANXIM, ESTA DENTRO DA ZONA DE AMORTECIEMTNO AMBIENTAL DA FLORESTA NACIONAL DE ITAITUBA 2, CORTA A FLORESTA NACIONAL DE JAMANXIM, TANGENCIA A RESERVA BIOLÓGICA NASCENTES DA SERRA DO CACHIMBO.	

Quadro VI.6: Informações executivas da alternativa “A01_8”.

IDENTIFICAÇÃO: BR-242 (COD A01_8)	
FICHA: R_CO12	
NOMENCLATURA: CONSTRUÇÃO E PAVIMENTAÇÃO RIBEIRÃO CASCALHEIRA/MT - SORRISO/MT	
FASE: PB, EIA, PE, PBA, OBRA	STATUS: ANDAMENTO/CONCLUÍDA
OBSERVAÇÃO: OBRA COMPOSTA POR 12 LOTES, COM STATUS EM ANDAMENTO E CONCLUÍDA, DEVIDO A ASPECTOS DE ORDEM AMBIENTAL (LICENCIAMENTO), DESAPROPRIAÇÃO, LICITAÇÃO DE SERVIÇOS E OUTRAS QUESTÕES PARA ALGUNS TRECHOS/LOTES DE OBRA.	
INTERFACES AMBIENTAIS E TERRA INDÍGENA: PARTE DA RODOVIA COINCIDE COM O LIMITE DA TERRA INDÍGENA PARQUE DO XINGU, TANGENCIA A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO RIO RONURO.	

Quadro VI.7: Informações executivas da alternativa “A01_9”

IDENTIFICAÇÃO: BR-429 (COD A01_9)	
FICHA: R_NO12	
NOMENCLATURA: CONSTRUÇÃO, PAVIMENTAÇÃO E OAE's ENTRE ENTR BR 364 - COSTA MARQUES/RO.	
FASE: OBRA	STATUS: ANDAMENTO, PARALISADA, CONCLUÍDA.
OBSERVAÇÃO: OBRA COM 4 LOTES, COM STATUS DISTINTOS, DEVIDO A DIVERSAS QUESTÕES DE ORDEM DA QUALIDADE DOS PAVIMENTOS, IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMAS AMBIENTAIS, AVALIAÇÃO DE MUDANÇAS DE TRAÇADOS, ENTRE OUTROS ASPECTOS DESSAS NATUREZAS.	
INTERFACES AMBIENTAIS E TERRA INDÍGENA: A RODOVIA TANGENCIA A TERRA INDÍGENA URU-EU-WAU-WAU E O PARQUE NACIONAL DE PACAAS NOVOS.	

Quadro VI.8: Informações executivas da alternativa “A01_12”.

IDENTIFICAÇÃO: BR-364 (COD A01_12)	
FICHA: R_CO13	
NOMENCLATURA: CONSTRUÇÃO E PAVIMENTAÇÃO DIAMANTINO/MT - CAMPO NOVO DOS PARECIS/MT	
FASE: OBRA	STATUS: CONCLUÍDA
OBSERVAÇÃO: EM EXECUÇÃO OBRAS COMPLEMENTARES	
INTERFACES AMBIENTAIS: A RODOVIA DISTA APROXIMADAMENTE 8 KM DA APA NASCENTES DO RIO PARAGUAI	

Quadro VI.9: Informações executivas da alternativa “A02_1”.

IDENTIFICAÇÃO: EF-354 (COD A02_1)	
FICHA: F_3	
NOMENCLATURA: FERROVIA DE INTEGRAÇÃO DO CENTRO-OESTE. TRECHO: CAMPINORTE/GO - ÁGUA BOA/MT - LUCAS DO RIO VERDE/MT - VILHENA/RO.	
FASE: PB, PE	STATUS: ANDAMENTO
OBSERVAÇÃO: EM ELABORAÇÃO DE PROJETOS	
TERRA INDÍGENA: USANDO BASE GEOGRÁFICA, O TRAÇADO ESTA INSERIDO NA RESRVA INDÍGENA XAVANTES E NO REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE QUELÔNIOS DO ARAGUAIA.	

Quadro VI.10: Informações executivas da alternativa “A03_1”.

IDENTIFICAÇÃO: LIGAÇÃO HIDROVIÁRIA TELES PIRES – TAPAJÓS (COD A03_1)	
FICHA: H_07	
NOMENCLATURA: HIDROVIA RIO TAPAJÓS – DIVERSOS: ESTUDO (EVTEA); PROJETO DE MANUTENÇÃO E A REALIZAÇÃO DOS RESPECTIVOS SERVIÇOS: DRAGAGEM, SINALIZAÇÃO E BALIZAMENTO EM TODO O CORREDOR HIDROVIÁRIO (CICLO DE 5 ANOS).	
FASE: EVTEA	STATUS: ANDAMENTO
OBSERVAÇÃO: EM AÇÃO PREPARATÓRIA.	