

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Tiago Kirsch Lanes

**CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E SELEÇÃO PARA ESTUDOS
DE VIABILIDADE EM PROJETOS RODOVIÁRIOS**

Porto Alegre

Junho 2019

TIAGO KIRSCH LANES

**CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E SELEÇÃO PARA ESTUDOS
DE VIABILIDADE EM PROJETOS RODOVIÁRIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Daniel Sergio Presta Garcia

Porto Alegre
Junho 2019

TIAGO KIRSCH LANES

**CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E SELEÇÃO PARA ESTUDOS
DE VIABILIDADE EM PROJETOS RODOVIÁRIOS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, junho de 2019

BANCA EXAMINADORA

Daniel Sergio Presta Garcia (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador/a

Luiz Afonso dos Santos Senna (UFRGS)
Dr. pela University of Leeds

Paula Ariotti (DNIT)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Meu trabalho de conclusão do curso de Comunicação Social com ênfase em Publicidade e Propaganda, em 2002, recebeu o título **Um Anel para Todos Governar: O Ícone Cultural O Senhor dos Anéis**. Na época escolhi uma paixão: um assunto que eu dominava e amava. Agora, na Engenharia Civil, decidi por um tema de importância para o desenvolvimento social, e sobre o qual há forte demanda profissional: escolhi uma vocação. Assim completo meu ikigai, termo japonês para o nosso objetivo.

O primeiro lampejo sobre o tema surgiu já na primeira disciplina da área de transportes do curso de Engenharia Civil na UFRGS: Rodovias. Quais os critérios para avaliação e seleção de um bom projeto? O que torna um projeto bom? E assim começaram os anos de atuação e parceria com o Laboratório de Sistemas de Transportes. E por estes que começo os agradecimentos. Agradeço ao professor Daniel Garcia pelas oportunidades e pela mentoria que culminou com a orientação neste trabalho de conclusão de curso. Agradeço também à equipe pioneira do Projeto Ponto de Partida: César Luís Andriola, Cristhiane Demore, Daniela Horvath e Rodrigo Schmidt, com quem aquele primeiro lampejo começou a ser refinado, e ao professor Alejandro Ruiz Padillo, pelas sugestões e indicações. Agradeço ainda ao professor Luiz Senna pela inspiração ao longo do curso.

Sou grato também aos profissionais do DAER e do DNIT que participaram deste estudo: Adalberto Jurach, Amaro Venâncio Júnior, Bernardo Raymundo, Daniel Bencke, Fernando Medeiros, Henrique Coelho, Ivone Hoffmann, Jose Echeverria, Luís Finamor, Renata Lopes, Sidney Silva e em especial à engenheira Paula Ariotti, pela colaboração entusiasmada com o projeto.

Nessa reinvenção pessoal contei ainda com a presença constante de minha família. Sempre pude contar com o coração de minha mãe, a razão de meu pai, a motivação de minha irmã e a companhia da minha ruiva. A todos esses sou grato, e também há todos os amigos, colegas, parceiros, cães, gatos e capivaras, a toda a cúpula que fez e faz a diferença em minha vida.



"Saber muito não lhe torna inteligente. A inteligência se traduz na forma que você recolhe, julga, maneja e, sobretudo, onde e como aplica esta informação."

Carl Sagan

RESUMO

Os Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEAs) são cruciais para seleção de projetos de infraestrutura e indispensáveis para a criação de projetos rodoviários. Há uma grande variedade de critérios e avaliações necessários para a boa execução de um EVTEA e para a seleção de qual a melhor alternativa a ser implantada. Aspectos econômicos, ambientais, construtivos, operacionais e de segurança incluem uma gama de diferentes características consideradas relevantes, seja pela literatura no Estado da Arte, seja pelos órgãos reguladores pelo Estado da Prática. Essas características são adotadas para indicar a qualidade, a eficiência e os diversos custos, monetários ou não, envolvidos com a implantação de uma obra viária. No presente trabalho, buscou-se indexar tais critérios e quantificar sua relevância quando da avaliação de um projeto rodoviário, de forma a identificar aqueles prioritários para a tomada de decisão.

Palavras-chave: Rodovias. EVTEA. Infraestrutura. Seleção de projetos.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Benefícios do projeto – Regra da Metade | 15 |
| Figura 2 – Ciclo dos Transportes..... | 16 |
| Figura 3 - Tópicos Metodológicos da Análise de Projetos Tradicionais..... | 18 |
| Figura 4 – Custo por quilômetro de estudo | 28 |
| Figura 5 – Relação entre velocidade, emissão de poluentes e consumo de combustível. | 32 |
| Figura 6 – Características das vias brasileiras | 34 |
| Figura 7 – Espectro da informação | 41 |
| Figura 8 – Efeito do tamanho do grupo no erro | 43 |
| Figura 9 – Efeito do tamanho do grupo na confiabilidade | 44 |
| Figura 10 – Questionário da primeira etapa | 47 |
| Figura 11 – Questionário da segunda etapa..... | 51 |
| Figura 12 – Relevâncias relativas | 53 |
| Figura 13 - Relevância por natureza..... | 53 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Tabela de resumo da avaliação de impactos | 22 |
|--|----|

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Escala de relevância dos critérios selecionados..... | 45 |
| Tabela 2 – Resultados da 1ª Etapa do Questionário | 48 |
| Tabela 3 – Resultados da 2ª Etapa do Questionário | 50 |

LISTA DE SIGLAS

- ACB (COBA) – Análise de custo-benefício (*Cost Benefit Analysis*)
- ACE – Análise de Custo-Efetividade
- ACU – Análise de Custo-Utilidade
- AMCB – Análise de Custo-Benefício Monetário
- ART – Anotação de Responsabilidade Técnica
- B/C – Razão Custo/Benefício
- CGPLAN – Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos
- CNT – Confederação Nacional do Transporte
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- DMRB – Manual de Projetos de Estradas e Pontos (*Design Manual for Roads and Bridges*)
- DMT – Distância Média de Transporte
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- EIA-RIMA – Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental
- EVTEA – Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental
- FHWA – Agência Federal de Administração de Rodovias (*Federal Highway Administration*)
- FHP – Fator Horário de Pico de tráfego
- HDM – Desenvolvimento e Gerência de Rodovias (*Highway Development and Management*)
- PIB – Produto Interno Bruto
- PRC – Período de Retorno do Capital
- TIR – Taxa Interna de Retorno
- UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- VDM – Volume diário médio de veículos
- VHP – Volume Horário de Projeto
- VPL – Valor Presente Líquido
- WHO – Organização Mundial de Saúde (*World Health Organization*)
- WTP – Disposição Para Pagar (*Willingness To Pay*)

LISTA DE SÍMBOLOS

\$ - Unidade financeira genérica

% - Percentual

°/Km – Grau por quilômetro

a.a. – Ao ano

Km – Quilômetro

Km² - Quilômetro quadrado

m² - Metro quadrado

m³ - Metro cúbico

min - Minuto

R\$ - Unidade financeira Real

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1. | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. | REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 2.1. | ANÁLISE DE ALTERNATIVAS VIÁRIAS | 16 |
| 2.2. | ASPECTOS RELEVANTES PARA A ANÁLISE DE VIABILIDADE | 24 |
| 2.2.1. | Fase preliminar..... | 25 |
| 2.2.2. | Fase definitiva..... | 28 |
| 2.3. | CRITÉRIOS IDENTIFICADOS | 34 |
| 13. | MÉTODO | 41 |
| 3.1. | O MÉTODO DELPHI | 42 |
| 3.2. | QUESTIONÁRIO | 44 |
| 4. | APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS | 46 |
| 5. | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 55 |
| | REFERÊNCIAS | 57 |
| | | |
| | ANEXO 1 – Lei Complementar N° 101/2000 | 61 |
| | ANEXO 2 – Resolução Conama N° 001/1986..... | 63 |

1. INTRODUÇÃO

Obras de infraestrutura – incluindo as rodoviárias – são caracterizadas pelos seus custos altos e irreversíveis enquanto capital direto, ao mesmo tempo em que são indispensáveis para permitir a produção e o fluxo de bens e serviços. Apesar da sua relevância e impactos econômicos e sociais, os entes públicos que são, via de regra, responsáveis pela sua gestão, fiscalização e concessão, nem sempre possuem metodologias definidas ou critérios unificados para a avaliação de projetos.

Tais obras de grande vulto – incluindo projetos rodoviários de engenharia – devem ser precedidas por Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA, conjunto de estudos que devem validar e viabilizar a obra com base nos benefícios decorrentes da sua implantação.

Denomina-se Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica de rodovias o conjunto de estudos desenvolvidos para avaliação dos benefícios sociais e econômicos decorrentes dos investimentos em implantação de novas rodovias ou melhoramentos de rodovias já existentes. A avaliação apura se os benefícios estimados superam os custos com os projetos e execução das obras previstas. [...] Os estudos de viabilidade técnico-econômica deverão demonstrar se a alternativa escolhida, sob o enfoque de traçado e características técnicas e operacionais, oferece maior benefício que outras, em termos de custo total de transporte.” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2005, p.31)

Em sua fase preliminar, o EVTEA deve desenvolver estudos ambientais, levantamento socioeconômico, estudos geométricos e georreferenciados para determinação de diretrizes para as alternativas de traçado, estudos de dimensionamento de tráfego atual e projeção do futuro – nas condições “sem” e “com” o empreendimento para então estimar capacidade do nível de serviço frente às condicionantes.

O EVTEA visa justamente apresentar a possibilidade de execução do projeto e defendê-lo como melhor alternativa dentre as opções comparadas no referente à capacidade técnica, ao beneficiamento econômico e ao menor impacto social e ambiental – sem que, no entanto, consolidem-se critérios claros para tais comparações.

Assim, catalogando e comparando diferentes critérios de avaliação, propõe-se o levantamento dos critérios que deveriam ser considerados ao se analisar uma proposta de viabilidade de projeto rodoviário, buscando identificar aqueles que devam ser considerados e priorizados na realização dos estudos e na seleção das alternativas, independentes do cenário da realização da obra em si, mediante sua universalidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O EVTEA é o conjunto de estudos de avaliação dos benefícios, diretos e indiretos, resultantes da implantação de uma infraestrutura de transportes, seja nova seja decorrente de melhorias na já existente. Seu objetivo é verificar se os benefícios provenientes justificam os custos com o projeto e sua execução.

A Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos – CGPLAN, subordinada à Diretoria de Planejamento e Pesquisa do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, atribui cinco fases à execução dos EVTEA:

- 1ª Fase: Estudos preliminares de coleta de dados junto ao DNIT e fontes externas;
- 2ª Fase: Diagnóstico dos problemas e concepção das alternativas a serem propostas para sua solução. Descrição dos impactos sociais, ambientais e de tráfego de cada alternativa;
- 3ª Fase: Coleta *in loco* de dados não obtidos na primeira fase e considerados imprescindíveis a partir das análises realizadas, tais como: dados sobre tráfego, pavimentação geomorfológicos e socioeconômicos.
- 4ª Fase: Determinação das obras necessárias e estimativa preliminar de custos, incluindo custos de estudos de viabilidade, do projeto de engenharia e das obras especiais, das desapropriações, da manutenção, dos condicionantes ambientais e da execução da obra em si.
- 5ª Fase: Consolidação dos dados e resultados e elaboração da análise econômica, quantificando os benefícios de cada alternativa. São adotados os indicadores econômicos TIR, VPL e B/C para cada alternativa proposta.

Valor Presente Líquido – VPL é a medida do benefício líquido do investimento dentro do período de análise. Quanto maior o índice, mais rentável tende a ser o investimento. Portanto, para um investimento ser viável, ele deve ser maior do que zero. No entanto, seu revés é ser um valor monetário absoluto; ou seja, não permite comparação entre rentabilidades de períodos distintos.

A Taxa Interna de Retorno – TIR, por sua vez, aponta a taxa de desconto que conduz o VPL a zero, indicando sua rentabilidade frente à oportunidade de capitalização. Tendo uma relação comparativa com taxas de juros e de rendimentos financeiros, recomenda-se a adoção de um valor superior de 12% a.a. para que um projeto seja considerado viável, sendo

recorrentemente utilizado em concessões para determinar o devido valor a ser cobrado em praças de pedágio.

Razão Custo-Benefício – B/C é a razão entre os valores de VPL positivos e negativos; ou seja, o retorno para cada unidade de investimento. Um investimento é viável se a razão B/C for maior do que 1. Tanto a TIR quanto a razão B/C são valores relativos e adimensionais, servindo assim como parâmetro comparativo.

VPL, TIR e razão B/C são indicadores econômicos de rentabilidade, enquanto que para liquidez - um indicador considerado, apesar de não ser significativo pela avaliação do DNIT - é o PRC, ou Período de *Payback*, que indica o intervalo de tempo para um investimento retornar o capital investido na sua implantação.

Em decorrência da Lei Complementar Nº 101/2000 (ANEXO 1) - também conhecida como *Lei de Responsabilidade Fiscal* - que delimita obrigações quanto à forma e ao montante do gasto de dinheiro público - o peso sobre a responsabilidade do custo para implantação de uma obra demonstra-se ainda mais pertinente.

Tal balanço da receita pública, contudo, é inserido dentro dos períodos de mandato do executivo eleito, ou seja, 4 anos; enquanto que uma obra de infraestrutura comumente tem expectativas de vida útil muito maiores, prevendo benefícios que se estenderão por 30 a 50 anos, conforme o horizonte de projeto adotado em sua concepção.

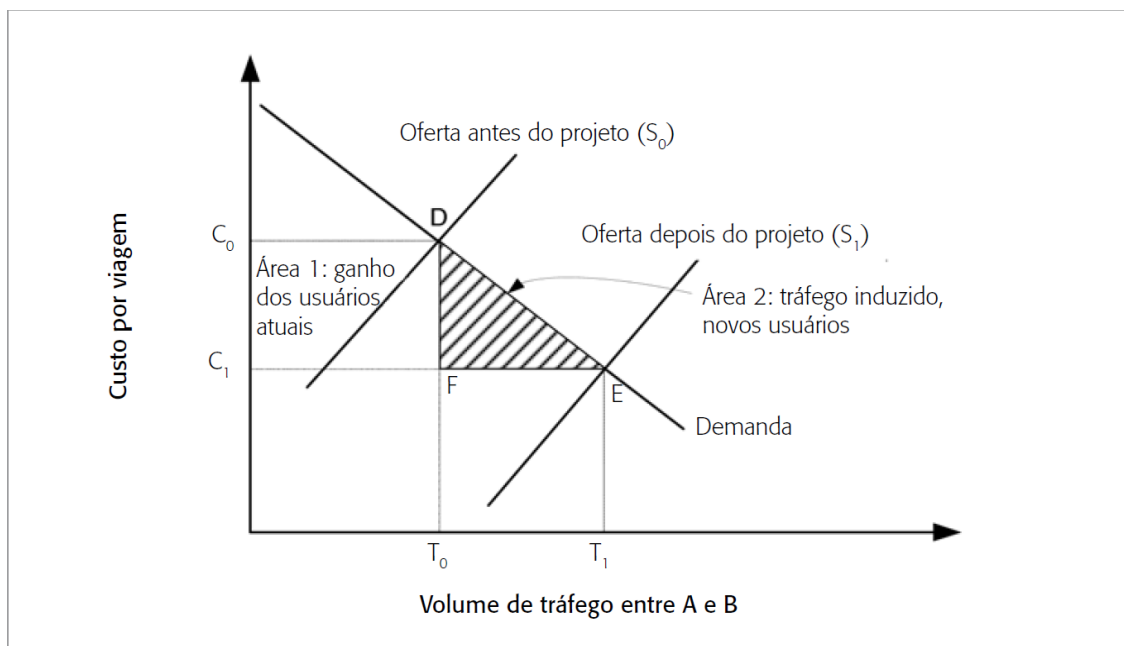
Muitas vezes, os necessários e desejados investimentos em transportes constituem-se em *sunk costs* [custos irrecuperáveis], altamente específicos, significando que os custos não são facilmente recuperados. Também as questões ambientais, tão importantes no mundo contemporâneo, precisam ser adequadamente consideradas, particularmente porque transportes é uma das áreas que mais produzem externalidades, ou seja, quando uma variável controlada por um agente econômico entra na função de utilidade de outro agente econômico (SENNA, 2014, p. X).

O processo de estimar custos por si só é oneroso, requerendo recursos e tempo, além de ser largamente influenciado tanto pela localização geográfica, quanto por condições naturais, sociais, econômicas, políticas e até pela logística de execução. “Este fato ganha especial relevo no caso das obras rodoviárias federais, pois estas se realizam nas mais diversas regiões do país e, conseqüentemente, vão defrontar com todo tipo de diferenciação locacional” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2003, p.1). Tal processo ainda é dependente da estabilidade econômica durante toda a vida útil do empreendimento analisado, que pode afetar não apenas os custos envolvidos em si, tanto para execução quanto para manutenção do empreendimento, mas também afetar a gama e disponibilidade dos recursos

necessários para tal. Assim, quanto maior a confiança nos cenários sociais, políticos e econômicos, mais acurada será a análise de custos – e a confiança na própria obra.

Do ponto de vista do usuário, custos e benefícios podem ser mensuráveis de várias formas: redução de acidentes, economia de tempo, desenvolvimento econômico, dentre outros. Um dos métodos de análise de benefícios é a Regra da Metade (DALBEM, 2010), apresentada na **Figura 1**. Uma redução no custo de viagem acarreta em ganho para o usuário atual, enquanto tende a aumentar o volume de tráfego. Assim, a área entre a variação no tráfego e a variação no custo reflete o ganho econômico do projeto, considerando como beneficiários todos os agentes envolvidos: usuários propriamente do transporte, governo responsável pela sua gestão, concessionárias que o administram e executam, e até mesmo os contribuintes – que mesmo não utilizando diretamente o referido transporte, são afetados pelo mesmo, se não pelos seus custos inerentes.

Figura 1 – Benefícios do projeto – Regra da Metade

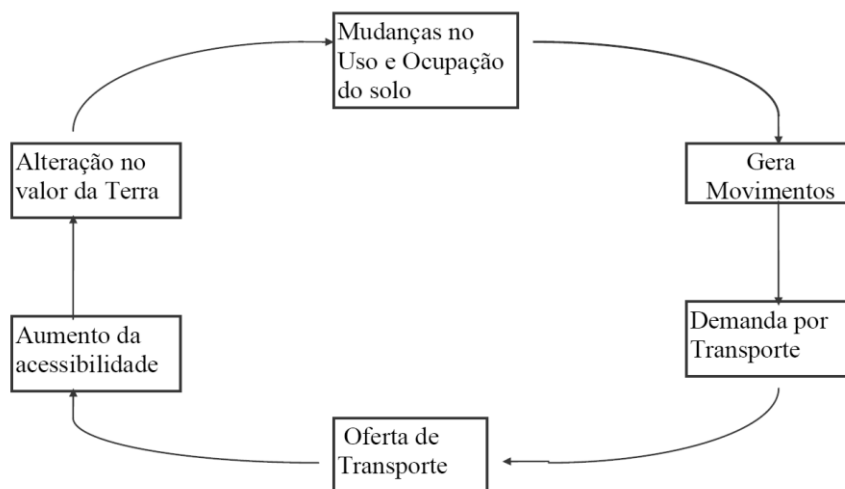


Fonte: WORLD BANK *apud* DALBEM, 2010

Tradicionalmente, as autoridades veem melhorias na infraestrutura como uma responsabilidade social, atrelada mais à viabilidade enquanto empreendimento que pela demanda de serviço (HORAK, 2001). Ou seja, o enfoque no que é passível de ser concretizado dentro de um horizonte de eventos. No caso dos transportes, a demanda é caracterizada por ser altamente diferenciada quanto a horários, propósitos, veículos e cargas, demarcada por concentrações no espaço e no tempo e por ser um processo derivado, ou seja,

um meio para um destino – seu valor agregado está nas benesses resultantes nas atividades econômicas e nas estruturas sociais afetadas pelo empreendimento viário. O sistema de transporte possui relações intrínsecas com as características socioeconômicas das regiões que ocupa e que conecta – em um processo cíclico, o transporte atrai desenvolvimento, e o desenvolvimento exige melhorias no transporte. A **Figura 2** ilustra o Ciclo dos Transportes dessa interação.

Figura 2 – Ciclo dos Transportes



Fonte: CAMPOS, 2013

2.1. ANÁLISE DE ALTERNATIVAS VIÁRIAS

Nenhuma política, programa ou projeto deveria ser adotado sem antes responder a duas questões: “há melhores maneiras de alcançar o objetivo? E há melhores usos para esses recursos?” (TREASURY, 2011). Para isso, é necessário identificar outras possibilidades para a obtenção de resultados similares e estabelecer as relações através de indicadores de custos e de benefícios entre as opções, tendo por “custos” todos os impactos causados com base em seu valor econômico.

Assim, ao justificar um investimento em infraestrutura de transportes, busca-se determinar sua viabilidade econômica e social – a econômica, calculada com base na análise de investimentos e a social, relacionando as contribuições do projeto para o desenvolvimento da região. Contudo, para uma devida análise, “os indicadores propostos devem permitir o confronto entre alternativas e a construção de uma base de dados que será utilizada para caracterizar diferentes configurações de projeto”. (GARCÍA et al., 2017, p.3).

Mesmo com tal necessidade, e apesar de que pesquisas focadas na seleção de projetos apresentarem resultados em diferentes setores da indústria, no setor de transportes ainda são limitadas (BAABAK; MOSTAAN; HANNON, 2013), especialmente quanto à grande diversidade de cenários, com diferentes problematizações, dificuldades, valores e recursos – tanto *in loco*, em seu local de implantação final, quanto em âmbito departamental e político. Ou seja: tal sistematização precisaria considerar tanto as características específicas do projeto quanto os objetivos estratégicos do órgão responsável (BAABAK; MOSTAAN; HANNON, 2012). A avaliação de um projeto deve, antes de tudo, analisar sua necessidade (confrontando o cenário da opção com o de não-realização, ou seja, sem a aplicação do mesmo) e sua sustentabilidade (se haverá recursos disponíveis tanto para sua execução quanto para sua manutenção ao longo da via útil).

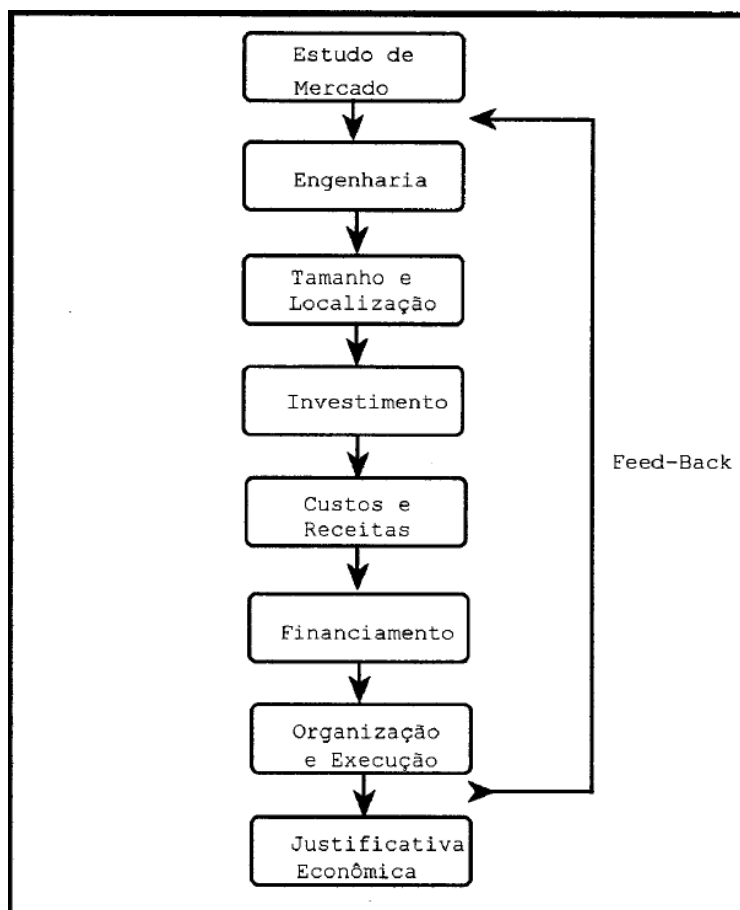
Como as estradas são compostas por redes complexas e interdependentes, com prazos de entrega longos, ativos de longa duração e que envolvem várias partes, são necessárias políticas e planos sensatos e consistentes para que o setor funcione bem. [...] Boa seleção de projetos deve estar alinhada com [esses] planos, provendo justificativa clara do porquê esses projetos estão sendo implementados, novamente ajudando com responsabilidade e desempenho (EHRHARDT; OLIVER; KENNY, 2001, p. 27, tradução)

Caso o projeto apresentado não obtenha resultados satisfatórios ou conclusivos no conjunto da análise, uma retroalimentação por *feedback* pode elucidar alternativas para revisões que melhorem os resultados até a obtenção da satisfação e até da excelência. A combinação de diferentes elementos dentre as alternativas avaliadas podem, nessa análise global, obter desempenhos melhores do que ao observar cada aspecto em separado. A escala do estudo também pode requerer ajustes, partindo de um cenário de características mais amplas para então analisar pontualmente aspectos mais específicos que requeiram maior refinamento e acuidade – sempre tendo em vista, como já comentado anteriormente, os gastos e prazos decorrentes dos próprios estudos frente as necessidade de cada etapa.

A metodologia apresentada pelas Nações Unidas na década de 1950 (MEINICK, 1958) ainda é adotada para a análise de viabilidade de projetos. HOLANDA (*apud* DALBEM e BRANDÃO, 2010) apresenta o fluxograma da **Figura 3**, onde constam as fases do processo de análise, que relaciona, em uma escala macro e generalista, aquilo que é necessário fazer com o que é possível executar, visando apoio durante a tomada de decisão pelos órgãos responsáveis durante o processo avaliativo. “A metodologia descrita procura orientar as instituições públicas de fomento dos países em desenvolvimento com relação aos critérios para análise de projetos que visem ao desenvolvimento econômico” (PEREIRA, 2011).

Observa-se a importância da contextualização técnica, bem como da análise de recursos de viabilidade para a validação do projeto.

Figura 3 - Tópicos Metodológicos da Análise de Projetos Tradicionais



Fonte: HOLANDA *apud* DALBEM; BRANDÃO, 2010

O DNIT recomenda que sejam consideradas as seguintes questões ao se analisar uma proposta: (I) relação custo/benefício, (II) investimento inicial, (III) custos de operação, manutenção e conservação, (IV) impactos positivos e negativos no meio ambiente e planejamento urbano, (V) período de duração das medidas e tempo de eficiência.

O custo tende a ser o real fator decisivo para a avaliação de um projeto de infraestrutura, destacando-se nas análises realizadas tanto pelos agentes públicos quanto pelos privados. Sua relevância é, inclusive, prevista na lei brasileira referente aos processos licitatórios. Segundo o Art. 45 da Lei 8666/93, que delimita os tipos de licitação conforme os critérios de avaliação das propostas:

Art. 45. O julgamento das propostas será objetivo, devendo a Comissão de licitação ou o responsável pelo convite realizá-lo em conformidade com os tipos de licitação, os critérios previamente estabelecidos no ato convocatório e de acordo com os fatores exclusivamente nele referidos, de maneira a possibilitar sua aferição pelos licitantes e pelos órgãos de controle.

§ 1º Para efeitos deste artigo, constituem tipos de licitação para obras, serviços e compras, exceto nas modalidades de concurso e leilão:[...]

I - a de menor preço - quando o critério de seleção da proposta mais vantajosa para a Administração determinar que será vencedor o licitante que apresentar a proposta de acordo com as especificações do edital ou convite e ofertar o menor preço;

II - a de melhor técnica;

III - a de técnica e preço.

IV - a de maior lance ou oferta - nos casos de alienação de bens ou concessão de direito real de uso. (BRASIL, 1993)

A qualificação da infraestrutura de transporte visa maximizar seu desempenho em função das dimensões técnicas, legais, sociais, administrativas, políticas, econômicas e financeiras - dimensões que, se não forem consideradas, podem inviabilizar a obtenção de uma solução otimizada ou até mesmo de qualquer uma implementável.

Um aspecto importante a ser considerado é que existem diferentes tipos de motivações para diferentes formuladores de políticas. [...] Outro aspecto importante é que as tarefas das agências reguladoras precisam ser especificadas *ex ante* [subjéctiva, baseada em prognósticos e suposições] e não podem ser contingenciadas à realização de muitos choques no ambiente e nas preferências do público. (SENNA e MICHEL, 2006)

No modelo americano, cada Departamento de Transportes possui autonomia para definir seus critérios de avaliação. Um deles é o critério de Melhor Valia (*Best Value*), adotado em 65% dos casos, sendo também empregado em 100% dos processos de Projeto e Construção (*Design-Build*) – onde uma mesma empresa realiza ambas as etapas. Na Melhor Valia, as propostas de preço são avaliadas e recebem uma correção com base em critérios de qualificação, sendo os mais comumente adotados (KOLLI, 2015):

- Experiência e Qualificação
- Gerenciamento de Projeto
- Compreensão do Projeto
- Equipe Chave
- Performances Anteriores
- Legalização e Financiamento
- Qualidade
- Cronograma

O conceito de Melhor Valia estrutura-se em três parâmetros: critérios de avaliação, sistema de pontuação e algoritmo de seleção (TRAN, MOLENAAR, GRANSBERG, 2016). Para cada critério, é aplicada uma pontuação, comumente a partir de um grupo de especialistas que visa chegar a um consenso quanto à avaliação.

Para a análise do desempenho de cada licitante em si, são adotadas, então, diferentes algoritmos de formulação e composição da nota final, sendo os mais comumente adotados:

- **Critério Ponderado** (*Weighted Criteria Algorithm*), que combina uma pontuação para o preço e outra para a técnica, com pesos que variam entre 25% e 75% em cada espectro;
- **Pontuação Ajustada** (*Adjusted Score Algorithm*), que divide o preço pela pontuação de proposta técnica (*Technical Proposal Score*), com valor máximo de 1 (aumentando, assim, o valor de referência a medida que a nota diminui);
- **Lance Ajustado** (*Adjusted Bid Algorithm*), que reduz o preço da proposta para efeitos comparativos de um montante determinado pela pontuação de proposta técnica, bonificando os melhor projetos.

A FHWA, Agência Federal de Administração de Rodovias dos Estados Unidos, define as diretrizes sobre quais efeitos sociais, ambientais e econômicos devem ser considerados em um projeto rodoviário, bem como sua eficiência quanto a rapidez de tráfego e segurança viária, ressaltando a necessidade de tal análise para todas as alternativas consideradas, com base em sete áreas distintas: (I) crescimento regional e desenvolvimento da comunidade; (II) consideração e preservação ambiental; (III) promoção de acesso a serviços públicos; (IV) impactos mínimos na coesão da comunidade; (V) realocações, com a avaliação de perdas e ganhos consequentes para os atingidos; (VI) poluição do ar, da água e sonora, bem como poluição visual e consumo de combustíveis fósseis e (VII) valores estéticos e atrativos do entorno, tanto para quem está fora quanto na rodovia.

Tais critérios são apresentados e propostos de forma subjetiva, que implicam na identificação e conhecimento dos grupos de interesse. Deve-se salientar ainda que a Melhor Valia não garante o sucesso do projeto, devendo evitar arbitrariedades na análise dos critérios. Além disso, há o revés de requerer tempo e recursos para o desenvolvimento de sua análise, com impacto direto nos custos e prazos do projeto em si (MINNESOTA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2012).

A Análise de Custo-Benefício – ACB é uma prática largamente difundida no Brasil, a qual combina o custo capital (de construção, desapropriação e aquisição de terras, projeto, etc.) e custo de manutenção (drenagem, iluminação, recapeamento e pintura), não cobrindo outros impactos diretamente, como redução de tráfego, ruído, e outras externalidades - especialmente considerando âmbitos regionais. Custos e benefícios de escopo social e ambiental não apresentam um valor de mercado quantitativo, devendo então serem monetarizados, ou seja, deve-se atribuir a eles um valor referente em moeda corrente – um complicador em si.

O preço sombra é comumente utilizado para essa análise, considerando o custo das oportunidades renunciadas em prol da alternativa adotada, indicando o valor máximo que se está disposto a pagar pelas melhorias adquiridas. Contudo, há a necessidade da distribuição desses custos e benefícios entre empresas, governos, consumidores, produtores e comunidade – cada um com seu próprio preço sombra embutido, dificultando a identificação dos ganhos e perdas de cada agente.

Entende-se, por exemplo, que os métodos tradicionais brasileiros de análise de viabilidade deveriam ser suplementados com uma análise de risco empírica, que considerasse os resultados anteriores de projetos similares [...]. Um empreendimento somente deveria ser considerado viável se os seus benefícios superassem os custos corrigidos pela série histórica. Em síntese, este método atua como uma “peneira” para rejeitar projetos potencialmente inviáveis. Destaca-se que ele não substitui projetos detalhados e não deve ser utilizado para orçamentação de contrato. (GRUBBA, 2016)

O Banco Mundial ainda recomenda ponderação quanto às externalidades, que são os impactos causados a terceiros que não estão onerando o projeto, tais como a deterioração de imóveis próximos em função da poluição e das vibrações e o aumento da segurança no entorno. Nesse caso, sua quantificação monetária comumente se dá a partir da Disposição Para Pagar – WTP, valoração contingente que se está disposto a “pagar” (não necessariamente de forma monetária) por um determinado item ou serviço. Um dos principais aspectos desse custo refere-se ao tempo – o que abrange tanto tempo em trânsito quanto tempo em congestionamentos; ou seja, o quanto o usuário estaria disposto a pagar por uma viagem mais rápida ou mais fluída.

A ACB é criticada (DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 2017) na quantificação e agregação de valor monetário a atributos de difícil mensuração, como a vida, os impactos ambientais e sociais, a atratividade – ou repulsão – de empreendimentos, etc. A ACB também não incorpora dados quanto ao desenvolvimento econômico, à geração de empregos e à

redução de pobreza em sua análise, focando-se exclusivamente no empreendimento em si. Além disso, algumas escolhas de projeto podem ser sutis demais para serem distinguidas em termos de ACB. Dentro dessa análise, os impactos podem ser categorizados conforme a Análise de Custo-Benefício Monetário – AMCB, como apresentado de forma resumida, no Quadro 1.

Quadro 1 – Tabela de resumo da avaliação de impactos

| Categoria do impacto | Impactos tipicamente monetarizáveis | Impactos que podem ser monetarizados mas não reportados | Impactos que atualmente não são factíveis ou práticos de monetarizar |
|-----------------------------|--|---|---|
| Econômico | Empreendimentos locais e setor privado | Impacto na confiança nos empreendimentos locais, Regeneração, Impactos amplos | |
| Ambiental | Barulho, Qualidade do Ar, Emissão de gases | Paisagem | Urbanização, Ambiente histórico, Biodiversidade, Ambiente aquático |
| Social | Mobilidade, Acidentes, Atividades Físicas, Qualidade de jornada | Impacto na confiança, Opinião e valores de não-usuários | Seguridade, Acesso a serviços, Acessibilidade, Segregação |
| Contas públicas | Custos para o orçamento de transporte, Reversão de taxas indiretas | | |

Fonte: DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 2014, tradução

Os benefícios diretos são as vantagens quantificáveis decorrentes do empreendimento em si, refletindo principalmente em melhorias no custo operacional dos veículos, no custo de manutenção viária – com base no respectivo volume de tráfego e nos custos de acidentes – quantificando de forma comparativa com rodovias de características semelhantes, bem como na redução do tempo de viagem (levando em consideração velocidade média de percurso), no número de acidentes, no transporte de mercadorias e passageiros e na natureza das viagens.

Todos esses fatores devem constar em qualquer avaliação que utilize o método ACB. Assim, para analisar os acidentes através deste método, devem-se considerar os custos relativos ao acidente em si (danos materiais), os custos relacionados aos acidentados (impacto na geração de riqueza e qualidade de vida subsequente) e o grau de fatalidade, onde se deve determinar o valor de uma vida em termos econômicos: rendimentos perdidos, impacto na economia local da perda do agente, indenizações decorrentes e expectativa de vida – sendo o risco para o indivíduo então confrontando com seu WTP em relação ao projeto. É válido salientar que tais parâmetros são amplamente influenciados pelas características locais e individuais.

Os benefícios indiretos são as vantagens estimáveis decorrentes para a região de influência da execução do empreendimento. São mais especulativos, mas podem incidir sobre o crescimento da produção e sobre o escoamento agropecuário e industrial, bem como no acesso a serviços, na viabilização do turismo e na valorização de imóveis - que, de forma negativa, pode resultar em especulação imobiliária. Em sua análise, deve-se considerar o prazo de incidência, que pode ser longo conforme as taxas de crescimento das melhorias previstas. Comumente só constam na avaliação de projetos em trajetos pioneiros e não em áreas já desenvolvidas (PIRES, 2010).

A Análise de Custo-Efetividade – ACE é uma avaliação comparativa em termos de custos e de consequências, supondo uma escolha entre alternativas com base em sua efetividade; isto é, em sua capacidade de operação de forma normal e satisfatória, atingindo os objetivos propostos. Não contribui para a decisão de validar ou não, mas sim para qual a melhor alternativa diante de um objetivo almejado. Diferencia-se da ACB por agregar medidas tanto físicas quanto econômicas na avaliação dos benefícios. Sua realização no Brasil é praticamente inexistente.

O principal problema metodológico aqui é a determinação de escalas coerentes e aceitáveis para a definição da importância relativa dos diferentes critérios. Cada escala definirá uma ordenação específica. Portanto, a participação dos atores sociais relevantes, a integração governamental e o debate político são o único caminho para minimizar essas restrições (MOTTA, 1998, *apud* PIRES, 2010, p. 41).

A Análise de Custo-Utilidade – ACU, por sua vez, compara os custos e benefícios associados aos impactos das alternativas, em termos de seus valores monetários, tornando-se uma adaptação generalizada da ACE e tornando claras as comparações consequenciais, permitindo uma interpretação tanto quantitativa quanto qualitativa. Para tal análise, é necessário que cada indicador tenha um peso absoluto e que os benefícios gerados sejam analisados de forma ponderada.

As análises C/B em geral estão sujeitas a incertezas, devido a como são realizados os estudos de impacto: pela quantificação dos efeitos estudados para uma unidade monetária, pelo risco considerado e pela sensibilidade dos parâmetros; e até mesmo por fatores externos, como condições econômicas e políticas.

O próprio Banco Mundial utiliza técnicas de análise contrafactual (conceito onde se analisa o que não aconteceu, mas poderia ter acontecido), focando-se nos métodos de impactos quantitativos, uma vez que os aspectos qualitativos não podem ser confrontados

quanto às alternativas contrafactuais sem o juízo de valor do que não aconteceu. Além disso, métodos quantitativos permitem análises estatísticas dos impactos gerados, facilitando comparativos, projeções e estimativas. Salienta-se, contudo, a importância da compreensão do contexto sociocultural e institucional do local, de forma qualitativa, para identificação dos mecanismos através dos quais um projeto pode gerar impactos, bem como definir cursos para a implementação e assim auxiliar na avaliação operacional, concluindo que "Uma mistura de métodos qualitativos e quantitativos (uma abordagem de método misto) pode ser útil na aquisição de uma visão compreensiva da efetividade de um programa." (KHANDKER; KOOLWAL; SAMAD, 2009).

Uma análise multicriterial, assim, auxilia na avaliação, submetendo a tomada de decisões à ponderação de fatores diversos, ponderando-os conforme os objetivos visados. Diferentes mapeamentos, abordando critérios distintos enquanto atrativos ou repelentes, podem facilitar a tomada de decisões à medida que norteiam as áreas de interesse ou não, com diferentes densidades e pesos individuais, tornando o processo decisório em si mais transparente e objetivo conforme a clareza das regras adotadas em seus parâmetros.

2.2. ASPECTOS RELEVANTES PARA A ANÁLISE DE VIABILIDADE

Apesar de muitos administradores e pesquisadores já terem desenvolvido seus próprios critérios e indicadores para avaliar o desempenho de um projeto rodoviário, esses são frequentemente *ad hoc*, destinados a cada caso específico, devido à complexidade de interdependências (TALVITIE 1999). Três perspectivas devem ser consideradas ao analisar o desempenho de um projeto viário: a governamental (que inclui grupos focais e públicos estratégicos), a administrativa (no caso, da organização responsável pelo sistema) e a do usuário (que inclui ainda operadores de transporte e a comunidade afetada).

Caracterizam-se como critérios importantes na seleção de projetos públicos: Tempo (prazo), Certeza do Tempo (cronograma), Certeza do Custo (precisão), Competividade do Preço (seleção de custos), Flexibilidade (variabilidade necessária), Complexidade (especialização), Qualidade (conceito), Responsabilidade (sintonia com o cliente) e Risco (reflexo nos custos) (LOVE *et al.*, 2012). Cinco aspectos são tradicionalmente considerados durante a avaliação de um traçado rodoviário: aspectos econômicos, aspectos ambientais, aspectos de segurança viária, aspectos construtivos e aspectos operacionais. Tais aspectos devem ser monitorados em seis áreas principais: custo e cronograma, qualidade, segurança, impacto ambiental, transparência e gerencia de tráfego (MOLENAAR, 2011).

Os Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental, ao dever demonstrar que a alternativa escolhida é a que oferece maiores benefícios, devem desenvolver estudos em duas fases. Na fase preliminar, serão realizados estudos ambientais, de traçado, de tráfego e socioeconômicos. Na fase definitiva, serão definidos os custos, os benefícios e os comparativos entre ambos.

2.2.1. Fase preliminar

No Brasil, a partir da Resolução CONAMA n° 01/86 (Anexo 2), foram estabelecidas diretrizes gerais para a apresentação do Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental – EIA-RIMA. O Artigo 2° da mesma resolução afirma que:

Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como: I - Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento; [...]

Assim, os estudos de traçado estão sujeitos a outros fatores ambientais além do econômico. Reitera-se que a referida resolução ainda define o impacto ambiental como alterações que afetem: (I) a saúde, a segurança e o bem estar da população; (II) as atividades sociais e econômicas; (III) a biota; (IV) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e (V) a qualidade dos recursos ambientais. Ou seja, não deve ser descartada a necessidade de avaliação do viés econômico ao incorporar ao meio ambiente a divisão antrópica - uso e ocupação do solo, potencial de utilização dos recursos existentes, características sociais, econômicas e culturais das sociedades locais. *“Sabemos que as rodovias são planejadas para trazer benefícios para a sociedade, e que os empreendimentos não são projetados e executados apenas para degradar o meio em que foram implantados”* (SIMONETTI, 2010, p.54). Um projeto melhor preparado para o EIA-RIMA, já nas etapas de planejamento, de forma estratégica e preliminar, pode não apenas mitigar os impactos causados, como agilizar a própria viabilização do projeto em si.

À Medida em que há possibilidade de se prever, razoavelmente, tanto qualitativa como quantitativamente, as reações que advirão da introdução de um elemento novo na área de estudo, é possível estabelecer também uma série de regras e ações paralelas para a implantação de uma rodovia, capazes de mitigar os resultados negativos e potencializar os positivos. (LISBOA, 2002, p.44)

Questões ambientais também englobam outros fatores comumente vistos como externos ao projeto, mas que podem ser mitigados pelo mesmo. Alguns desses fatores podem ser melhor quantificados em uma análise de COBA, como as atividades econômicas que serão beneficiadas ou prejudicadas pela nova via, ou as melhorias sociais devido à facilitação da mobilidade. Já outras questões, como a poluição - tanto do ar quanto sonora - gerada pelo aumento do tráfego, as interferências em áreas de valor cultural ou a remoção de árvores centenárias dificilmente seriam adequadamente avaliados, especialmente considerando impactos consequenciais, como o desgaste da marca das empresas envolvidas para com a comunidade. Desapropriações de residências provocam indenizações e a relação com a comunidade. Quando envolve reassentamentos populacionais irregulares, os complicadores são ainda maiores devido aos impactos nas relações culturais e socioeconômicas estabelecidas. Desapropriações necessárias em áreas produtivas afetam, por sua vez, não apenas os proprietários em si mas a mão de obra empregada e a própria economia local.

A infraestrutura que aporta o desenvolvimento econômico está alicerçada principalmente no transporte, que viabiliza o deslocamento de pessoas e o fluxo de mercadorias; na geração e fornecimento de energia, que é essencial para o funcionamento das máquinas e equipamentos; e na comunicação, que conecta a região produtiva ao restante do mercado consumidor. (PÖYRY, 2013, p. 82)

Os estudos de tráfego analisam a demanda do empreendimento, tanto quantitativa quanto qualitativamente. Para tal, devem-se estabelecer zonas de tráfego – a região influenciada pela rodovia, normalmente correspondendo às zonas municipais cortadas pela via. Tais estudos devem determinar o Volume Diário Médio de Veículos – VDM, classificado por tipo de veículo, e sua distribuição por dia da semana e por sentido, bem como o comportamento semanal, mensal e anual, identificando possíveis variações cíclicas temporais. Também devem identificar os polos geradores de origem e destino das viagens, o Fator Horário de Pico de Tráfego – FHP e o Volume Horário de Tráfego – VHP, para assim determinar a capacidade da via atual e futura. Dessa forma, tais dados conduzirão a avaliação preliminar da capacidade e do nível de serviço que a rodovia deverá apresentar. A locação do tráfego futuro ainda identificará as deficiências do atual sistema existente, avaliará os efeitos das melhorias e estabelecerá a escala de prioridades de intervenções.

A segurança viária também é uma preocupação em pauta crescente, sobretudo em países em desenvolvimento econômico, com limitações quanto aos investimentos, à manutenção e até mesmo à qualidade de frota, como o Brasil. Segundo a Organização Mundial de Saúde – WHO, o Brasil foi o terceiro país em números de mortos nas estradas em

2015, com 41.059 vítimas reportadas e 46.935 estimadas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015). Ao compararmos com a frota e a malha viária, o Brasil atinge o topo da lista, com 55,9 fatalidades por bilhão de veículos-quilômetro.

A infraestrutura viária apresenta relação direta com a segurança de tráfego. O projeto viário influencia na determinação das velocidades permitidas pela regulamentação e viabilizadas pelo desempenho do veículo, bem como no volume e comportamento do tráfego; o número de vias já existentes cruzadas pela nova rodovia implica na readaptação do tráfego existente, além de se relacionarem com os custos da execução do projeto em si: “implicam num custo reduzido na aplicação de uma nova rodovia, como é o caso das estradas vicinais, ou acarretar no acréscimo do custo, como é o caso quando ocorre uma interseção entre ferrovia e rodovias” (DALOSTO, 2015, p.28). Todos esses são ainda elementos decisivos na severidade dos acidentes (LEAL, 2014), ao influenciarem a habilidade do motorista em manter o controle do veículo, em identificar momentos de risco e características perigosas na criação de situações de conflito, tanto em quantidade quanto em tipo, na manutenção da necessidade de atenção do motorista, bem como nas consequências do entorno em caso de acidente (locais de impacto e queda, obstrução de visibilidade, presença e fluxo de pedestres, contenções, etc.).

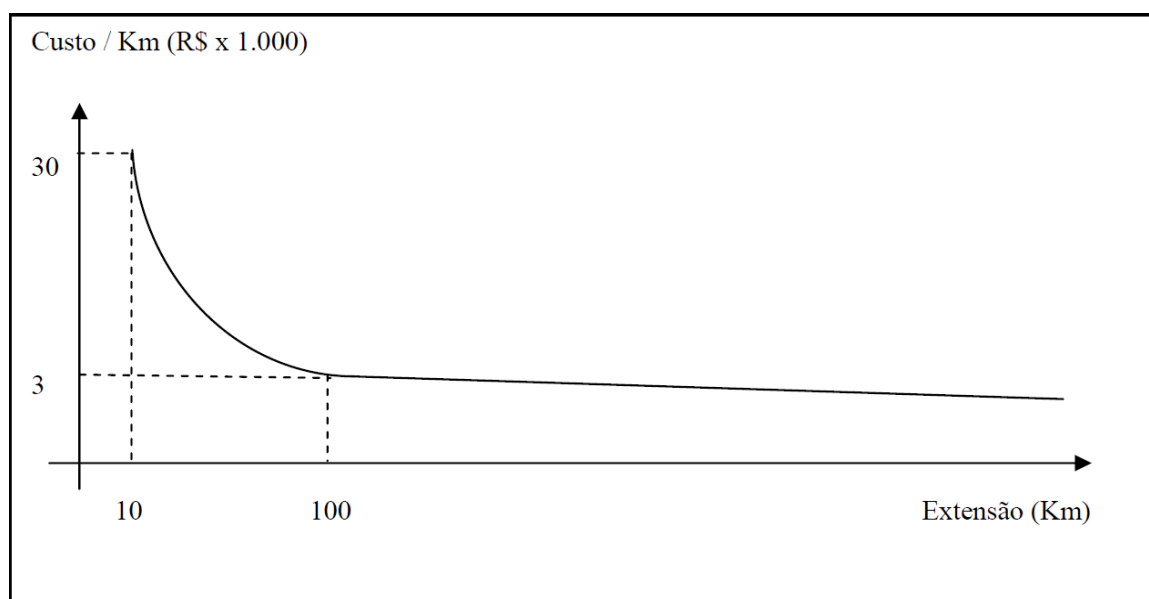
Um projeto viário deve oferecer condições ao motorista, de modo que permita prevenir acidentes e, em caso de ocorrência, garanta a ele a oportunidade de retomada do controle do veículo, proporcionando assim as condições que amenizem suas consequências. Embora o fator humano seja significativo para a ocorrência de acidentes, medidas que atuem em outras áreas podem apresentar uma melhor relação custo-benefício para a sua redução (NODARI, 2003). A seção transversal da via, incluindo a largura e inclinação das pistas e acostamentos; o número de faixas, incluindo a presença de terceira faixa para ultrapassagem; o canteiro central, suas dimensões e aparelhos; interseções e acessos, seu posicionamento e forma; são apenas alguns dos elementos de projeto que influenciam na segurança da via e que podem ser desenvolvidos já nas etapas iniciais dos estudos de viabilidade.

Para isso, deverão ser determinadas as áreas de influência do empreendimento, as zonas de tráfego afetadas e o efeito das alternativas dentre as diretrizes propostas, sendo relevante a determinação dos níveis de serviço dos diversos trechos, tanto em sua situação atual quanto com a introdução do empreendimento; seus pontos de estrangulamento, a sazonalidade do tráfego e principais pontos de atração de viagens.

2.2.2. Fase definitiva

Ao avaliar um empreendimento rodoviário, são considerados diferentes espectros de custos: de construção, de conservação, de manutenção, de infraestrutura operacional, de operação e de tempo de viagem; custos econômicos e impostos incidentes, além dos custos financeiros. Os custos de construção incluem aí os estudos necessários à implementação do empreendimento - terraplenagem, sistema de drenagem, obras de arte, pavimentação, iluminação, sinalização, paisagismo e urbanização, obras temporárias e custo do projeto de engenharia em si – sendo que estes custos apresentam-se serem mais eficientes em projetos acima de 100 Km, conforme demonstrado na **Figura 4** (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2010). Além disso, há custos decorrentes dos impactos antrópicos - relocação e instalação de serviços públicos, desapropriações da faixa de domínio e compra de direitos de acesso e reassentamento de populações afetadas. Os custos de conservação estão intimamente relacionados à manutenção das condições operacionais do trecho rodoviário na forma de ações periódicas de preservação, substituição e reparos de elementos constituintes. Os custos de manutenção envolvem intervenções periódicas a cada ciclo da vida útil do empreendimento, tendo como objetivo a compatibilização da estrutura em relação ao tráfego esperado. Os custos operacionais devem assegurar os padrões rodoviários de fluidez, segurança e prestação de serviço, sendo que estes correspondem às condições de tráfego e de utilização que incidem sobre os usuários.

Figura 4 – Custo por quilômetro de estudo



Fonte: MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2010

Em 1999, estimava-se o preço médio por quilômetro de construção de rodovias de pista simples em R\$ 393.737,27 e o preço médio por quilômetro de restauração de rodovia em R\$ 96.656,36 (PEDROZO, 2001). Em 2016 o valor para implantação havia decuplicado, atingindo R\$ 3.159.000,00, enquanto os custos para restauração aumentaram ainda mais, para R\$ 2.425.000,00 (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2017). São características regulares dos projetos do setor público os custos excedentes e atraso na implementação – o que agrega custo por si só. Estudos empíricos concluíram um aumento de custos de 82% e de prazo de 70,5% em obras públicas de grande porte (MORRIS, 1990). Há, ainda, uma correlação entre os anos eleitorais e o aumento de custos de obras públicas (COSTA, 2012).

Para a análise econômica, o sistema adotado frequentemente pelo DNIT e demais órgãos rodoviários (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2011) – e aceito pelo Banco Mundial e pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento – é o HDM-4, que permite a análise pela aplicação de três métodos de avaliação:

- **Análise de projeto:** comparar os custos totais de transporte resultantes de uma alternativa de projeto com os custos de transporte sem a execução da obra;
- **Análise por programa:** programas que maximizem o retorno econômico, com base nas restrições orçamentárias. Análise por ciclo de vida útil para definir alternativas para um período de anos a atender, comparando benefícios resultantes para um único investimento;
- **Análise por estratégia:** programas que maximizem o retorno econômico ou minimizem os custos para atingir determinado nível de serviço pré-fixado.

Contudo, para tal análise é necessário determinar as prioridades de investimento, avaliando os benefícios gerados para a sociedade mediante determinado valor, se comparado com outros possíveis investimentos de igual montante em outros projetos. Tal análise considera critérios de análise de investimento adequados aos recursos disponíveis, critérios baseados em indicadores físicos ponderados pelo volume de tráfego e critérios mais subjetivos dependentes do agente atuante.

Quanto aos aspectos sociais a serem analisados, são citados seis domínios: (I) os benefícios ao usuário local, (II) a segurança viária, (III) a acessibilidade - tanto de mobilidade

quanto de tráfego, (IV) a providência - opção e disponibilidade de gastos, (V) a poluição, tanto sonora quanto a do ar, e (VI) a segregação das comunidades (LUCAS et al., 2016).

Variáveis socioeconômicas têm sido tradicionalmente consideradas como variáveis chave para explicar decisões na área de transportes. Os resultados desta pesquisa indicam, entretanto, que alguns fatores característicos do ambiente social e das particularidades individuais podem ser mais importantes que o nível socioeconômico para explicar as escolhas de modo de viagem. (LARRANAGA; RIBEIRO; CYBIS, 2009, p.10)

Os benefícios ao usuário local estão relacionados com o impacto diretamente nas comunidades conectadas pela via, como o desenvolvimento da economia local, confrontado com o “efeito de passagem” (redução do número de pessoas parando nos estabelecimentos do entorno da via), bem como os transtornos provocados durante a fase de construção; as dinâmicas de mobilidade, alteração do tempo de viagens, redução ou aumento de congestionamentos, locais de conflito viário ou propensos a acidentes; a análise se os impactos serão mais para usuários em viagens de longa distância, adotando a via como um trecho, ou para viagens curtas, em um trecho da via em si.

A acessibilidade inclui a infraestrutura de viagens ativas: as mudanças no comportamento e distribuição de viagens, origens e destinos (que devem ser estimados para verificar se trechos e vias secundárias terão capacidade para atender aos novos volumes de tráfego previstos); as novas facilidades e dificuldades de adoção das novas rotas criadas, bem como a facilidade de acesso aos locais e regiões; a provável composição da frota (se esta será primariamente formada por veículos de passeio ou por veículos pesados); e se ela afetará o transporte público.

A providência implica a viabilidade econômica e a capacidade financeira da via em relação aos usuários e comunidades afetadas: o custo por trafegar na via (envolvendo pedágio, combustível e custo operacional do veículo em geral); a viabilidade em relação aos modais de transporte público e o valor do tempo para o usuário. A redução no tempo de viagem pode resultar em 80% dos benefícios totais envolvidos em um projeto em regiões desenvolvidas. Seu impacto é comumente analisado a partir do WTP, relacionando o tempo de trabalho, o de lazer e o em trânsito. A distância impacta na análise, não apenas de forma direta como também indireta, ao influenciar no modal a ser selecionado pelo usuário - viagens acima de 50 km agregam mais às viagens de carro, obtendo até o dobro do valor. A análise do tempo, por sua vez, deve considerar não apenas o tempo em movimento, mas também de esperas, congestionamentos e demais interferências. O valor do tempo de espera tem forte impacto

regional, influenciado pela cultura e pelo desenvolvimento local, sendo recomendação do Banco Mundial que seja adotado 1,5 vezes o valor do tempo em trânsito para esses casos.

A segurança viária abrange não apenas os acidentes, mas também a integridade dos usuários como um todo. Ela envolve dois conceitos intimamente relacionados: a seguridade e a segurança. Seguridade (*Security*) é a situação de proteção contra ameaças deliberadas ou intencionais, que envolve tanto medidas quanto ações mitigatórias. Segurança (*Safety*) é a proteção contra perigos e acidentes não intencionais, bem como estar livre de riscos. O Banco Mundial tem uma especial preocupação quanto às questões de proteção, envolvendo-se em esforços para melhoria de projetos de infraestrutura, gestão de tráfego e monitoramento de acidentes. Do custo total das atividades, estima-se que apenas 1% está relacionada com a segurança (GWILLIAM, 2002). Quanto à seguridade, a necessidade de deslocamento para as atividades da vida (trabalho, educação, serviços, etc.) pode forçar as pessoas em situações mais vulneráveis, inclusive quanto à criminalidade; grandes centros urbanos – com destaque para os de países em desenvolvimento – têm computado uma redução no número de viagens diárias, principalmente as noturnas. A Via Expressa Presidente João Goulart RJ-071 (conhecida como Linha Vermelha), que liga os municípios do Rio de Janeiro, Duque de Caxias e São João de Meriti, é margeada por aproximadamente 18 favelas, com intensa atividade criminal, sendo local frequente de atos de violência, o que afeta tanto o perfil dos usuários da via bem como a sua utilização.

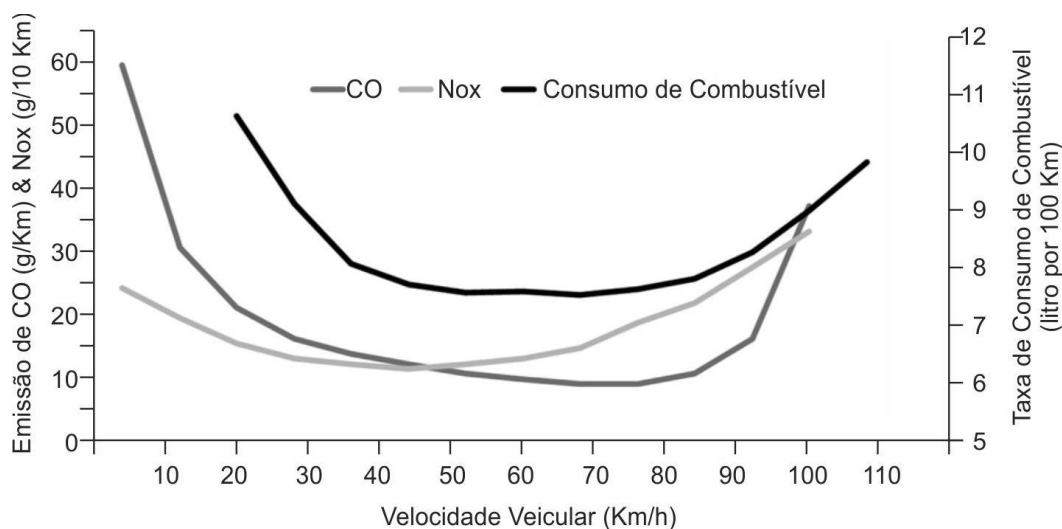
Há uma regionalização do valor de custo de acidentes, com base na perda de rendimentos futuros decorrentes, nos danos veiculares, nos custos médico-hospitalares, na operação de atendimento emergencial viário, nos custos devidos ao congestionamento causado, além dos aspectos subjetivos - como pesar, dor e sofrimento resultantes – e também em outros aspectos como valor dos seguros, danos patrimoniais e custos administrativos, impactos na produtividade e viés previdenciário. Tais parâmetros são quantificados de forma a se tentar obter um montante para o valor do tempo de vida médio dos usuários da via, para então estimar o impacto econômico dos acidentes.

Na sequência, a poluição sonora e do ar comumente não são consideradas preocupações chave, devido ao resigmo envolvendo a própria existência da rodovia, fazendo com que o impacto decorrente desta acabe adotando características mais marginais; além disso, ainda existe uma visão de que tais problemas são uma decorrência natural e inevitável da existência de uma rodovia. Medidas mitigatórias relacionadas, contudo, atuam em outros aspectos de análise tratados como sendo mais relevantes. A existência de vegetação nos limites da faixa de domínio minimiza ambos os impactos a baixo ônus. Uma concepção

geométrica, que evite rampas acentuadas, ajuda a reduzir as variâncias de aceleração e os excessos de poluição aérea e sonora, bem como o custo operacional dos veículos circulantes, podendo também estar alinhada com a otimização econômica do projeto.

O método clássico de análise do COV é baseado no comprimento virtual da via, onde o comprimento real é acrescido de um montante, com base nas rampas do traçado e consequente aumento de esforço automotivo, como se o veículo tivesse se deslocado muito mais do que de fato o fez. A **Figura 5** demonstra a relação entre velocidade veicular, emissão de poluentes e consumo de combustível. Comumente, os melhores desempenhos encontram-se na faixa entre 50 e 80 Km/h. Este é, inclusive, um dos motivos pelo qual muitos limites de velocidade encontram-se nessa faixa, adotando assim valores nos quais o consumo de combustível demonstra-se mais eficiente.

Figura 5 – Relação entre velocidade, emissão de poluentes e consumo de combustível.



Fonte: adaptado de LITMAN, DOHERTY, 2009 *apud* VAN BENTHEM, 2015

A Segregação está relacionada com as mudanças necessárias no comportamento dos pedestres devido à rodovia e à facilidade de acesso entre as margens. No caso de rodovias, é comumente identificada pela divisão da cidade em duas partes, quebrando a unidade entre vizinhanças. Assim, um projeto que cruze áreas urbanizadas pode resultar na separação entre comunidades em decorrência do corredor rodoviário, enquanto perfis tangenciais e periféricos podem facilitar a conexão entre comunidades devido ao trajeto viário em si – razão pela qual o cruzamento de centros urbanos é uma solução a ser evitada. A proximidade de polos

geradores de viagens - como escolas, por exemplo - relaciona-se inclusive com a quantidade e a gravidade dos acidentes viários, bem como na seleção e adoção dos modais de transporte e nos impactos na economia local.

O processo de favelização é frequente nas proximidades das rodovias. Essa é uma modificação do uso do solo de grande impacto. As favelas utilizam os acostamentos para várias atividades – comércio informal, recreação, estacionamento de veículos, dentre outras -, interferindo diretamente nas condições de tráfego e de segurança viária. (CYBIS, 2004, p.2)

Garantir que os entornos escolares disponham de estrutura urbana segura e orientada a modos ativos é a principal estratégia para restabelecer a mobilidade independente dos escolares. A independência de viagens vai se perdendo na medida em que o crescimento da motorização impõe maiores riscos tanto aos usuários ativos quanto aos passivos, especialmente nos entornos e locais de concentração de pessoas, onde há maior exposição (TORRES et al., 2017).

Os aspectos construtivos refletem as boas práticas no desenvolvimento de uma rodovia. Considerações que possam minimizar os problemas construtivos ainda durante a elaboração do projeto são decisivos na viabilização deste. Estão intimamente relacionados às características físicas do solo e do relevo atravessados pelo projeto, sendo possível prever, através de estudos preliminares, áreas suavizadas onde a aplicação do leito viário será facilitada, contra encostas recortadas, locais com problemas de drenagem e corpos hídricos, que podem resultar em complicadores.

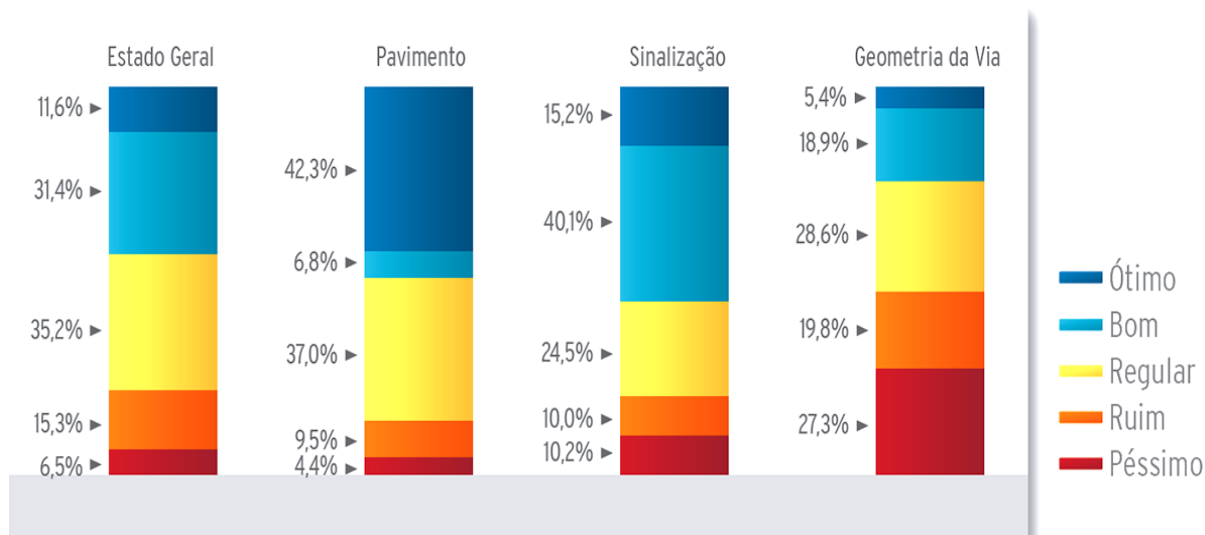
A necessidade ou não de obras de arte especiais afetam o orçamento, o cronograma, a mobilização de maquinário e a mão de obra envolvida na execução da obra. Pontes (que transpõem cursos d'águas), viadutos (que transpõem vias), túneis e sistemas de drenagem são complicadores por si só. Os volumes resultantes dos cortes e os necessários para os aterros decorrentes do traçado altimétrico, a distribuição dos maciços – incluindo as distâncias médias de transporte dos volumes de terra – e a necessidade, identificação e preparo de botas-foras e jazidas devem ser confrontadas entre si em conjunto com as definições no traçado decorrentes e implicantes dos mesmos.

Os impactos operacionais decorrem da relação da rodovia com o restante da malha viária. Uma nova via não deve causar transtornos ao transporte regional nem transformar-se em uma barreira aos deslocamentos, mas sim proporcionar melhores condições de tráfego e mobilidade, de forma ágil, segura e economicamente viável. O desempenho do motorista é influenciado pela geometria da via, pelos projetos de sinalização e pela existência de

conflitos. Alinhamentos horizontais e verticais implicam no conforto do usuário: enquanto um traçado sinuoso demanda esforço e habilidade, além de gerar estresse, trechos retilíneos e longos causam monotonia, fadiga, tédio e, conseqüentemente, perda da atenção. A combinação da visibilidade horizontal com a vertical, utilizada para determinação dos pontos de ultrapassagem permitida, pode resultar em falsos positivos ou falsos negativos (GARCÍA *et al.*, 2016), ou seja, limitar demais os pontos de ultrapassagem, prejudicando o tráfego, ou permitir ultrapassagem em trechos de visibilidade limitada, aumentando o risco de acidentes.

Quanto à constituição da via em si, a **Figura 6** resume as características observadas nas vias brasileiras. Destaca-se o baixo desempenho das características geométricas, devido à presença de trechos sem acostamento, curvas perigosas sem dispositivo de proteção, falhas de sinalização, fluxo além da capacidade e ausência de faixas exclusivas e pontos de ultrapassagem. “A concentração de trechos deficientes na maior parte das rodovias demanda grandes volumes de investimento, e a não intervenção de forma rápida e eficiente torna esse custo ainda maior ao longo dos anos” (CNT, SEST SENAT, 2018).

Figura 6 – Características das vias brasileiras



Fonte: CNT, SEST SENAT, 2018

2.3. CRITÉRIOS IDENTIFICADOS

Durante o levantamento bibliográfico, foram identificados diversos indicadores e critérios para avaliação de um projeto rodoviário. Eles foram então compilados em critérios distintos, apresentados sucintamente a seguir:

- **Indicador B/C (Relação Custos-Benefícios):** Indicador adimensional que relaciona os custos e benefícios de forma monetarizada.
- **Indicador TIR (Taxa Interna de Retorno):** Indicador percentual que indica o quanto de um investimento é recuperado a cada ano, indicando sua rentabilidade.
- **Indicador VPL (Valor Presente Líquido):** Indicador adimensional da medida do benefício líquido do investimento dentro do período de análise.
- **Indicador PRC (Período de Retorno de Capital):** Indicador do tempo, em anos, para um investimento retornar o capital investido na sua implantação.
- **Custo Total:** A soma de todos os custos financeiros decorrentes, expresso em moeda corrente, eventualmente cambiado para o dólar americano.
- **Acervo Técnico:** Experiência da equipe, computada pela apresentação das Anotações de Responsabilidade Técnica – ART dos membros da equipe envolvida, analisa de forma quantitativa e qualitativa a capacitação técnica da equipe ao desempenhar projetos similares.
- **Extensão:** Extensão total em quilômetros do trecho rodoviário a ser executado.
- **Tempo de Viagem:** Estimativa do tempo necessário para percorrer todo o trecho rodoviário em questão.
- **Redução do Tempo de Viagem:** Compara o tempo de viagem entre os destinos conectados pelo trecho rodoviário, com e sem a execução da obra prevista.
- **Número de Faixas:** Número de faixas de rodagem previstos para a pista do trecho rodoviário.
- **VDM (Volume Diário Médio):** Quantidade média de veículos que cruzam determinada seção viária; ou seja, o volume diário médio de veículos de passeio (carros padrões) trafegando pelo trecho
- **Número N:** É o número de repetições de eixo padrão durante o período de projeto; ou seja, a equivalência de passagens de um eixo simples de 8,2 tf passando sobre o trecho.
- **População Afetada:** Quantidade de pessoas que são afetadas, direta ou indiretamente, pela implantação do trecho rodoviário.
- **Crescimento Populacional Previsto:** A taxa de crescimento previsto para a população das áreas de influência direta e indireta do empreendimento.
- **PIB Local Quando da Implantação:** Soma de todos os bens e serviços finais produzidos na região impactada quando da implantação do empreendimento.

- **Crescimento do PIB:** Taxa prevista para o crescimento do PIB na área impactada durante a vida útil do empreendimento.
- **Custo do Tempo do Usuário:** Valor que relaciona a renda média dos usuários da via com o tempo de viagem, buscando determinar o quanto o tempo de viagem custa para a produtividade do usuário.
- **Custo de Terraplenagem:** Custo total das obras de terraplenagem do trecho rodoviário.
- **Custo de Pavimentação:** Custo total das obras de pavimentação do trecho rodoviário.
- **Custo de Obras de Arte Especiais:** Custo total das obras de arte especiais executadas ao longo do trecho rodoviário.
- **Custo de Drenagem:** Custo total das obras de drenagem do trecho rodoviário.
- **Custo de Desapropriações:** Custo total das desapropriações necessárias para a implantação do trecho rodoviário.
- **Vida Útil:** Expectativa em anos do período de funcionalidade da obra a ser executada.
- **Reciclagens e Reaproveitamentos:** Quantidades de materiais e recursos reaproveitados, com ou sem transformação, na execução do empreendimento.
- **Custo Operativo:** Dado em \$/km.pista, representa o custo específico unitário para que a via atenda aos parâmetros de qualidade estipulados.
- **Custo Operacional:** Investimentos para assegurar os padrões rodoviários de prestação de serviço. Correspondem às condições de tráfego e utilização incidentes sobre os usuários.
- **Custo de Transporte:** Custos para a realização da movimentação de produtos entre origem e destino ao longo da via, relacionando consumo de combustível, valores de pedágios e outras despesas com o veículo.
- **Redução no Custo de Transporte:** Redução proporcional no custo de transporte entre origem e destino decorrentes da implantação do empreendimento em questão.
- **Túneis:** necessidade e extensão total de túneis enquanto alternativa dentro da opção selecionada.
- **Corpos de Água Atravessados:** Quantidade de rios, arroios, canais e demais corpos de água que deverão ser cruzados no projeto na opção analisada.

- **Área Desmatada:** Extensão, em km², de mata que deverá ser removida para a execução do empreendimento.
- **Áreas de Preservação Afetadas:** Impacto necessário em áreas protegidas e de preservação, reservas ambientais e áreas vulneráveis, previstos pelo projeto da opção analisada.
- **Árvores imunes na Faixa de Domínio:** Quantidade de ocorrências de árvores imunes à poda presentes ao longo de toda a faixa de domínio do empreendimento.
- **Ruído:** Som gerado pelo tráfego decorrente da conclusão do empreendimento. Analisado tanto na sua intensidade, em decibéis, quanto na quantidade de pessoas expostas ao mesmo.
- **Qualidade do Ar:** Impacto na qualidade do ar da região decorrente do consumo de combustíveis fósseis pelos usuários do trecho rodoviário ao longo do percurso.
- **Intrusão Visual:** Interferências visuais decorrentes da rodovia executada: sinalização, letreiros, outdoors, etc. Deve ser analisado tanto em quantidade e densidade quanto no número de pessoas afetadas.
- **Segregação Urbana:** Mudanças necessárias no comportamento dos pedestres devido à dificuldade de acesso entre as margens da rodovia.
- **Desapropriações Residenciais Regulares:** Considerando quantidade, valor despendido e relação com a comunidade.
- **Desapropriações Residenciais Irregulares e de Baixa Renda:** Considerando quantidade, valor despendido e relação com a comunidade, com impactos agravados pelas relações socioeconômicas e culturais.
- **Desapropriações de Estabelecimentos:** Desapropriações de áreas produtivas, considerando ainda impactos na economia local.
- **Empregos Gerados:** Quantidade de empregos gerados com a realização do empreendimento, temporários ou permanentes, e de forma direta ou indireta.
- **Impacto na Agricultura:** Análise qualitativa do interesse da atividade econômica na realização do empreendimento.
- **Impacto na Indústria:** Análise qualitativa do interesse da atividade econômica na realização do empreendimento.
- **Impacto no Comércio:** Análise qualitativa do interesse da atividade econômica na realização do empreendimento.

- **Impacto no Turismo:** Análise qualitativa do interesse da atividade econômica na realização do empreendimento.
- **Impacto em Espaços Públicos:** Impacto em espaços de uso comum, geralmente ocupados para atividades recreativas, como parques, praças, quadras esportivas, etc.
- **Realocação de População Atingida:** Análise das perdas e ganhos para os atingidos.
- **Extensão em Área Urbana:** Distância a ser percorrida quando no trecho dentro de perímetros urbanos.
- **Centros Urbanos Conectados:** Quantidade de centros urbanos entre os quais a mobilidade é beneficiada pelo empreendimento.
- **Impactos na Renda Média Local:** Análise global dos benefícios para a economia local.
- **Valor da Terra:** Custo por área da região a ser ocupada pelo trecho viário.
- **Valorização da Terra:** Variação percentual no valor da terra no entorno do trecho viário quando da conclusão da obra.
- **Qualidade do Pavimento:** Conjuntos de soluções adotadas para a pavimentação do trecho viário, visando atingir a qualidade almejada.
- **Qualidade da Drenagem:** Conjuntos de soluções adotadas para a drenagem do trecho viário visando atingir a qualidade almejada.
- **Resistência a Derrapagem:** Ação do atrito garantido pela pavimentação e pela drenagem no trecho.
- **Vida Útil do Pavimento:** Expectativa de tempo antes da necessidade de obras de restauração no pavimento do trecho viário.
- **Custo de Recuperação do Pavimento:** Montante necessário para a reabilitação do pavimento dentro da expectativa de vida útil.
- **Interseções:** quantidade de interferências e conexões viárias no trecho em questão.
- **Obras de Arte Necessárias:** Necessidade e extensão total de obras de arte de engenharia necessárias para a realização da alternativa dentro da opção selecionada.
- **Extensão em Rampa Máxima:** Distância a ser percorrida dentro do trecho com a máxima declividade permitida para o mesmo.
- **Extensão em Raio Mínimo:** Distância a ser percorrida dentro do trecho em curvas com o menor raio permitido para o mesmo.

- **Tortuosidade:** Análise do quanto a quantidade de curvas e deflexões impacta na distância relativa entre o início e o fim do trecho, analisando em graus por km.
- **Comprimento Virtual:** Análise do quanto a presença de rampas em ambos os sentidos do trecho resulta em um aumento de consumo de carga por parte dos veículos.
- **Volume de Corte:** Quantidade, em m³, de solo a ser removido para a execução da obra viária.
- **Volume de Aterro:** Quantidade, em m³, de solo a ser alocado para a execução da obra viária.
- **Volumes Externos ao Leito:** Quantidade, em m³, de solo que deverão ser originários (no caso de jazidas) ou destinados (no caso de bota-foras) a áreas externas a da execução do trecho viário.
- **DMT:** Distância média de transporte entre os diferentes movimentos para a distribuição das obras de terraplenagem ao longo do trecho viário.
- **Nível de Serviço:** Qualidade a ser oferecida pelo trecho viário quando da conclusão do empreendimento.
- **Redução de Tráfego em Vias Concorrentes:** O quanto a via será atrativa ao tráfego, realocando o fluxo de outras alternativas viárias para si.
- **Capacidade Máxima Atingida:** Percentual do quanto a quantidade máxima de veículos que podem trafegar ao mesmo tempo pelo trecho viário é atingida, enquanto frequência, ciclos e duração.
- **Tempo de Congestionamento:** Tempo estimado de espera em congestionamentos quando em operação do trecho.
- **VDMc:** Volume diário médio de veículos comerciais (veículos de grande dimensão e carga, como ônibus e caminhões) trafegando pelo trecho; ou seja, a incidência de veículos pesados.
- **Iluminação:** Qualidade da iluminação instalada ao longo do trecho viário, afetando tanto a visibilidade quanto a segurança no mesmo.
- **Trechos de Ultrapassagem:** Extensão ao longo do trecho em que é permitida a ultrapassagem entre veículos.
- **Informação ao Usuário:** Quantidade e qualidade das informações e sinalizações fornecidas ao usuário ao longo de todo o trecho.

- **Risco de Acidentes:** Análise da segurança viária quanto a quantidade de acidentes no trecho viário.
- **Gravidade dos Acidentes:** Análise de segurança viária quanto a severidade dos acidentes no trecho viário.
- **Locais de Conflito Entre Modais:** Quantidade de pontos de conflito entre os diferentes modais de mobilidade, especialmente quanto aos mais vulneráveis (pedestres).
- **FEC (Fator Equivalência de Carga):** Ponderação do peso dos veículos que trafegam ao longo do trecho viário.

Uma avaliação envolvendo tais critérios deve levar em consideração sua grande quantidade e variedade. Ademais, apesar de todos serem considerados importantes para o bom desempenho de um projeto rodoviário, um sistema de avaliação englobando tal montante se tornaria por demais complexo. Torna-se necessário, assim, verificar quais desses apresentam uma importância, de fato, relevante. Assim, mostrou-se necessária a realização de uma análise quantitativa dos critérios identificados.

3. MÉTODO

A adoção de um grupo de especialistas para a avaliação de um problema baseia-se na validação da informação expressa por esses a respeito do tema em questão. Ao considerarmos como a informação que pode desempenhar um papel durante um processo de tomada de decisão, identificam-se três níveis, conforme seu aprofundamento:

- **Conhecimento:** afirmações confirmadas com base em evidências prévias.
- **Opinião:** crenças que não são suficientemente confirmadas ou carecem de conhecimento estabelecido.
- **Especulação:** afirmação com pouca ou nenhuma evidência.

Assim, quanto mais consolidada a informação acerca de uma decisão e dos critérios para a sua tomada, mais o seu processo tenderá à seleção do que é verdadeiro, real ou previsível. Contudo, a tomada de decisão em um processo analítico - em especial da magnitude daqueles referentes a obras de infraestrutura - envolve aspectos dos três tipos de informação supracitados, requerendo um julgamento de valores - que tendem a ser vagos, não consolidados. A **Figura 7** ilustra o impacto da informação na seleção daquilo que seria a verdade.

Figura 7 – Espectro da informação



Fonte: Dalkey, 1969 (tradução)

Desta forma, quanto maior o grau de conhecimento, maior a acuidade da informação. Obter um consenso da opinião de um grupo de especialistas sobre determinado tema valida,

assim, as informações coletadas. Dos métodos e técnicas de coleta de dados por meio da opinião de especialistas, o mais popular é o Delphi, que busca o mais confiável consenso por meio de uma série de questionamentos que confrontam as diferentes opiniões.

3.1. O MÉTODO DELPHI

O método Delphi é um instrumento de previsão qualitativa, usado para previsões empreendedoras em áreas estratégicas e administrativas. Nomeada pelo filósofo Abraham Kaplan, em homenagem ao oráculo dedicado ao deus Apolo na cidade grega de Delphos, a técnica foi desenvolvida, na década de 1950, por Olaf Helmer e Norman Dalkey na *Rand Corporation* (uma subsidiária da *Douglas Aircraft Company*), para projetos de defesa militar nos Estados Unidos, buscando obter um consenso entre as opiniões emitidas por um grupo formado por especialistas ou não (KAIRALLA, 1984). Para tal, adota três características básicas (LEMOS *apud* MARTINS, SOUZA, DE MELO, 2006):

- Anonimato entre os participantes, que não devem debater suas opiniões, visando reduzir a influência direta entre os membros e as interferências nas escolhas. O anonimato significa que não há comunicação direta entre os participantes durante o preenchimento do questionário;
- *Feedback* controlado, reduzindo o ruído grupal, fornecendo apenas o referente às metas e evitando desvios do ponto central estudado. A cada rodada, os participantes têm contato com as respostas dos demais, permitindo uma reflexão e até mudanças de opiniões caso concordem com as dos demais;
- Respostas estatísticas do grupo, evitando uma dispersão significativa das respostas individuais e obtendo um produto final que seja o ponto de vista majoritário. O tratamento estatístico avalia a opinião de cada participante, obtendo projeções quantitativas dos resultados.

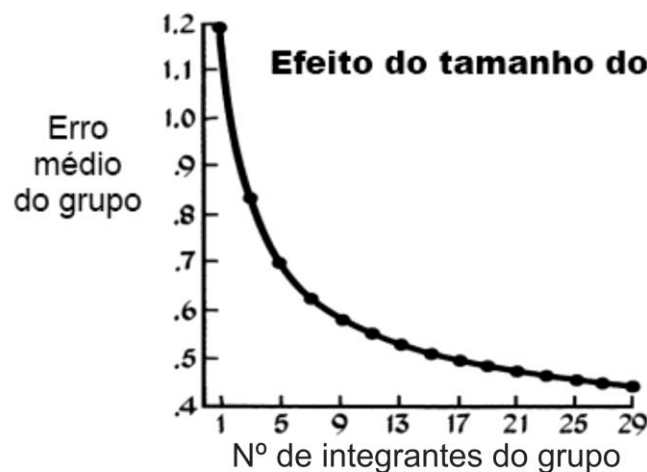
O método sofreu poucas alterações ao longo do tempo, sendo essencialmente o mesmo: a consulta é feita através de um questionário, elaborado pelo pesquisador, em rodadas sucessivas - em geral duas ou três - permitindo aos participantes reverem sua posição com base nos resultados gerais do grupo, favorecendo a convergência. Na elaboração do

questionário são adotadas diversas escalas, de acordo com os objetivos do estudo. O questionário deve ainda incluir algumas instruções e diretrizes da aplicação.

Os participantes então respondem aos itens, e após uma análise estatística dos resultados, a mesma é empregada para a preparação da rodada seguinte. Assim, a informação residual remanescente no grupo após a primeira rodada é expressa, e através da interação do processo, a estimativa geral do grupo é aprimorada, devido a uma nova reflexão sobre o tema questionado.

A precisão do resultado é dependente do tamanho do grupo trabalhado. A **Figura 8** apresenta o comportamento logarítmico da dependência entre o tamanho do grupo e o coeficiente de variação (CV) que analisa a dispersão dos dados em relação a sua média, expressando a variabilidade dos dados na forma de uma grandeza relativa. Observa-se uma estabilização assintótica a partir de 29 participantes. A curva apresenta o erro médio dos grupos quanto às respostas individuais. Torna-se interessante o uso sistemático da opinião de especialistas do objeto de estudo, especialmente em grupos com 10 ou mais participantes.

Figura 8 – Efeito do tamanho do grupo no erro

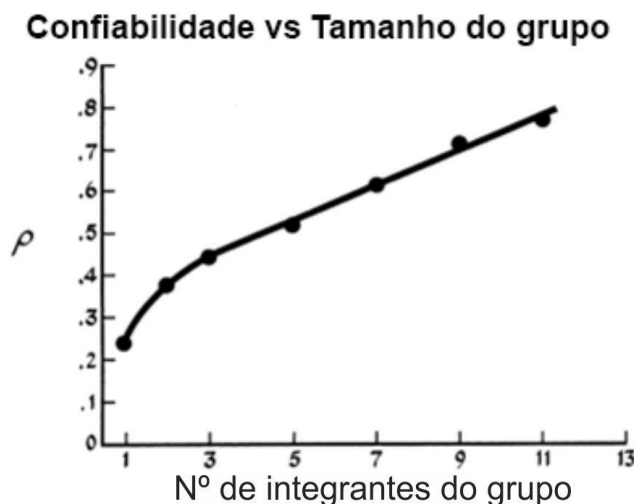


Fonte: Dalkey, 1969 (tradução)

O tamanho do grupo ou amostra também afeta a confiabilidade da pesquisa. Apesar de que especialistas com aparente equivalência de credenciais - ou seja, igual nível de qualificação e proporcional conhecimento sobre o tema questionado - tenderam a divergir nas respostas para uma mesma questão, a adoção do grupo como um todo tende a obter uma resposta significativa única, conforme apresentado na **Figura 9**, que relaciona o tamanho do grupo com o coeficiente de correlação de postos de Spearman, ou *rô de Spearman* (ρ), em que

um coeficiente de +1 indica uma relação perfeita entre as variáveis relacionadas. Nessa relação, grupos com três ou menos participantes resultam em uma redução abrupta na confiabilidade do resultado, enquanto grupos acima de cinco participantes ou mais indicam uma confiabilidade de 50% no resultado.

Figura 9 – Efeito do tamanho do grupo na confiabilidade



Fonte: Dalkey, 1969 (tradução)

Assim, o Delphi é um processo estruturado de comunicação coletiva indireta para a resolução de um problema. Dentre as principais vantagens do método pode-se destacar: (I) a reflexão individual e coletiva sobre o tema, sem o risco do predomínio de algumas opiniões sobre o grupo devido a fatores externos, (II) a integração e sinergia de ideias entre agentes significativos quanto ao tema, (III) a agregação de conhecimento graças às respostas, à reflexão necessária e ao próprio processo em si. Dentre as desvantagens, destacam-se: (I) conhecimento aprofundado sobre o tema para a elaboração do próprio questionário, (II) a necessidade de reflexão e concentração por parte dos participantes, cuja participação é voluntária, (III) o tempo necessário tanto para as respostas quanto para o preparo de cada rodada, que pode resultar em desistências, resultando em um retorno médio de 50% das respostas (CARDOSO *et al.*, 2005).

3.2. QUESTIONÁRIO

Os critérios identificados na literatura foram estruturados na forma de um questionário. Uma vez que os critérios já haviam sido previamente levantados, tendo sido

elaborada uma lista preliminar de itens a serem avaliados a partir de tal levantamento, foi montado um questionário fechado.

Como grupo de especialistas, adotou-se a participação de fiscais dos órgãos reguladores no âmbito rodoviário, contando com a participação de fiscais das autarquias relacionadas com o âmbito rodoviário, ou seja, do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem – DAER e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Na primeira rodada, solicitou-se que cada participante escolhesse, dentre os critérios listados, os dez que considerassem mais relevantes e ainda avaliassem a importância destes na seleção da alternativa determinada por um EVTEA. Para tal, adotou-se uma escala tipo Likert, de mensuração multi-item de relevância, conforme a **Tabela 1** abaixo, sendo atribuído aos critérios não selecionados na primeira etapa o conceito de pouca relevância (peso zero).

Tabela 1 – Escala de relevância dos critérios selecionados

| Relevância | Pouca | Pequena | Moderada | Forte | Muito Forte | Determinante |
|-------------------|-------|---------|----------|-------|-------------|--------------|
| Peso | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Sendo atribuído peso zero para os critérios que não fossem selecionados, a escala tipo Likert adota um número efetivo de pontos fixos de escolha, apresentando a escala de cinco pontos um nível de confiabilidade adequado e ajusta-se a correspondentes com diferente nível de habilidade e tempo de resposta (DALMORO, M.; VIEIRA, K. M.; 2014).

A primeira rodada do questionário destinou-se a identificar os critérios mais relevantes dentre os listados a partir de uma análise bidimensional, que considera a repetição da seleção do mesmo e o peso a ele atribuído. Os critérios foram então avaliados conforme sua mediana, atribuindo o respectivo descritivo conforme a escala de relevância. Na segunda etapa, foram mantidos os critérios que obtiveram no mínimo um resultado médio de 1, resultando em um mínimo de relevância a ser considerada. Estes foram então apresentados junto de sua avaliação (o descritivo da relevância obtida, estimado a partir da mediana obtida, conforme recomendado pelo método Delphi) e dados estatísticos (mediana, média e desvio padrão). Para as análises, foram considerados ainda dois parâmetros: relevância (o percentual de pontuação obtida em relação ao máximo possível) e relevância relativa (o percentual de pontuação obtida em relação a todos os pontos computados).

4. APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Embora outros métodos de previsão qualitativa tenham sido considerados, o Método Delphi mostrou-se o melhor adaptado à gama de critérios identificados, beneficiado pela facilidade de aplicação do questionário e obtenção direta de resultados mensuráveis. No entanto, um dos reveses do método reside em seu processo iterativo, que necessita de disposição dos participantes e é responsável pela perda gradual de retornos a cada nova etapa.

Os participantes foram coletados de um grupo de especialistas levantado junto aos órgãos executivos de trânsito - DAER e DNIT, focando naqueles envolvidos diretamente com avaliação e seleção de projetos, que compõem um grupo seletivo e restrito de profissionais especializados, e tendo como exigência do método a possibilidade de dispor-se voluntariamente a participar do estudo.

Durante o período de outubro a novembro de 2018, foi estabelecido contato com os órgãos, inicialmente através das sedes de Porto Alegre (Rio Grande do Sul), mas também obtendo contato com agentes de diversos estados, incluindo São Paulo e o Distrito Federal. Em uma estimativa inicial, visou-se a participação de 10 profissionais de cada órgão, focando especialmente naqueles envolvidos com a avaliação e seleção de projetos, num total de 20 participações, buscando obter valores de CV abaixo de 0,5 e de ρ no limite de +0,8. Contudo, os retornos obtidos foram abaixo do esperado – algo previsto dentro do próprio método.

No estudo em questão, tal quantidade reduzida nos retornos deve-se a uma dificuldade inerente de um processo que requer participação voluntária, ainda mais lidando com profissionais de alta atribuição e qualificação, atuantes em instituições públicas e estatais. Conseguiu-se a participação de apenas um profissional do DAER e de sete do DNIT – incluindo analistas de unidades do interior do estado do Rio Grande do Sul, profissionais das sedes de outros estados brasileiros e até de atuação a nível federal - destacando a participação de agentes envolvidos diretamente responsáveis pelos EVTEAs referentes à sua competência. Totalizaram-se, assim, oito especialistas, obtendo CV de 0,6 e ρ de +0,6. O questionário da primeira etapa encontra-se na Figura 10.

Figura

Figura 10 – Questionário da primeira etapa

| Questionário de Critérios de Seleção para Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) | | | | | |
|---|---|---|-----------|--------------------------|------------------|
| Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEAs) são cruciais para seleção de projetos de infraestrutura, e indispensáveis para a criação de projetos rodoviários. Aspectos econômicos, ambientais, construtivos, operacionais e de segurança incluem uma gama de diferentes características consideradas relevantes, seja pelo Estado da Arte, seja pelo Estado da Prática, para indicar a qualidade, a eficiência e os diversos custos, monetários ou não, envolvidos com a implantação de uma obra viária. | | | | | |
| Neste questionário são apresentados 80 critérios e avaliações considerados necessários para a boa execução de um EVTEA e para a seleção de qual a melhor alternativa a ser implantada, tendo como proposta que, com a participação de especialistas da área, seja possível determinar quais os mais relevantes e o seu peso na seleção de uma alternativa viária. O questionário será em 2 etapas - a segunda estruturada com base nas respostas coletadas na primeira. | | | | | |
| IDENTIFICAÇÃO: Eu _____ | | _____ aceito colaborar com a referida pesquisa e autorizo o uso dos dados deste questionário. | | Email para contato _____ | |
| Instruções: Nas células abaixo, acrescente o número referente a cada indicador que considerar mais relevante na avaliação de um EVTEA dentre os 80 listados, selecionando um total de 10. Após adicioná-los, eles constarão nas lacunas em branco. Avalie então os indicadores selecionados quanto a sua real relevância, em uma escala de 1 (pequena importância) a 5 (importância determinante). | | | | | |
| Indicadores selecionados | | | | | |
| Indicador | Selecione um dos critérios abaixo e avalie sua importância na seleção da alternativa determinada por um Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental. | | | | |
| | Pequena (1) | Moderada (2) | Forte (3) | Muito Forte (4) | Determinante (5) |
| A. | | | | | |
| B. | | | | | |
| C. | | | | | |
| D. | | | | | |
| E. | | | | | |
| F. | | | | | |
| G. | | | | | |
| H. | | | | | |
| I. | | | | | |
| J. | | | | | |
| Número do Critério | | | | | |
| 1 | Indicador B/C (Relação Custos-Benefícios) | Indicador adimensional que relaciona os custos e benefícios de forma monetarizada. | | | |
| 2 | Indicador TIR (Taxa Interna de Retorno) | Indicador percentual que indica o quanto de um investimento é recuperado a cada ano, indicando sua rentabilidade. | | | |
| 3 | Indicador VPL (Valor Presente Líquido) | Indicador adimensional da medida do benefício líquido do investimento dentro do período de análise. | | | |
| 4 | Indicador PRC (Período de Retorno de Capital) | Indicador em anos do tempo para um investimento retornar o capital investido na sua implantação. | | | |
| 5 | Custo Total | A soma de todos os custos financeiros decorrentes, expresso em moeda corrente, eventualmente cambiado para o dólar americano. | | | |
| 6 | Acervo Técnico | Experiência da equipe, computada pela apresentação das ARTs dos membros da equipe envolvida, analisa de forma quantitativa e qualitativa a capacitação técnica da equipe ao desempenhar projetos similares. | | | |
| 7 | Extensão | Extensão total em quilômetros do trecho rodoviário a ser executado. | | | |
| 8 | Tempo de Viagem | estimativa do tempo necessário para percorrer todo o trecho rodoviário em questão. | | | |
| 9 | Redução do Tempo de Viagem | compara o tempo de viagem entre os destinos conectados pelo trecho rodoviário, com e sem a execução da obra prevista. | | | |
| 10 | Número de Pistas | número de faixas de rodagem previstos para o trecho rodoviário. | | | |
| 11 | VDM (Volume Diário Médio) | quantidade média de veículos que cruzam determinada seção viária. | | | |
| 12 | Número N | é o número de repetições de eixo padrão durante o período de projeto, ou seja, a equivalência de passagens de um eixo simples de 8,2 tf passando sobre o trecho. | | | |
| 13 | População Afetada | quantidade de pessoas que afetadas direta ou indiretamente pela implantação do trecho rodoviário. | | | |
| 14 | Crescimento Populacional Previsto | a taxa de crescimento previsto para a população das áreas de influência direta e indireta do empreendimento. | | | |
| 15 | PIB Local Quando da Implantação | soma de todos os bens e serviços finais produzidos na região impactada quando da implantação do empreendimento. | | | |
| 16 | Crescimento do PIB | taxa prevista para o crescimento do PIB na área impactada durante a vida útil do empreendimento. | | | |
| 17 | Custo do Tempo do Usuário | valor que relaciona a renda média dos usuários da via com o tempo de viagem, buscando determinar o quanto o tempo de viagem custa para a produtividade do usuário. | | | |
| 18 | Custo de Terraplenagem | custo total das obras de terraplenagem do trecho rodoviário. | | | |
| 19 | Custo de Pavimentação | custo total das obras de pavimentação do trecho rodoviário. | | | |
| 20 | Custo de Obras de Arte Especiais | custo total das obras de arte especiais executadas ao longo do trecho rodoviário. | | | |
| 21 | Custo de Drenagem | custo total das obras de drenagem do trecho rodoviário. | | | |
| 22 | Custo de Desapropriações | custo total das desapropriações necessárias para a implantação do trecho rodoviário. | | | |
| 23 | Vida Útil | expectativa em anos do período de funcionalidade da obra a ser executada. | | | |
| 24 | Reciclagens e Reaproveitamentos | quantidades de materiais e recursos reaproveitados, com ou sem transformação, na execução do empreendimento. | | | |
| 25 | Custo Operativo | Dado em \$/km.pista, representa o custo específico unitário para que a via atenda aos parâmetros de qualidade estipulados. | | | |
| 26 | Custo Operacional | investimentos para assegurar os padrões rodoviários de prestação de serviço. Correspondem às condições de tráfego e utilização incidentes sobre os usuários. | | | |
| 27 | Custo de Transporte | custos para a realização da movimentação de produtos entre origem e destino ao longo da via, relacionando consumo de combustível, valores de pedágios e outras despesas com o veículo. | | | |
| 28 | Redução no Custo de Transporte | redução proporcional no custo de transporte entre origem e destino decorrentes da implantação do empreendimento em questão. | | | |
| 29 | Túneis | necessidade e extensão total de túneis enquanto alternativa dentro da opção selecionada. | | | |
| 30 | Corpos de Água Atravessados | quantidade de rios, arroios, canais e demais corpos de água que deverão ser cruzados no projeto na opção analisada. | | | |
| 31 | Área Desmatada | extensão em km ² de mata que deverá ser removida para a execução do empreendimento. | | | |
| 32 | Áreas de Preservação Afetadas | impacto necessário em áreas protegidas e de preservação, reservas ambientais e áreas vulneráveis, previstos pelo projeto da opção analisada. | | | |
| 33 | Árvores imunes na Faixa de Domínio | quantidade de ocorrências de árvores imunes à poda presentes ao longo de toda a faixa de domínio do empreendimento. | | | |
| 34 | Ruído | som gerado pelo tráfego decorrente da conclusão do empreendimento. Analisado quanto na sua intensidade em decibéis quanto na quantidade de pessoas expostas ao mesmo. | | | |
| 35 | Qualidade do Ar | impacto na qualidade do ar da região decorrente do consumo de combustíveis fósseis pelos usuários do trecho rodoviário ao longo do percurso. | | | |
| 36 | Intrusão Visual | interferências visuais decorrentes da rodovia executada: sinalização, letreiros, out-doors, etc. Deve ser analisado tanto em quantidade e densidade quanto no número de pessoas afetada. | | | |
| 37 | Segregação Urbana | mudanças necessárias no comportamento dos pedestres devido a dificuldade de acesso entre as margens da rodovia. | | | |
| 38 | Desapropriações Residenciais Regulares | considerando quantidade, valor despendido e relação com a comunidade. | | | |
| 39 | Desapropriações Residenciais Irregulares e de Baixa Renda | considerando quantidade, valor despendido e relação com a comunidade, com impactos agravados pelas relações sócio-econômica-culturais. | | | |
| 40 | Desapropriações de Estabelecimentos: | desapropriações de áreas produtivas, considerando ainda impactos na economia local. | | | |
| 41 | Empregos Gerados | quantidade de empregos gerados com a realização do empreendimento, temporários ou permanentes e de forma direta ou indireta. | | | |
| 42 | Impacto na Agricultura | análise qualitativa do interesse da atividade econômica na realização do empreendimento. | | | |
| 43 | Impacto na Indústria | análise qualitativa do interesse da atividade econômica na realização do empreendimento. | | | |
| 44 | Impacto no Comércio | análise qualitativa do interesse da atividade econômica na realização do empreendimento. | | | |
| 45 | Impacto no Turismo | análise qualitativa do interesse da atividade econômica na realização do empreendimento. | | | |
| 46 | Impacto em Espaços Públicas | impacto em espaços de uso comum, em geral ocupados para atividades recreativas, como parques, praças, quadras esportivas, etc. | | | |
| 47 | Realocação de População Atingida | análise das perdas e ganhos para os atingidos. | | | |
| 48 | Extensão em Área Urbana | distância a ser percorrida quando no trecho dentro de perímetros urbanos. | | | |
| 49 | Centros Urbanos Conectados | quantidade de centros urbanos entre os quais a mobilidade é beneficiada pelo empreendimento. | | | |
| 50 | Impactos na Renda Média Local | análise global dos benefícios para a economia local. | | | |
| 51 | Valor da Terra | custo por área da região a ser ocupada pelo trecho viário. | | | |
| 52 | Valorização da Terra | variação percentual no Valor da terra no entorno do trecho viário quando da conclusão da obra. | | | |
| 53 | Qualidade do Pavimento | conjuntos de soluções adotadas para a pavimentação do trecho viário visando atingir a qualidade almejada. | | | |
| 54 | Qualidade da Drenagem | conjuntos de soluções adotadas para a drenagem do trecho viário visando atingir a qualidade almejada. | | | |
| 55 | Resistência a Derrapagem | ação do atrito garantido pela pavimentação e pela drenagem no trecho. | | | |
| 56 | Vida Útil do Pavimento | expectativa de tempo antes da necessidade de obras de restauração no pavimento do trecho viário. | | | |
| 57 | Custo de Recuperação do Pavimento | montante necessário para a reabilitação do pavimento dentro da expectativa de vida útil. | | | |
| 58 | Interseções | quantidade de interferências e conexões viárias no trecho em questão. | | | |
| 59 | Obras de Arte Necessárias | necessidade e extensão total de obras de arte de engenharia necessárias para a realização da alternativa dentro da opção selecionada. | | | |
| 60 | Extensão em Rampa Máxima | distância a ser percorrida dentro do trecho com a máxima declividade permitida para o mesmo. | | | |
| 61 | Extensão em Raio Mínimo | distância a ser percorrida dentro do trecho em curvas com o menor raio permitido para o mesmo. | | | |
| 62 | Tortuosidade | análise do quanto a quantidade de curvas e deflexões impacta na distância relativa entre o início e o fim do trecho, analisando em graus por km. | | | |
| 63 | Comprimento Virtual | análise do quanto a presença de rampas em ambos os sentidos do trecho resulta em um aumento de consumo de carga por parte dos veículos. | | | |
| 64 | Volume de Corte | quantidade em m ³ de solo a ser removido para a execução da obra viária. | | | |
| 65 | Volume de Aterro | quantidade em m ³ de solo a ser alocado para a execução da obra viária. | | | |
| 66 | Volumes Externos ao Leito | quantidade em m ³ de solo que deverão ser originários (no caso de jazidas) ou destinados (no caso de bota-foras) a áreas externas a da execução do trecho viário. | | | |
| 67 | DMT | distância média de transporte entre os diferentes movimentos para a distribuição das obras de terraplenagem ao longo do trecho viário. | | | |
| 68 | Nível de Serviço | qualidade a ser oferecida pelo trecho viário quando da conclusão do empreendimento. | | | |
| 69 | Redução de Tráfego em Vias Concorrentes | o quanto a via será atrativa ao tráfego, realocando o fluxo de outras alternativas viárias para si. | | | |
| 70 | Capacidade Máxima Atingida | Percentual do quanto a quantidade máxima de veículos que podem trafegar ao mesmo tempo pelo trecho viário é atingida, enquanto frequência, ciclos e duração. | | | |
| 71 | Tempo de Congestionamento | tempo estimado de espera em congestionamentos quando em operação do trecho. | | | |
| 72 | VDM | volume diário médio de veículos de passeio (carros padrões) trafegando pelo trecho, ou seja, a incidências de veículos pesados. | | | |
| 73 | VDMc | volume diário médio de veículos comerciais (veículos de grande dimensão e carga, como ônibus e caminhões) trafegando pelo trecho. | | | |
| 74 | Iluminação | qualidade da iluminação instalada ao longo do trecho viário, afetando tanto a visibilidade quanto a segurança no mesmo. | | | |
| 75 | Trechos de Ultrapassagem | extensão ao longo do trecho em que é permitida a ultrapassagem entre veículos. | | | |
| 76 | Informação ao Usuário | quantidade e qualidade das informações e sinalizações fornecidas ao usuário ao longo de todo o trecho. | | | |
| 77 | Risco de Acidentes | análise da segurança viária quanto a quantidade de acidentes no trecho viário. | | | |
| 78 | Gravidade dos Acidentes | análise de segurança viária quanto a severidade dos acidentes no trecho viário. | | | |
| 79 | Locais de Conflito Entre Modais | quantidade de pontos de conflito entre os diferentes modais de mobilidade, especialmente quanto aos mais vulneráveis (pedestres). | | | |
| 80 | FEC (Fator Equivalência de Carga) | ponderação do peso dos veículos que trafegam ao longo do trecho viário. | | | |
| 81 | _____ Espaço para Acréscimo de Critério | _____ Utilize este espaço caso queira acrescentar algum critério não listado que considere imprescindível | | | |

É válido destacar o retorno positivo e engajado obtido de muitos dos participantes, que salientaram a importância do estudo em si e demonstraram interesse pelos resultados a serem obtidos com o estudo em questão, como ilustra o comentário recebido de um dos participantes do estudo:

[Aqui] no DNIT bem como no âmbito de todo o Ministério de Infraestrutura a metodologia para priorização de empreendimentos se tornou um tema relevante. Neste contexto, a existência de uma carteira de estudos de viabilidade é premente para o planejamento. (...) É um tema complexo, ainda em discussão nesta casa. Mas só de termos um rol de estudos consideráveis para propor a priorização dos mais relevantes já é um avanço. (SILVA, 2019)

Na elaboração do questionário da primeira etapa, observou-se um erro quanto a um dos indicadores, que foi incluso duas vezes na listagem. Contudo, não houve inclusão redundante do mesmo ou conflito nos resultados, sendo que tal falha não inviabilizou nem os resultados do mesmo nem as possíveis análises. Com a conclusão da primeira etapa, foram obtidos os resultados apresentados na **Tabela 2**, sendo que apenas 35 dos critérios apresentados foram citados. O critério “número de acidentes” não constava no levantamento inicial, sendo indicado por um dos participantes.

Tabela 2 – Resultados da 1ª Etapa do Questionário.

| | | Mediana | Média | Desvio | Avaliação | Relevância |
|----|--|---------|-------|--------|------------------------|------------|
| 1 | Redução no Custo de Transporte | 4 | 3,375 | 2,133 | Relevância Muito Forte | 67,50% |
| 2 | Redução do Tempo de Viagem | 3,5 | 3,125 | 2,100 | Relevância Forte | 62,50% |
| 3 | Indicador B/C (Relação Custos-Benefícios) | 3,5 | 3,000 | 2,000 | Relevância Forte | 60,00% |
| 4 | VDM (Volume Diário Médio) | 3,5 | 2,875 | 1,885 | Relevância Forte | 57,50% |
| 5 | População Afetada | 3 | 2,250 | 1,908 | Relevância Forte | 45,00% |
| 6 | Nível de Serviço | 1,5 | 2,125 | 2,356 | Relevância Pequena | 42,50% |
| 7 | Indicador TIR (Taxa Interna de Retorno) | 1 | 1,625 | 1,922 | Relevância Pequena | 32,50% |
| 8 | Custo do Tempo do Usuário | 0 | 1,375 | 1,922 | Pouca Relevância | 27,50% |
| 9 | Áreas de Preservação Afetadas | 0 | 1,250 | 1,908 | Pouca Relevância | 25,00% |
| 10 | Risco de Acidentes | 0 | 1,250 | 1,752 | Pouca Relevância | 25,00% |
| 11 | Custo Total | 0 | 1,125 | 1,642 | Pouca Relevância | 22,50% |
| 12 | Número N | 0 | 1,125 | 2,100 | Pouca | 22,50% |

| | | Mediana | Média | Desvio | Avaliação | Relevância |
|----|--|----------------|--------------|---------------|------------------|-------------------|
| | | | | | Relevância | |
| 13 | Indicador PRC (Período de Retorno de Capital) | 0 | 1,000 | 1,851 | Pouca Relevância | 20,00% |
| 14 | VDMc | 0 | 1,000 | 1,511 | Pouca Relevância | 20,00% |
| 15 | PIB Local Quando da Implantação | 0 | 0,625 | 1,188 | Pouca Relevância | 14,29% |
| 16 | Custo de Transporte | 0 | 0,625 | 1,768 | Pouca Relevância | 14,29% |
| 17 | Empregos Gerados | 0 | 0,625 | 1,768 | Pouca Relevância | 14,29% |
| 18 | Locais de Conflito Entre Modais | 0 | 0,625 | 1,188 | Pouca Relevância | 14,29% |
| 19 | Crescimento do PIB | 0 | 0,500 | 1,414 | Pouca Relevância | 11,43% |
| 20 | Túneis | 0 | 0,500 | 1,414 | Pouca Relevância | 11,43% |
| 21 | Corpos de Água Atravessados | 0 | 0,500 | 1,414 | Pouca Relevância | 11,43% |
| 22 | Impactos na Renda Média Local | 0 | 0,500 | 1,069 | Pouca Relevância | 11,43% |
| 23 | Interseções | 0 | 0,500 | 1,414 | Pouca Relevância | 11,43% |
| 24 | Trechos de Ultrapassagem | 0 | 0,500 | 1,414 | Pouca Relevância | 11,43% |
| 25 | Gravidade dos Acidentes | 0 | 0,500 | 1,414 | Pouca Relevância | 11,43% |
| 26 | Extensão | 0 | 0,375 | 1,061 | Pouca Relevância | 8,57% |
| 27 | Crescimento Populacional Previsto | 0 | 0,375 | 1,061 | Pouca Relevância | 8,57% |
| 28 | Custo de Pavimentação | 0 | 0,375 | 1,061 | Pouca Relevância | 8,57% |
| 29 | Custo de Obras de Arte Especiais | 0 | 0,375 | 1,061 | Pouca Relevância | 8,57% |
| 30 | Vida Útil | 0 | 0,375 | 1,061 | Pouca Relevância | 8,57% |
| 31 | Área Desmatada | 0 | 0,375 | 1,061 | Pouca Relevância | 8,57% |
| 32 | Centros Urbanos Conectados | 0 | 0,375 | 1,061 | Pouca Relevância | 8,57% |
| 33 | Número de Acidentes (não listado) | 0 | 0,375 | 1,061 | Pouca Relevância | 8,57% |
| 34 | Custo de Desapropriações | 0 | 0,250 | 0,707 | Pouca Relevância | 5,71% |
| 35 | Valorização da Terra | 0 | 0,250 | 0,707 | Pouca Relevância | 5,71% |

Observa-se a presença de três indicadores consagrados (B/C, TIR e PRC), mas não do VPL. Há também uma presença de vários critérios relacionados aos custos, tanto da obra quanto decorrente das melhorias provenientes da mesma, inclusive do tempo de viagem. Referenciais técnicos de tráfego (VDM, VDMc e Número N) também estão presentes.

Na segunda etapa, cujo questionário está na Figura 11, os critérios da primeira etapa foram novamente apresentados aos participantes. Adotou-se como delimitação que o critério em questão tivesse obtido uma avaliação média de 1,000 ou superior, indicando uma representatividade mínima de relevância. Houve então retorno de cinco respostas – aceitável dentro da perda esperada de 50% por rodada prevista no método – atingindo CV de 0,7 e ρ de +0,5. O coeficiente de 70% na variação dos resultados, apesar de acima do almejado, não chega a invalidar os resultados, enquanto que o ρ de +0,5 indicam uma aleatoriedade média nos resultados, ainda dentro da amplitude interquartil (ou seja: dentro do intervalo mediano central). Os resultados obtidos na segunda rodada estão apresentados na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Resultados da 2ª Etapa do Questionário.

| | Mediana | Média | Desvio | Avaliação | Relevância |
|--|---------|-------|--------|-------------------------|------------|
| Redução no Custo de Transporte | 5 | 4,200 | 1,095 | Relevância Determinante | 84,0% |
| Indicador B/C (Relação Custos-Benefícios) | 4 | 4,000 | 1,000 | Relevância Muito Forte | 80,0% |
| População Afetada | 3 | 3,400 | 1,140 | Relevância Forte | 68,0% |
| Redução do Tempo de Viagem | 3 | 3,000 | 1,225 | Relevância Forte | 60,0% |
| Custo Total | 3 | 2,400 | 0,894 | Relevância Forte | 48,0% |
| Indicador TIR (Taxa Interna de Retorno) | 2 | 2,800 | 1,304 | Relevância Moderada | 56,0% |
| VDM (Volume Diário Médio) | 2 | 2,600 | 1,517 | Relevância Moderada | 52,0% |
| Áreas de Preservação Afetadas | 2 | 2,400 | 0,548 | Relevância Moderada | 48,0% |
| VDMc | 2 | 2,200 | 0,837 | Relevância Moderada | 44,0% |
| Nível de Serviço | 2 | 2,200 | 0,837 | Relevância Moderada | 44,0% |
| Custo do Tempo do Usuário | 2 | 2,200 | 0,447 | Relevância Moderada | 44,0% |
| Risco de Acidentes | 2 | 1,800 | 0,837 | Relevância Moderada | 36,0% |
| Indicador PRC (Período de Retorno de Capital) | 1 | 2,000 | 1,732 | Relevância Pequena | 40,0% |
| Número N | 1 | 1,600 | 0,894 | Relevância Pequena | 32,0% |

Figura 11 – Questionário da segunda etapa

| Questionário de Critérios de Seleção para Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) - 2ª Etapa | | | | | | | |
|--|------------|--|---------|-------|--------|---|------------|
| Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEAs) são cruciais para seleção de projetos de infraestrutura, e indispensáveis para a criação de projetos rodoviários. Aspectos econômicos, ambientais, construtivos, operacionais e de segurança incluem uma gama de diferentes características consideradas relevantes, seja pelo Estado da Arte, seja pelo Estado da Prática, para indicar a qualidade, a eficiência e os diversos custos, monetários ou não, envolvidos com a implantação de uma obra viária. Nesta segunda etapa, foram selecionados apenas os critérios que obtiveram uma pontuação média igual ou superior a 1 (Pequena Importância), totalizando 14 critérios. Nesta etapa, os resultados anteriores são apresentados e uma nova avaliação é solicitada. | | | | | | | |
| IDENTIFICAÇÃO: Eu, <input type="text"/> | | aceito colaborar com a referida pesquisa e autorizo o uso dos dados deste questionário. | | | | Email para contato <input type="text"/> | |
| Instruções: Nas células abaixo, avalie os indicadores selecionados quanto a sua importância na seleção da alternativa determinada por um Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental, em uma escala de 1 (pequena importância) a 5 (importância determinante). | | | | | | | |
| Indicadores selecionados | | | | | | | |
| | Relevância | Descrição | Mediana | Média | Desvio | Avaliação | Relevância |
| Redução no Custo de Transporte | | redução proporcional no custo de transporte entre origem e destino decorrentes da implantação do empreendimento em questão. | 4 | 3,38 | 2,13 | Relevância Muito Forte | 67,5% |
| Redução do Tempo de Viagem | | compara o tempo de viagem entre os destinos conectados pelo trecho rodoviário, com e sem a execução da obra prevista. | 3,5 | 3,13 | 2,10 | Relevância Forte | 62,5% |
| Indicador B/C (Relação Custos-Benefícios) | | Indicador adimensional que relaciona os custos e benefícios de forma monetarizada. | 3,5 | 3,00 | 2,00 | Relevância Forte | 60,0% |
| VDM (Volume Diário Médio) | | quantidade média de veículos que cruzam determinada seção viária. | 3,5 | 2,88 | 1,89 | Relevância Forte | 57,5% |
| População Afetada | | quantidade de pessoas que afetadas direta ou indiretamente pela implantação do trecho rodoviário. | 3 | 2,25 | 1,91 | Relevância Forte | 45,0% |
| Nível de Serviço | | qualidade a ser oferecida pelo trecho viário quando da conclusão do empreendimento. | 1,5 | 2,13 | 2,36 | Relevância Pequena | 42,5% |
| Indicador TIR (Taxa Interna de Retorno) | | Indicador percentual que indica o quanto de um investimento é recuperado a cada ano, indicando sua rentabilidade. | 1 | 1,63 | 1,92 | Relevância Pequena | 32,5% |
| Custo do Tempo do Usuário | | valor que relaciona a renda média dos usuários da via com o tempo de viagem, buscando determinar o quanto o tempo de viagem custa para a produtividade do usuário. | 0 | 1,38 | 1,92 | Pouca Relevância | 27,5% |
| Áreas de Preservação Afetadas | | impacto necessário em áreas protegidas e de preservação, reservas ambientais e áreas vulneráveis, previstos pelo projeto da opção analisada. | 0 | 1,25 | 1,91 | Pouca Relevância | 25,0% |
| Risco de Acidentes | | impacto necessário em áreas protegidas e de preservação, reservas ambientais e áreas vulneráveis, previstos pelo projeto da opção analisada. | 0 | 1,25 | 1,75 | Pouca Relevância | 25,0% |
| Custo Total | | A soma de todos os custos financeiros decorrentes, expresso em moeda corrente, eventualmente cambiado para o dólar americano. | 0 | 1,13 | 1,64 | Pouca Relevância | 22,5% |
| Número N | | A soma de todos os custos financeiros decorrentes, expresso em moeda corrente, eventualmente cambiado para o dólar americano. | 0 | 1,13 | 2,10 | Pouca Relevância | 22,5% |
| Indicador PRC (Período de Retorno de Capital) | | Indicador em anos do tempo para um investimento retornar o capital investido na sua implantação. | 0 | 1,00 | 1,85 | Pouca Relevância | 20,0% |
| VDMc | | volume diário médio de veículos comerciais (veículos de grande dimensão e carga, como ônibus e caminhões) trafegando pelo trecho. | 0 | 1,00 | 1,51 | Pouca Relevância | 20,0% |

Quanto aos resultados obtidos, observou-se que o índice de maior desempenho continuou sendo a redução no custo de transporte, que inclusive obteve mediana máxima e 84% do máximo da pontuação possível, indicando o quanto realmente é um critério determinante para a seleção de uma alternativa viária.

Dos resultados que na primeira etapa obtiveram relevância forte, apenas dois mantiveram-se como tal: o indicador B/C e a população afetada. O indicador B/C foi o único dos indicadores econômicos propostos pela CGPLAN para validação de EVTEA a obter uma relevância forte, com o indicador TIR obtendo ainda uma relevância acima de 50%.

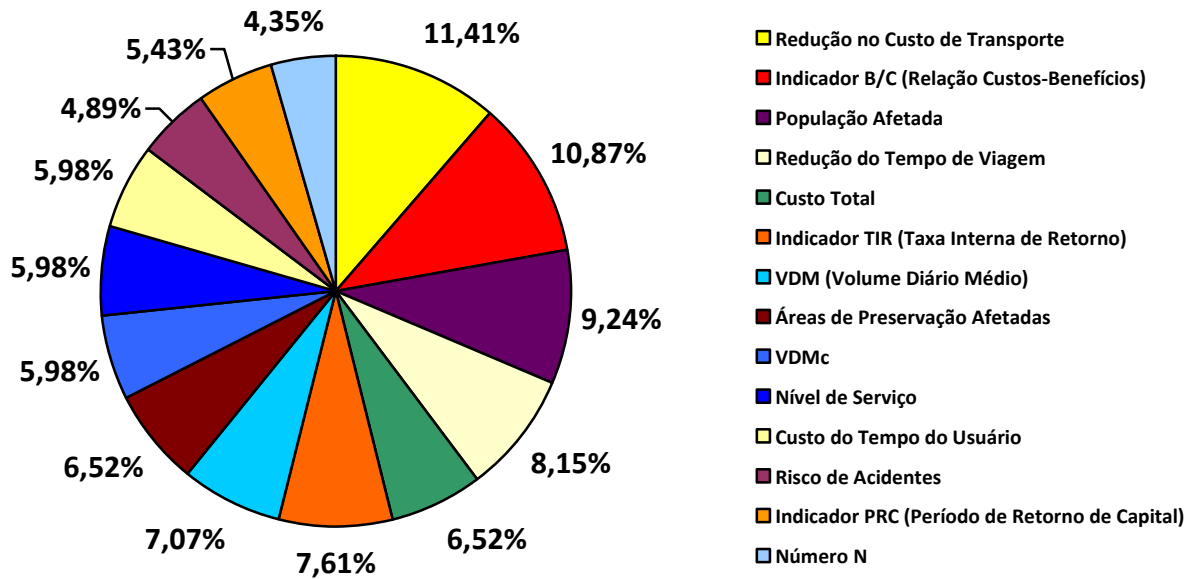
O VDM, inicialmente considerado forte, foi na segunda etapa classificado como moderado, ainda obtendo uma relevância superior a 50%. Tal flutuação apenas salienta a complexidade da análise e que há outros tantos critérios que devem ser levados em consideração.

Dentre os critérios que obtiveram relevância forte, a redução do tempo de viagem teve sua relevância aumentada na segunda etapa. Outros dois indicadores que tiveram sua relevância aumentada para o nível de forte foram a redução no tempo de viagem e o custo total.

Observa-se assim que os indicadores prioritários na seleção de um EVTEA são tanto de ordem técnica quanto econômica, com um forte enfoque nas melhorias advindas da obra viária. Apesar de tais melhorias terem suas preocupações centradas no usuário, também há uma preocupação significativa com a inserção da obra – e seus impactos tanto nas comunidades humanas quanto no meio ambiente.

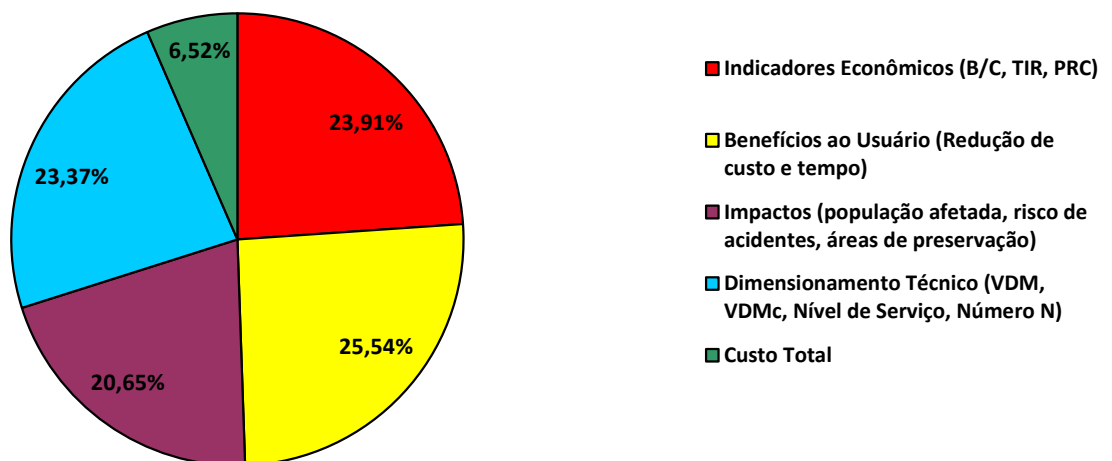
O gráfico da **Figura 12** apresenta as relevâncias relativas obtidas de cada critério, adotando uma relevância total de 100% neste caso – ou seja, desconsiderando aqueles critérios que não foram inseridos na segunda etapa. Observa-se que, como a classificação é feita com relação à mediana, acaba por haver certos deslocamentos na ordenação dos valores.

Figura 12 – Relevâncias relativas



Subdividindo os critérios em categorias quanto a sua natureza, podemos classificá-los como (I) indicadores econômicos, (II) benefícios ao usuário, (III) impactos e (IV) dimensionamento técnico. Manteve-se ainda (V) o custo total em separado por ser comumente o critério de definição, especialmente quanto de processos licitatórios. O gráfico da **Figura 13** retrata como cada categoria obteve aproximadamente o mesmo grau de relevância.

Figura 13 - Relevância por natureza



O custo total não obteve a maior relevância dentre os critérios – não atingindo sequer a classificação mais alta. Contudo, ainda é o critério determinante na seleção, sendo recorrentemente um impeditivo ou, pelo menos, um desestímulo ao refinamento dos benefícios decorrentes (TOURAN, 2009), reforçando a adoção de uma análise multicriterial para a avaliação e seleção de projetos.

Tal processo de análise deveria incluir pelo menos estudos a respeito de:

- Viabilidade econômica: a possibilidade de execução do projeto e disponibilidade de recursos, com base nos indicadores econômicos consagrados;
- Demanda: as necessidades da malha viária, com base nos aspectos técnicos de análise e medição de tráfego.
- Impactos ao usuário: as melhorias garantidas aos usuários diretos da via, tanto em custo financeiro quanto em custo de tempo.
- Impactos à comunidade: a análise macro dos resultados da implantação do empreendimento viário.
- Análise dos custos de fato para a execução da obra em si.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se analisar a metodologia para avaliação e seleção de alternativas viárias, deparou-se com uma vasta gama de critérios a serem analisados, seja por recomendação dos órgãos públicos de diferentes origens, seja por estudos de especialistas teóricos do tema, atestando a complexidade da consolidação de análises e mostrando-se evidente as dificuldades da obtenção de um consenso quanto aos critérios de avaliação. Mesmo assim, dentro dessa gama foram constatados certos paralelos, pontos em comum e concordâncias quanto àqueles que seriam de fato determinantes para o projeto.

Devido à própria natureza das obras públicas e da conjuntura econômica, é compreensível a adoção do custo como critério determinante de avaliação. Contudo, o custo - ainda mais em uma análise tão pontual - não deve ser o único parâmetro para a seleção e aprovação. A importância e o impacto decorrentes das obras de infraestrutura são muito mais complexos; são um legado oneroso, sim, mas com potencial para mudanças tanto pontuais em sua própria localização quanto em vários aspectos da estrutura sócio-política-econômica - seja com impactos positivos ou negativos.

No mesmo viés, indicadores econômicos consagrados tentam relacionar o custo com os impactos decorrentes do mesmo, sendo recomendados para a avaliação de EVTEAs. Contudo, tais indicadores apresentam suas limitações, não abrangendo todas as análises necessárias para a avaliação. Assim, recomendam-se novos estudos justamente quanto à própria validade dos indicadores econômicos de avaliação adotados atualmente pelos órgãos gestores, seja quanto à abordagem adotada na análise e elaboração dos mesmos, seja quanto à sua aplicação no estado da prática em empresas responsáveis pela execução dos projetos em si, antevendo sua aplicabilidade.

O método para validação dos critérios a serem adotados possui suas próprias problemáticas. A necessidade da participação dos agentes envolvidos, de sua demonstração de interesse e disponibilidade para tal debate vão de encontro à falta de consenso supracitada. Apesar dos inúmeros estudos e abordagens a respeito do tema, ainda falta diálogo entre as diversas fontes. Porém, constatou-se uma hierarquização dos mesmos, buscando-se mapear suas relevâncias e aglutiná-las em aspectos maiores que descrevessem os parâmetros necessários para a constatação da excelência de um projeto.

Em estudos futuros, tais critérios poderiam ser sistematizados na forma de um algoritmo integrado e unificado, que desenvolvesse um método processual de avaliação de alternativas viárias em estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental, tornando a

seleção de alternativas um processo mais qualificado que prestigiasse a vasta gama e complexidade de critérios que envolvem o desenvolvimento de um projeto viário. Em uma última reflexão, seria ainda possível analisar a aplicabilidade de tais parâmetros para outros escopos de infraestrutura, adequando, no caso, o dimensionamento técnico à respectiva área.

Há uma imensa necessidade de investimentos em infraestrutura. Não de investimentos maciços, inviáveis economicamente; mas de investimentos otimizados, planejados, estudados e fundamentados. E o desenvolvimento e a consolidação de ferramentas para seleção e avaliação de tais projetos demonstram sua importância.

REFERÊNCIAS

BAABAK, A.; MOSTAAN, K. HANNON, D. Recommended guide for next generation of transportation design build procurement and contracting in the State of Georgia. **Georgia Institute of Technology**. Atlanta, 2000. Doi:10.13140/2.1.2627.4088.

_____. How Can Innovative Project Delivery Systems Improve The Overall Efficiency Of GDOT In Transportation Project Delivery? **Georgia Institute of Technology**. Atlanta, 2013. doi:10.13140/2.1.2627.4088.

CAMPOS, V. B. G. **Planejamento de Transportes: Conceito e Modelos de Análise**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. 66 p. ISBN: 9788571933101.

CARDOSO et al. Prospecção de futuro e Método Delphi: uma aplicação para a cadeia produtiva da construção habitacional. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 5, n. 3, p.63-79, 2005.

CNT. SEST SENAT. **Pesquisa CNT de rodovias 2018: relatório gerencial**. Brasília, 2018.

COSTA, S. F. V. S. **O desvio de custos e de tempos de execução nas obras públicas em Portugal**. 2012. 32 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Economia e Gestão, Lisboa, 2012.

CYBIS, H. B. B.; FREIRE, L. H. V.; FERREIRA, A. M. Travessias urbanas em vias arteriais que atravessam pequenas e médias cidades. **Revista Estradas**. Porto Alegre, v. 4, n. 07, p. 23-33, 2004.

DALBEM, M. C.; BRANDÃO, L.; MACEDO-SOARES, T. D. L. V. A. Avaliação econômica de projetos de transporte: melhores práticas e recomendações para o Brasil. **RAP Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 1, p. 87-117, jan/fev. 2010.

DALKEY, Norman. **The Delphi Method: An experimental study of group opinion**. United States Air Force Project Rand. Santa Mônica, 1969. Doi: 10.1016/S0016-3287(69)80025-X.

DALMORO, M.; VIEIRA, K. M. Dilemas na construção de escalas tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados? **RGO Revista Gestão Organizacional**. Chapecó, v. 6, edição especial, p. 161-174, 2013.

DALOSTO, F. M. **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários utilizando ferramentas de SIG**. 2015. 63 p. Trabalho de Diplomação (Engenheiro Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

DEPARTMENT FOR TRANSPORT. Transport Appraisal and Strategic Modeling Division. Transport Analysis Guidance Unit. **TASM TAG A1-1**. Cost-benefit analysis. Londres, 2014.

_____. The Highways Agency. **TA 30/82 DMRB**. Design manual for roads and bridges. Choice Between Options for Trunk Road Schemes. Londres, 2017.

EHRHARDT, D.; OLIVER C.; KENNY C. Deterring corruption and improving governance in road construction and maintenance. **The World Bank Group Transport Papers**. Washington D.C., 2001. 97 p.

GARCÍA, D. S. P. *et al.* Análise De Projeto De Sinalização Horizontal Sob A Ótica Da Distância De Visibilidade De Ultrapassagem: Confronto Entre Norma, Realidade E Modelagem Tridimensional. ANPET, XXX., **Anais...** 2016, Rio de Janeiro. 12 p.

_____. Projeto Ponto De Partida: Uso De Indicadores De Desempenho Para O Método De Avaliação Da “Nota De Proposta Técnica” De Projetos De Rodovias. ANPET, XXXI., **Anais...** 2017, Recife. 12 p.

GRUBBA, D. C. R. P.; FERNANDES JR., J. L. Estudos de viabilidade de megaprojetos de infraestrutura de transporte: causas dos fracassos e proposta para avanços. ANPET, XXX., **Anais...** 2016, Rio de Janeiro. 12 p.

HORAK, E.; EMERY, S.; AGAIENZ, A. Key performance indicators for road infrastructure asset management by a roads agency in a large local authority. In: SOUTH AFRICAN TRANSPORT CONFERENCE, 20., **Anais...** 2001.

KAIRALLA, A. S. S. Técnica Delphi para análise de um sistema de informação: estudo de viabilidade. **Ci.Inf.Ciência da Informação**. Brasília. 13(1):11-23, Jan. /Jun. 1984.

KHANDKER, S. R.; KOOLWAL, G. B.; SAMAD, H. A. **Handbook on impact evaluation: quantitative methods and practices**. Washington D.C.: The World Bank, 2009. ISBN 978-0-8213-8028-4.

KOLLI, B. R. **Best Value Approach to Highway Projects: Transparency and Innovation**. 2015. 142 p. Tese (Mestrado). University of Kansas, 2015.

LARRANAGA, A.M.; RIBEIRO, J. L. D.; CYBIS, H. B. B. Fatores que afetam as decisões individuais de realizar viagens a pé: estudo qualitativo. **Transportes**. Rio de Janeiro, v. 17, p. 16-26, 2009.

LEAL, B. A. B. **Análise da relação das características das rodovias e vias urbanas com as causas de acidentes**. 2014. 120 p. Trabalho de Diplomação (Engenheiro Civil). Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

LISBOA, M. V. **Contribuição para tomada de decisão na classificação e seleção de alternativas de traçado para rodovias em trechos urbanizados**. 2002. 206 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2002.

LOVE, P. E. D. et al. Participatory Action Research Approach to Public Sector Procurement Selection. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 3, p. 311–322, mar. 2012.

LUCAS, K. et al. **Social Assessment of Section 3 of the A465 Heads of the Valleys Road: Brynmawr to Tredegar**. Leeds: University of Leeds, Institute for Transport Studies, 2016. 60 p.

MARTINS, D. D. A.; SOUZA, D. D. M. O.; DE MELO, K. C. N. S. Utilização do Método Delphi no processo de planejamento estratégico: duas perspectivas e a garantia de eficiência e heterogeneidade. ENEGEP, XXVI. Fortaleza. **Anais...** 2006, 9p.

MEINICK, Julio. **Manual de Proyectos de Desarrollo Económico**. México, D.F.: Nações Unidas, 1958.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Diretoria Geral. **Manual de custos rodoviários. Volume 1: Metodologia e conceitos**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisas. IPR-717 **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. Diretoria de Planejamento e Pesquisa – DDP/CGPLAN. **Estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental - EVTEA**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. Diretoria Executiva, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. IPR-745. **Manual de gerência de pavimentos**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. Coordenação-Geral de Planejamento e Programação de Investimentos – CGPLAN/DNIT. **Custos médios gerenciais: julho 2017**. Rio de Janeiro, 2017.

Minnesota Department of Transportation. Office of Construction and Innovative Contracting - MnDOT OCIC. **Best value procurement manual**. Estados Unidos, 2012.

MOLENAAR, K.; NAVARRO, D. Key Performance Indicators in Highway Design and Construction. **TRR Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, Washington D.C., v. 2228, p. 51–58, dez. 2011.

MORRIS, S. Cost and time overruns in public sector projects. **Economic and Political weekly**, p. M154–M168, 1990.

NODARI, C. T. **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples**. 2003. 221 p. Dissertação (Doutorado). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

PEDROZO, L. G. **Custos de infra-estrutura rodoviária – análise e sistemização**. 2001. 183 p. Trabalho de conclusão (Mestrado). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PEREIRA, A. DA C. **Análise de investimentos em infraestrutura de transportes**. Natal, RN: IFRN, 2011.

PIRES, R. F. **Avaliação socioeconômica do projeto da rodovia br-448: uma abordagem expedita utilizando a análise de custo-benefício**. 2010. 100 p. Trabalho de Diplomação (Engenheiro Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

PÖYRY. **Estudo de impacto ambiental – EIA/RIMA ramal ferroviário e rodoviário Klabin**. São Paulo, 2013. 97 p.

SENNA, L. A. S. **Economia e planejamento de transportes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SENNA, L. A. D. S; MICHEL, F. D. **Rodovias autossustentadas. O desafio do século XXI**. São Paulo: CLA, 2006.

SILVA, S. B. **Segunda etapa do questionário para TCC sobre EVTEA** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <tiagokirschlanes@gmail.com> em 18 jan. 2019.

SIMONETTI, H. **Estudos de impactos ambientais gerados pelas rodovias: sistematização do processo de elaboração de EIA/RIMA**. 2010. 57 p. Trabalho de Diplomação (Engenheiro Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

TALVITIE, A. Performance indicators for the road sector. **Transportation**. Washington D.C., 1999, 26. 5-30. Doi 10.1023/A:1005152400108.

TORRES, T. B. et al. Prevalência de fatores associados à severidade dos acidentes em entorno de escolas. **Transportes**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 102, 29 out. 2017.

TOURAN, A. *et al.*(EDS.). **A guidebook for the evaluation of project delivery methods**. Washington, D.C: Transportation Research Board, 2009.

TRAN, D; MOLENAAR, K. R.; GRANSBERG, D. D. Implementing Best-Value Procurement for Design-Bid-Build Highway Projects. **TRR Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, Washington D.C., v. 2573, p. 26–33, dez. 2016.

TREASURY, H. **The green book. Appraisal and Evaluation in Central Government**, Londres, 2011. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/220541/green_book_complete.pdf

VAN BENTHEM, A. What is the optimal speed limit on freeways? **Journal of Public Economics**, Elsevier, Amsterdam, v. 124, p. 44–62, abr. 2015.

WILLIAM, K. M. (ed). **Cities on the move: a World Bank urban transport strategy review**. Washington, DC: World Bank, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. Injuries and Violence Prevention Department. **Global Status Report on Road Safety: Time for Action**. Geneva: World Health Organization, Department Of Violence & Injury Prevention & Disability (Vip), 2009.

ANEXO 1 – Lei Complementar Nº 101/2000

Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI COMPLEMENTAR Nº 101, DE 4 DE MAIO DE 2000.

Mensagem de veto

Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei Complementar:

CAPÍTULO I

DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º Esta Lei Complementar estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal, com amparo no Capítulo II do Título VI da Constituição.

§ 1º A responsabilidade na gestão fiscal pressupõe a ação planejada e transparente, em que se previnem riscos e corrigem desvios capazes de afetar o equilíbrio das contas públicas, mediante o cumprimento de metas de resultados entre receitas e despesas e a obediência a limites e condições no que tange a renúncia de receita, geração de despesas com pessoal, da seguridade social e outras, dívidas consolidada e mobiliária, operações de crédito, inclusive por antecipação de receita, concessão de garantia e inscrição em Restos a Pagar.

§ 2º As disposições desta Lei Complementar obrigam a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios.

§ 3º Nas referências:

I - à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, estão compreendidos:

a) o Poder Executivo, o Poder Legislativo, neste abrangidos os Tribunais de Contas, o Poder Judiciário e o Ministério Público;

b) as respectivas administrações diretas, fundos, autarquias, fundações e empresas estatais dependentes;

II - a Estados entende-se considerado o Distrito Federal;

III - a Tribunais de Contas estão incluídos: Tribunal de Contas da União, Tribunal de Contas do Estado e, quando houver, Tribunal de Contas dos Municípios e Tribunal de Contas do Município.

Art. 2º Para os efeitos desta Lei Complementar, entende-se como:

I - ente da Federação: a União, cada Estado, o Distrito Federal e cada Município;

II - empresa controlada: sociedade cuja maioria do capital social com direito a voto pertença, direta ou indiretamente, a ente da Federação;

III - empresa estatal dependente: empresa controlada que receba do ente controlador recursos financeiros para pagamento de despesas com pessoal ou de custeio em geral ou de capital, excluídos, no último caso, aqueles provenientes de aumento de participação acionária;

IV - receita corrente líquida: somatório das receitas tributárias, de contribuições, patrimoniais, industriais, agropecuárias, de serviços, transferências correntes e outras receitas também correntes, deduzidos:

a) na União, os valores transferidos aos Estados e Municípios por determinação constitucional ou legal, e as contribuições mencionadas na alínea a do inciso I e no inciso II do art. 195, e no art. 239 da Constituição;

b) nos Estados, as parcelas entregues aos Municípios por determinação constitucional;

c) na União, nos Estados e nos Municípios, a contribuição dos servidores para o custeio do seu sistema de previdência e assistência social e as receitas provenientes da compensação financeira citada no § 9º do art. 201 da Constituição.

§ 1º Serão computados no cálculo da receita corrente líquida os valores pagos e recebidos em decorrência da Lei Complementar nº 87, de 13 de setembro de 1996, e do fundo previsto pelo art. 60 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias.

§ 2º Não serão considerados na receita corrente líquida do Distrito Federal e dos Estados do Amapá e de Roraima os recursos recebidos da União para atendimento das despesas de que trata o inciso V do § 1º do art. 19.

§ 3º A receita corrente líquida será apurada somando-se as receitas arrecadadas no mês em referência e nos onze anteriores, excluídas as duplicidades.

ANEXO 2 – Resolução Conama Nº 001/1986

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986

Publicado no D. O. U de 17 /2/86.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - IBAMA, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, para efetivo exercício das responsabilidades que lhe são atribuídas pelo artigo 18 do mesmo decreto, e Considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, RESOLVE:

Artigo 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

Artigo 2º - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA e In caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

- I - Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento;
- II - Ferrovias;
- III - Portos e terminais de minério, petróleo e produtos químicos;
- IV - Aeroportos, conforme definidos pelo inciso 1, artigo 48, do Decreto-Lei nº 32, de 18.11.66;
- V - Oleodutos, gasodutos, minerodutos, troncos coletores e emissários de esgotos sanitários;
- VI - Linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230KV;
- VII - Obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos, acima de 10MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para

navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques;

VIII - Extração de combustível fóssil (petróleo, xisto, carvão);

IX - Extração de minério, inclusive os da classe II, definidas no Código de Mineração;

X - Aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos;

XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW;

XII - Complexo e unidades industriais e agroindustriais (petroquímicos, siderúrgicos, cloroquímicos, destilarias de álcool, hulha, extração e cultivo de recursos hídricos);

XIII - Distritos industriais e zonas estritamente industriais - ZEI;

XIV - Exploração econômica de madeira ou de lenha, em áreas acima de 100 hectares ou menores, quando atingir áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental;

XV - Projetos urbanísticos, acima de 100ha. ou em áreas consideradas de relevante interesse ambiental a critério da SEMA e dos órgãos municipais e estaduais competentes;

XVI - Qualquer atividade que utilize carvão vegetal, em quantidade superior a dez toneladas por dia.

Artigo 3º - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo RIMA, a serem submetidos à aprovação do IBAMA, o licenciamento de atividades que, por lei, seja de competência federal.

Artigo 4º - Os órgãos ambientais competentes e os órgãos setoriais do SISNAMA deverão compatibilizar os processos de licenciamento com as etapas de planejamento e implantação das atividades modificadoras do meio Ambiente, respeitados os critérios e diretrizes estabelecidos por esta Resolução e tendo por base a natureza o porte e as peculiaridades de cada atividade.

Artigo 5º - O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;

II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;

III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;

IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Parágrafo Único - Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental o órgão estadual competente, ou o IBAMA ou, quando couber, o Município, fixará as diretrizes adicionais que, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área, forem julgadas necessárias, inclusive os prazos para conclusão e análise dos estudos.

Artigo 6º - O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:

a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;

b) o meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;

c) o meio sócio-econômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

II - Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento (os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados).

Parágrafo Único - Ao determinar a execução do estudo de impacto Ambiental o órgão estadual competente; ou o IBAMA ou quando couber, o Município fornecerá as instruções adicionais que se fizerem necessárias, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área.

Artigo 7º - O estudo de impacto ambiental será realizado por equipe multidisciplinar habilitada, não dependente direta ou indiretamente do proponente do projeto e que será responsável tecnicamente pelos resultados apresentados.

Artigo 8º - Correrão por conta do proponente do projeto todas as despesas e custos referentes á realização do estudo de impacto ambiental, tais como: coleta e aquisição dos dados e informações, trabalhos e inspeções de campo, análises de laboratório, estudos técnicos e científicos e acompanhamento e monitoramento dos impactos, elaboração do RIMA e fornecimento de pelo menos 5 (cinco) cópias,

Artigo 9º - O relatório de impacto ambiental - RIMA refletirá as conclusões do estudo de impacto ambiental e conterá, no mínimo:

I - Os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;

II - A descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, nas fases de construção e operação a área de influência, as matérias primas, e mão-de-obra, as fontes de energia, os processos e técnica operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;

III - A síntese dos resultados dos estudos de diagnósticos ambiental da área de influência do projeto;

IV - A descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;

V - A caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como com a hipótese de sua não realização;

VI - A descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderam ser evitados, e o grau de alteração esperado;

VII - O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;

VIII - Recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral).

Parágrafo único - O RIMA deve ser apresentado de forma objetiva e adequada a sua compreensão. As informações devem ser traduzidas em linguagem acessível, ilustradas por mapas, cartas, quadros, gráficos e demais técnicas de comunicação visual, de modo que se possam entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as conseqüências ambientais de sua implementação.

Artigo 10 - O órgão estadual competente, ou o IBAMA ou, quando couber, o Município terá um prazo para se manifestar de forma conclusiva sobre o RIMA apresentado.

Parágrafo único - O prazo a que se refere o caput deste artigo terá o seu termo inicial na data do recebimento pelo estadual competente ou pela SEMA do estudo do impacto ambiental e seu respectivo RIMA.

Artigo 11 - Respeitado o sigilo industrial, assim solicitando e demonstrando pelo interessado o RIMA será acessível ao público. Suas cópias permanecerão à disposição dos interessados, nos centros de documentação ou bibliotecas da SEMA e do estadual de controle ambiental correspondente, inclusive o período de análise técnica,

§ 1º - Os órgãos públicos que manifestarem interesse, ou tiverem relação direta com o projeto, receberão cópia do RIMA, para conhecimento e manifestação,

§ 2º - Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental e apresentação do RIMA, o estadual competente ou o IBAMA ou, quando couber o Município, determinará o prazo para recebimento dos comentários a serem feitos pelos órgãos públicos e demais interessados e, sempre que julgar necessário, promoverá a realização de audiência pública para informação sobre o projeto e seus impactos ambientais e discussão do RIMA,

Artigo 12 - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Flávio Peixoto da Silveira

(Alterada pela Resolução nº 011/86)

(Vide item I - 3º da Resolução 005/87)

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001-A, de 23 de janeiro de 1986)

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso II do artigo 7º do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, alterado pelo Decreto nº 91.305, de 3 de junho de 1985, e o artigo 48 do mesmo diploma legal, e considerando o crescente número de cargas perigosas que circulam próximas a áreas densamente povoadas, de proteção de mananciais, reservatórios de água e de proteção do ambiente natural, bem como a necessidade de se obterem níveis adequados de segurança no seu transporte, para evitar a degradação ambiental e prejuízos à saúde, RESOLVE:

Art. 1º - Quando considerado conveniente pelos Estados, o transporte de produtos perigosos, em seus territórios, deverá ser efetuado mediante medidas essenciais complementares às estabelecidas pelo Decreto nº 88.821, de 6 de outubro de 1983.

Art. 2º - Os órgãos estaduais de meio ambiente deverão ser comunicados pelo transportador de produtos perigosos, com a antecedência mínima de setenta e duas horas de sua efetivação, a fim de que sejam adotadas as providências cabíveis.

Art. 3º - Na hipótese de que trata o artigo 1º, o CONAMA recomendo aos órgãos estaduais de meio ambiente que definam em conjunto com os órgãos de trânsito, os cuidados especiais a serem adotados.

Art. 4º - A presente Resolução, entra em vigor na data de sua publicação.

Deni Lineu Schwartz