TIFFANY IDE HASHIBA

**Metodologia para escolha de modal do transporte, do ponto de
vista da carga, através da aplicação do método de análise
hierárquica**

São Paulo
2012

TIFFANY IDE HASHIBA

**Metodologia para escolha de modal do transporte, do ponto de
vista da carga, através da aplicação do método de análise
hierárquica**

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

Área de concentração:
Engenharia Naval e Oceânica

Orientador: Professor Doutor
Marcos Mendes de Oliveira Pinto

São Paulo
2012

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 29 de agosto de 2012.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Hashiba, Tiffany Ide

Metodologia para escolha de modal do transporte, do ponto de vista da carga, através da aplicação do método de análise hierárquica / T.I. Hashiba. – ed.rev. -- São Paulo, 2012.
p.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica.

1. Logística 2. Transportes I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica II. t.

À minha família,
de sangue e de coração.

AGRADECIMENTOS

Aos grandes amigos do Centro de Estudos em Gestão Naval, pela oportunidade de me desenvolver neste e em tantos outros desafios, pelo apoio e ajuda que sempre me deram.

Ao Julio, tutor e amigo, por nunca me deixar desistir.

Ao meu orientador Prof. Marcos, pelos ensinamentos, reflexões e paciência.

Ao Prof. Bernardo, pelo conhecimento e disponibilidade em ajudar.

À Katia, pelo ombro amigo sempre disponível.

Aos amigos que me acompanharam nesta jornada.

Ao Gui, meu complemento, que me motiva a ser uma pessoa melhor e me ensina e inspira a fazê-lo a cada dia.

À minha família, em especial aos meus queridos irmãos, sem os quais não haveria felicidade completa; aos meus pais, que torcem por cada batalha e que comemoram todo e cada desafio superado; aos meus primos, tios e avós, que alimentam a minha alma por serem tão especiais; e à minha querida avó Alice, motivo de lembranças boas e fonte de humildade e amor, que nos ensinou o verdadeiro sentido de viver, lembrar e relembrar.

À minha querida equipe de natação, razão pela qual houve continuação.

RESUMO

Este trabalho propõe uma metodologia para escolha de modal de transporte a partir da aplicação do método de análise hierárquica a um conjunto de critérios levando em consideração o ponto de vista dos donos da carga.

Parte-se de uma pesquisa de critérios adotados na escolha de modal sob contextos que incluem variação de cargas avaliadas, de disponibilidade de infraestrutura e serviços logísticos. Avalia-se ainda o método de análise hierárquica, AHP, que permite a decisão multicriterial com fatores quantitativos e qualitativos.

Propõe-se uma metodologia de escolha de modal considerando o que é importante para o embarcador baseado no método AHP. Os critérios levantados na literatura são condensados em um conjunto hierarquizado de 3 critérios (custo logístico total; atendimento a particularidades da carga; e confiabilidade) e 7 subcritérios (custo logístico total; acessibilidade, flexibilidade, e oferta de instalações logísticas; pontualidade, perdas e danos, e informações ao cliente). A metodologia resultante é genérica e pode ser aplicada a um conjunto abrangente de situações logísticas.

A título de exemplo, a metodologia é aplicada a três casos de transporte, para a escolha entre a alternativa rodoviária direto ou intermodal com ferrovia, variando-se a distância (média ou longa distância) e a carga transportada (açúcar a granel ou contêiner, para exportação). Os resultados são comparados e discutidos em termos dos pesos relativos dos critérios na escolha do embarcador, e das respectivas contribuições à decisão em face dos atributos das alternativas.

Conclui-se que a avaliação multicriterial, contemplando critérios quantitativos e qualitativos, proporciona uma análise abrangente da hierarquia e contribuição dos critérios e a distinção dos pontos críticos na competição entre modais.

Palavras-chave: escolha de modal de transportes, transporte ferroviário, transporte rodoviário, AHP, critérios de escolha, embarcador

ABSTRACT

This study proposes a method for determining modal choice in transport problems based on an analytic hierarchy technique, considering the cargo owner's point of view.

Initially, a research of criteria used in modal choice in several contexts is carried out: cargos evaluated, availability of infrastructure and logistic services, standpoint of the evaluator. A review of the AHP method (which allows for multicriterial decisions with qualitative and quantitative factors) ensues.

The author proposes a method for assisting in the modal choice from the cargo owner's standpoint, based on the AHP technique. The criteria collected from the literature review are condensed in a hierarchical set of 3 criteria (total logistic costs; compliance with specificities of the cargo; and reliability) and 7 subcriteria (total logistic costs; accessibility, flexibility, and availability of logistic facilities; timeliness, susceptibility to loss or damage; and information to customers). The resulting method is generic and can be applied to a comprehensive range of logistic situations.

The proposed method is then applied, as an example, to three freight cases, to aid the modal choice between direct roadway transportation or intermodal transport based on rail freight, with varying distances (medium or long distance haul) and the cargo being transported (bulk sugar or container, both for export). The results are compared and discussed in terms of the relative weights of each of the 7 subcriteria in the cargo owner's modal decision, and the respective contributions to the decision in light of the attributes of the alternatives.

The study concludes that the multicriterial evaluation, contemplating quantitative and qualitative criteria, yields a more comprehensive analysis of the important criteria hierarchy and the distinction of key issues in modal competition.

Key-words: freight modal choice, railway transportation, roadway transportation, AHP, modal choice criteria, cargo owner

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: ETAPAS DA PESQUISA.....	19
FIGURA 2: EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE NO BRASIL [EM TONELADAS] (FONTE: DAVID (2007))	22
FIGURA 3: EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO EM BILHÕES DE TKU (FONTE: ANTF)	29
FIGURA 4: PROJETOS FERROVIÁRIOS CONTEMPLADOS NO PAC 2 (FONTE: 2 ^o BALANÇO DE 2011 DO PAC, PARA FERROVIAS)	31
FIGURA 5: CLASSIFICAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUE INFLUENCIAM NA ESCOLHA MODAL, SEGUNDO INDRA-PAYOONG (1999)	37
FIGURA 6: ESTRUTURA DE CRITÉRIOS PARA ESCOLHA MODAL NO TRANSPORTE DE CARGAS USADO POR OLIVEIRA, ET AL., (2004) EM SEU MODELO NEURO-FUZZY	38
FIGURA 7: ESTRUTURA HIERÁRQUICA DO MÉTODO AHP (FONTE: COLIN, 2007 <i>APUD</i> STUPELLO, 2011)	50
FIGURA 8: EXEMPLO DE ESTRUTURA HIERÁRQUICA ORGANIZADA EM <i>CLUSTERS</i> (FONTE: SEN, ET AL., 1998) ...	51
FIGURA 9: ESTRUTURA DO MODELO DE DECISÃO	58
FIGURA 10: CENÁRIOS DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DO TRANSPORTADOR PARA TRANSPORTE DOMÉSTICO OU INTERNACIONAL.....	63
FIGURA 11: ORIGEM DO AÇÚCAR DE EXPORTAÇÃO EM 2007 (FONTE: ANUT, 2008).....	78
FIGURA 12: PESO DOS SUBCRITÉRIOS EM CADA CASO	93
FIGURA 13: CONTRIBUIÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS NA ESCOLHA DO MODAL.....	95

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: FASES DO DESENVOLVIMENTO FERROVIÁRIO (FONTE: CASTELLO BRANCO, 2008)	24
TABELA 2: DISTRIBUIÇÃO MODAL ENTRE 1958 – 1963 (% DE VOLUME TRANSPORTADO) (FONTE: IBGE 2003 APUD CASTELLO BRANCO, 2008)	26
TABELA 3: MALHA FERROVIÁRIA CONCEDIDA (ADAPTADO DE ANTT, 2006 APUD DAVID, 2007)	28
TABELA 4: EXEMPLO DE AVALIAÇÃO DE CUSTOS NAS OPÇÕES DE TRANSPORTE.....	39
TABELA 5: CRITÉRIOS QUE COMPÕE NÍVEL DE SERVIÇO, DE ACORDO COM NOVAES (1986).....	39
TABELA 6: CRITÉRIOS USADOS POR OLIVEIRA (2004) PARA A ESCOLHA MODAL	40
TABELA 7: CRITÉRIOS USADOS PARA AVALIAR NÍVEL DE SERVIÇOS DE MODAIS DIFERENTES (FONTE: BELÉM JR, (2007) E LEAL JR, ET AL., (2010))	41
TABELA 8: ATRIBUTOS ECONÔMICO-FINANCEIROS LEVANTADOS POR LEAL JR (2010) ADAPTADO PELA AUTORA	43
TABELA 9: ATRIBUTOS IDENTIFICADOS NA ESCOLHA MODAL PARA CARGAS AGRÍCOLAS CONTEINERIZADAS (FONTE: MELLO (2010))	44
TABELA 10: COMPARAÇÕES NECESSÁRIAS PARA N CRITÉRIOS (CASO SEM FORMAÇÃO DE <i>CLUSTERS</i>)	51
TABELA 11: ESCALA SAATY DE COMPARAÇÕES (FONTE: SAATY, 1991)	52
TABELA 12: MATRIZ DE COMPARAÇÃO PARITÁRIA DO NÍVEL 1 APLICADO AO EXEMPLO DE SEN, ET AL. (1998)	53
TABELA 13: MCP DO NÍVEL 4.....	53
TABELA 14: VALORES DOS ÍNDICES RANDÔMICOS (IR) (FONTE: SAATY, 1991).....	54
TABELA 15: AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO MODAL – NÍVEL 1	67
TABELA 16: ESCALA SAATY DE COMPARAÇÕES (FONTE: SAATY, 1991)	68
TABELA 17: AVALIAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS DE PARTICULARIDADES DA CARGA – NÍVEL 2	68
TABELA 18: AVALIAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS DE CONFIABILIDADE – NÍVEL 2	69
TABELA 19: AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS REFERENCIANDO-SE AO CUSTO	69
TABELA 20: AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS EM RELAÇÃO AO SUBCRITÉRIO CUSTO	70
TABELA 21: AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS REFERENCIANDO-SE AOS SUBCRITÉRIOS	70
TABELA 22: COMPOSIÇÃO DO VETOR ‘PARTICULARIDADE DA CARGA’ EM FUNÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS E ALTERNATIVAS	71
TABELA 23: COMPOSIÇÃO DO VETOR ‘CONFIABILIDADE’ EM FUNÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS E ALTERNATIVAS	72
TABELA 24: COMPOSIÇÃO DO VETOR RESULTANTE – MELHOR OPÇÃO.....	72
TABELA 25: EXEMPLO DE AVALIAÇÃO.....	73
TABELA 26: RECALCULO DAS COMPARAÇÕES PARA RC NULO.....	73

TABELA 27: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS EXEMPLOS DE ALTERNATIVAS	74
TABELA 28: AVALIAÇÕES ALTERNATIVAS E CORREÇÃO	74
TABELA 29: MCP DO NÍVEL 1 PARA O CASO 1	79
TABELA 30: MCP NO NÍVEL 2 (PARTICULARIDADES DA CARGA) PARA O CASO 1	79
TABELA 31: MCP DO NÍVEL 2 (CONFIABILIDADE) PARA O CASO 1	80
TABELA 32: MCP DO NÍVEL 3 PARA O CASO 1	80
TABELA 33: CUSTO RODOVIÁRIO DIRETO DO CASO 1	81
TABELA 34: CUSTO INTERMODAL DO CASO 1	82
TABELA 35: MCP DE CUSTO NO CASO 1	82
TABELA 36: COMPOSIÇÃO DO VETOR 'PARTICULARIDADE DA CARGA' PARA O CASO 1	82
TABELA 37: COMPOSIÇÃO DO VETOR 'CONFIABILIDADE' PARA O CASO 1	83
TABELA 38: COMPOSIÇÃO DO VETOR RESULTANTE PARA O CASO 1	83
TABELA 39: PESOS DOS SUBCRITÉRIOS (NÍVEL 3) NA NOTA FINAL, EM ORDEM DECRESCENTE PARA O CASO 1	84
TABELA 40: CONTRIBUIÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS À DIFERENÇA DE NOTAS FINAIS PARA O CASO 1	85
TABELA 41: VETORES PRIORIDADES DO NÍVEL 2 E 3 NO CASO 2	86
TABELA 42: COMPOSIÇÃO DO VETOR RESULTANTE PARA O CASO 2	87
TABELA 43: CONTRIBUIÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS À DIFERENÇA DE NOTAS FINAIS PARA O CASO 2	87
TABELA 44: VETORES PRIORIDADES DO NÍVEL 2 E 3 NO CASO 3	90
TABELA 45: COMPOSIÇÃO DO VETOR RESULTANTE PARA O CASO 3	90
TABELA 46: CONTRIBUIÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS À DIFERENÇA DE NOTAS FINAIS PARA O CASO 3	91
TABELA 47: RESUMO DOS RESULTADOS DOS EXEMPLOS DE APLICAÇÃO	96
TABELA 48: VARIAÇÃO DE CUSTO LOGÍSTICO PARA SOLUÇÕES IGUALMENTE ATRAENTES	97
TABELA 49: AVALIAÇÃO NA ESCALA SAATY E CONTRIBUIÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS NO CASO 3	98
TABELA 50: PREMISSAS PARA ANÁLISE DE CUSTOS DO CASO 1	111
TABELA 51: MCP DO NÍVEL 1 PARA O CASO 2	112
TABELA 52: MCP NO NÍVEL 2 (PARTICULARIDADES DA CARGA) PARA O CASO 2	112
TABELA 53: MCP DO NÍVEL 2 (CONFIABILIDADE) PARA O CASO 2	112
TABELA 54: MCP DO NÍVEL 3 PARA O CASO 2	113
TABELA 55: PREMISSAS PARA ANÁLISE DE CUSTOS DO CASO 2	114
TABELA 56: CUSTO RODOVIÁRIO DIRETO DO CASO 2	114
TABELA 57: CASO 2 – CUSTO INTERMODAL DO CASO 2	115
TABELA 58: MCP NO NÍVEL 2 (PARTICULARIDADES DA CARGA) PARA O CASO 3	116
TABELA 59: MCP DO NÍVEL 2 (CONFIABILIDADE) PARA O CASO 3	116

TABELA 60: MCP DO NÍVEL 3 PARA O CASO 3	117
TABELA 61: CUSTO RODOVIÁRIO DIRETO DO CASO 3	118
TABELA 62: CUSTO INTERMODAL DO CASO 3	118
TABELA 63: PREMISSAS PARA ANÁLISE DE CUSTOS DO CASO 3	119

SUMÁRIO

1	Introdução	13
1.1	Contexto	13
1.2	Objetivo	16
1.3	Justificativa.....	17
1.4	Método de pesquisa e organização do trabalho.....	19
2	Levantamento bibliográfico	21
2.1	A evolução da infraestrutura de transporte terrestre brasileira.....	22
2.2	Os critérios de decisão do embarcador	33
2.2.1	Síntese do item.....	45
2.3	Modelos de apoio à decisão: Método de análise hierárquica.....	48
2.3.1	Representação da hierarquia	49
2.3.2	Comparação dos pares	52
2.3.3	Método do autovalor	53
2.3.4	Agregação das prioridades.....	55
3	Desenvolvimento de um método de escolha de modal.....	56
3.1	Caracterização geral da metodologia de escolha modal baseada no AHP ..	57
3.2	Detalhamento dos critérios e subcritérios adotados.....	59
3.2.1	Critério de custos.....	60
3.2.2	Critério de atendimento a particularidades da carga	62
3.2.3	Critério de confiabilidade	64
3.3	Procedimento para aplicação da metodologia de apoio à decisão	67
4	Exemplo de aplicação do modelo de apoio à decisão	75
4.1	Aplicação ao transporte de açúcar a granel para exportação	77
4.1.1	Contextualização da carga: açúcar a granel.....	77

4.1.2	Caso 1: Aplicação do método ao transporte de açúcar a granel para exportação, em média distância.....	79
4.1.3	Caso 2: Aplicação do método ao transporte de açúcar a granel para exportação, em longa distância.....	85
4.2	Aplicação ao transporte de contêineres para exportação	88
4.2.1	Contextualização da carga: contêineres para exportação	88
4.2.2	Caso 3: Aplicação do método ao transporte de carga containerizada para exportação, em média distância	89
4.3	Análise dos resultados	92
5	Considerações finais, limitações do estudo e sugestão de pesquisas futuras .	101
6	Bibliografia	104
7	Apêndice	111
7.1	Dados do Caso 1	111
7.1.1	Informações para o cálculo do custo logístico do açúcar – distância média	111
7.2	Dados do Caso 2	112
7.2.1	Notas do avaliador.....	112
7.2.2	Informações para o cálculo do custo logístico do açúcar, distância longa	114
7.3	Dados do Caso 3	116
7.3.1	Notas do avaliador.....	116
7.3.2	Informações para o cálculo do custo logístico do contêiner, distância média	118

1 Introdução

1.1 Contexto

Desde o advento do rodoviarismo, cargas industriais anteriormente movimentadas por ferrovia migraram para a rodovia – fenômeno observado no mundo todo. Atualmente, percebe-se a possibilidade de retorno destas cargas à malha ferroviária com a evolução da dinâmica de transportes em diversos países com infraestrutura de transporte desenvolvida. O surgimento recente de operadores logísticos tem propiciado um ambiente favorável para este movimento através de duas ações. Primeiramente, permitiram a consolidação de grandes lotes de carga e o fornecimento de infraestrutura logística necessária (como terminais intermodais com capacidade de armazenagem e equipamentos para movimentação e locomoção da carga, como material rodante). Desta forma, promoveram de um lado, oportunidade aos embarcadores fracionados; e do outro, volumes agregados aos operadores ferroviários. Em segundo lugar, estimularam a intermodalidade ao oferecerem uma única solução logística, executando também o transporte rodoviário e o serviço porta-a-porta. Isso resultou no aumento da área de atuação das malhas ferroviárias sem investimentos adicionais em estradas de ferro.

No contexto brasileiro, mudanças estão ocorrendo, possibilitando ao dono da carga a opção de escolha entre os modais onde antes havia apenas a opção rodoviária. Entre os principais fatores estão a melhoria da malha ferroviária após a privatização, a mudança na legislação de transporte ferroviário e o plano de ampliação de estradas de ferro e rodovias. Estas mudanças constituem o estágio inicial para que o mesmo movimento de transporte de cargas tipicamente rodoviárias pela ferrovia ocorra no Brasil como vem acontecendo internacionalmente.

A privatização de alguns sistemas de transporte melhorou o desempenho da produção de transporte. No ferroviário são percebidos resultados expressivos. O investimento das concessionárias com a renovação e aquisição de material rodante

e melhorias nos sistemas de gestão e operação resultou no aumento da produção de transporte ferroviário de 5,6% ao ano desde a privatização, em 1997, até 2010¹.

Apesar de o volume majoritário pertencer aos granéis sólidos, houve um aumento do transporte de cargas gerais. A movimentação de contêineres, por exemplo, passou de 3,4 mil para 287 mil TEUs entre 1997 e 2011, de acordo com a ANTF – correspondente a uma taxa média de crescimento de 14% ao ano. A previsão para transporte de contêineres pela ferrovia em 2012 mantém alto crescimento a uma taxa de 7,3%, para 308 mil TEUs.

As concessionárias preveem investimentos em material rodante e tecnologia. Entre 2012 e 2020, pretendem aumentar em 65% o número de locomotivas e em 40% o número de vagões – reduzindo a idade média destes a 18 anos ante 42 e 25 anos em 1990 e em 2010, respectivamente. As novas tecnologias adquiridas aumentam a produtividade e a eficiência dos sistemas.

O crescimento da produção de transportes ferroviário evidenciou entraves do setor herdados das concessões que entraram em pauta nas discussões do poder legislativo. Como resultado, em 2011 a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) aprovou resoluções que delineiam os direitos dos usuários de transporte ferroviário; regulamentam a operação de direito de passagem e tráfego mútuo; e determinam um sistema de metas de desempenho por trecho ferroviário². Como resultado, espera-se uma maior oferta de transporte ferroviário.

Ainda, com o intuito de reduzir os gargalos logísticos o Governo Federal planeja investir em infraestrutura de transporte através do Plano Nacional de Logística de Transportes (PNLT). São previstos ao todo, obras³ em 20 mil quilômetros de ferrovias (sendo 11 mil quilômetros de novas vias) e em 43 mil quilômetros de rodovias, que deverão proporcionar uma maior gama de alternativas de transporte ao embarcador.

¹ Crescimento do volume medido em TKU. Fonte: Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF).

² Resoluções nº.3.694/2011, 3.695/2011 e 3.696/2011, respectivamente.

³ Incluindo construção de novas vias e melhoramentos de vias existentes. Fonte: Ministério dos Transportes.

A oferta de capacidade é condição necessária, mas não suficiente para que o embarcador adote uma opção de transporte. Além da disponibilidade da via, outros quesitos são necessários para que a opção seja atraente.

Critérios como o nível de serviço no transporte da carga tem ganhado importância na escolha da solução logística.

As mudanças globais nas relações de produção (*just in time* e terceirização do processo produtivo) e de comércio (agilidade nos processos de importação e exportação) exigem a busca por soluções de logística que apresentem bom desempenho em termos de nível de serviço, além de custos competitivos.

São frequentes os casos em que o embarcador dispõe-se a pagar um valor maior no frete em função da segurança à carga, da rapidez na entrega ou da garantia da pontualidade do transportador.

Define-se um novo paradigma em que as cargas terão uma opção logística alternativa ao rodoviário apenas e terão que decidir a partir de critérios, quantitativos e qualitativos, de difícil ponderação. Nesse âmbito se insere a pesquisa desenvolvida para a presente dissertação.

1.2 Objetivo

O objetivo principal da dissertação é propor uma metodologia para escolha de modal de transporte com base no método de análise hierárquica, sob o ponto de vista da carga. A pergunta chave de pesquisa e que orienta o estudo é:

- Quais são e como são ponderados os fatores considerados pela carga na escolha do modal de transporte mais adequado?

De acordo com Bontekoning, et al. (2003) não se pode generalizar os resultados de pesquisas a qualquer situação, pois em geral, são característicos a um contexto local e a populações específicas. Entretanto, há semelhança entre alguns parâmetros em estudos desta natureza, Esta pesquisa pretende estudar alguns aspectos da percepção do embarcador brasileiro diante das atuais opções de transportes com base em critérios apontados em estudos anteriores. A partir daí, pretende-se desenvolver uma metodologia de escolha de modal que possa ser aplicada amplamente a situações de transporte de cargas presentes no contexto brasileiro.

Certamente além do custo financeiro do transporte outros fatores como nível de serviço e tempo de trânsito são considerados pelo embarcador. Deseja-se levantar, tais como estes, quais são os critérios e como considerá-los em uma única ferramenta.

Diante dos condicionantes da decisão, pretende-se propor uma ferramenta de avaliação baseando-se no método de análise hierárquica (AHP) e realizar uma aplicação ilustrando o problema de transporte e o processo de escolha.

O processo de desenvolvimento da ferramenta permitirá atingir outros objetivos como definir uma referência teórica sobre o assunto e construir massa crítica para demais estudos nesta área.

Como objetivo secundário, a ferramenta poderia ser também utilizada, por transportadores e por planejadores da infraestrutura como um modo de conhecer melhor a priorização de critérios de escolha do embarcador como estes mudam em função de diferentes contextos.

1.3 Justificativa

O bom desempenho econômico apresentado pelo Brasil na última década gerou um aumento da demanda de transporte⁴ que superou a ampliação da infraestrutura logística – levando a um sistema de transporte mais saturado.

Nos últimos anos, o investimento em infraestrutura total no Brasil manteve-se em torno de 2% do PIB e, de acordo com Frischtak (2007), deveria alcançar entre 5% e 7% a fim de impulsionar o crescimento econômico aos mesmos níveis de países industrializados.

A perspectiva é de que a infraestrutura de transporte fique pressionada nos anos que seguem.

Por um lado, prevê-se a continuação do crescimento do PIB brasileiro com taxas entre 2,5% e 4,3% ao ano no próximo quinquênio, segundo a pesquisa de Expectativas de Mercado do Banco Central⁵ – o que deve ampliar a demanda por transportes.

Por outro lado, o principal documento de planejamento de transportes do governo federal, o PNLT, adianta que até 2023, mesmo com a execução de todos os investimentos planejados, (i) maior parte da demanda por transportes será atendida pelo modal rodoviário, e (ii) o nível de serviço ficará cada vez mais deteriorado.

Diante deste cenário, é razoável prever que variáveis como nível de serviço, atrasos e congestionamento, ganharão maior destaque na escolha do embarcador. Neste contexto, justifica-se o estudo de uma ferramenta de fácil manipulação e que possa indicar qual solução de transporte atenderá melhor determinado cliente, tendo em vista seus valores.

Com relação à relevância acadêmica, o tema sobre critérios de escolha do embarcador e a seleção do modal é bastante abordado na literatura internacional.

⁴ Segundo Reis (2009), em países em desenvolvimento, a demanda por transporte cresce mais rapidamente que a taxa apresentada pelo PIB. Ao expandir as fronteiras agrícolas e a produção industrial, aumenta também a exigência por mobilidade, tanto de maiores volumes quanto para maiores distâncias.

⁵ <https://www3.bcb.gov.br/expectativas/publico/consulta/serieestatisticas>, acessado em 04/2012.

Entretanto, na literatura nacional, os estudos parecem dar maior enfoque na avaliação puramente financeira, comparando apenas os custos das opções de transporte. Em geral, são abordados contextos específicos, em que se avalia apenas um tipo de carga para uma origem e destino pré-definido com pouca ou nenhuma exploração dos demais critérios qualitativos.

Pretende-se desenvolver uma abordagem mais ampla do que a avaliação de apenas aspectos financeiros. Como a avaliação varia em função do avaliador e a transformação direta de aspectos qualitativos a valores monetários pode resultar na perda de profundidade dos julgamentos. Neste processo, pequenas diferenças na preferência do avaliador ficarão desconhecidas, o que foge do objetivo deste estudo. Com relação ao método de análise hierárquica, a técnica consagrada é usada com frequência em problemas de tomada de decisão. Entretanto, sua aplicação a problemas de transporte parece não englobar a escolha de modal. Os estudos levantados, como mostra o próximo capítulo, usam a técnica para classificarem gargalos logísticos, ordenarem investimentos no setor de transportes e escolherem um operador logístico independente do modal de transporte. A aplicação da técnica à escolha de modal pode contribuir para preencher uma aparente lacuna nos estudos acadêmicos.

1.4 Método de pesquisa e organização do trabalho

O método de pesquisa no qual se baseia esta dissertação é o indutivo. Segundo define Lakatos, et al. (1992), o método indutivo é um processo no qual, a partir de uma amostra, infere-se uma verdade geral ou universal, que se aplica a outros casos não pertencentes àquela amostra.

A natureza da pesquisa é classificada como exploratória. Conforme define Gil (2002), pesquisas desta natureza objetivam proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses.

A pesquisa é estruturada em quatro etapas, conforme ilustra a Figura 1.

1) Levantamento de fatores contextuais	2) Construção de hipóteses	3) Proposição de ferramenta de decisão	4) Exemplo de aplicação do modelo
Levantamento bibliográfico sobre: <ul style="list-style-type: none"> • A infraestrutura de transporte terrestre brasileira e a produção de transporte • Critérios de decisão do embarcador • Método de decisão AHP e aplicações 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção de fatores que potencialmente influenciam na seleção do modal de transporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção de critérios relevantes à tomada de decisão do embarcador • Estruturação da ferramenta de decisão 	<ul style="list-style-type: none"> • Eleição de casos hipotéticos para aplicação do modelo • Análise dos resultados obtidos

Figura 1: Etapas da pesquisa

Na primeira etapa são levantados na literatura os fatores contextuais que envolvem o problema: a evolução da infraestrutura de transportes terrestres no Brasil, os critérios de seleção relevantes ao embarcador já levantados em pesquisas anteriores e o processo de aplicação do método de análise hierárquica (AHP). Tem como objetivo fornecer os subsídios necessários para compreensão do contexto desta pesquisa e prover o conteúdo necessário para o desenvolvimento da ferramenta de decisão.

McGinnis (1989) *apud* Meixell, et al. (2008) identifica quatro tipos de modelo de decisão para seleção do modal de transporte:

- a) Clássico modelo econômico de escolha de modal de transporte que identifica a distância que divide a competitividade entre o transporte ferroviário e o rodoviário.
- b) Modelos teóricos de estoque que indicam o melhor modal em função do custo total de transporte, do pedido de encomenda da carga e dos custos relacionados ao estoque e armazenagem, entre outros.
- c) Modelo de *trade offs*⁶ que identificam o melhor modo baseado na soma dos custos diretos de transporte e dos demais custos classificados como “não transporte”.
- d) Modelos de otimização com regras de restrições, que identificam o melhor modal através da minimização dos custos de transporte, usando outros custos como restrições.

O alicerce da pesquisa será uma adaptação do modelo de *trade off*, pois ao invés de custos será realizado um trade off com base nos atributos das alternativas disponíveis. De acordo com Gil (2002), o delineamento de uma investigação acadêmica expressa os procedimentos técnicos de coleta e análise de dados. Esta usará principalmente fontes bibliográficas e consulta a especialistas da área como fonte de dados.

A estrutura do documento segue as etapas da pesquisa. No capítulo 2 é descrito o levantamento bibliográfico acerca dos assuntos pertinentes ao tema como forma de subsidiar o desenvolvimento do estudo e apresentar conceitos iniciais.

No capítulo 3 é desenvolvida a ferramenta de decisão, juntamente com as definições dos critérios usados.

O capítulo 4 mostra exemplos de aplicação da ferramenta, onde são analisados cenários com diferentes tipos de carga e distâncias. A conclusão, limitações e recomendações para estudos futuros são descritos no capítulo 5.

⁶ *Trade off* é uma expressão em inglês que define uma situação de escolha que envolve a perda de um benefício apresentado por uma alternativa em troca de um ganho de um benefício apresentado por uma segunda alternativa.

2 Levantamento bibliográfico

Este item reúne os fatores contextuais e os subsídios para o desenvolvimento da metodologia de escolha. Primeiramente, é preciso entender como se deu a evolução da infraestrutura de transportes para compreender o comportamento da carga.

Ao longo dos anos, o contexto modificou-se. Houve a concepção de tecnologias no transporte: a ferrovia ganhou concorrência com a invenção do automóvel que ganhou espaço com o rodoviarismo. Concomitantemente, as demandas por transporte se alteraram com a industrialização e o advento do *just in time*: o perfil de cargas se tornou mais diversificado incluindo cargas com algum grau de processamento em meio às matérias primas. Os volumes diminuíram e o valor da carga aumentou o que trouxe a necessidade de transporte mais rápido e flexível a destinos diversos. Obviamente, os critérios de escolha da carga foram influenciados por estas transformações.

Em função disso, é pertinente discorrer sobre três assuntos: a evolução da infraestrutura de transporte terrestre brasileira, os critérios de decisão do embarcador e um modelo de apoio à decisão.

A primeira parte descreve o desenvolvimento da infraestrutura de transporte nacional e dá uma perspectiva de projetos futuros. Este item apresenta a conjuntura atual do sistema de transportes e subsidia a inferência dos critérios usados pelos embarcadores.

No item 2.2, são reunidos uma série de critérios de decisão em problemas logísticos relacionados à escolha modal apontados na literatura nacional e internacional. O objetivo deste item é levantar os critérios relevantes apontados em estudos anteriores, conhecer os termos e as definições usadas para critérios usuais como “nível de serviço” e identificar características essenciais e comuns que são exigidas por diferentes cargas no serviço de transporte.

Por fim, o terceiro item aborda a técnica escolhida para abordar o problema de decisão: a metodologia que suporta a análise hierárquica (AHP), onde são detalhadas as etapas do método.

2.1 A evolução da infraestrutura de transporte terrestre brasileira

A infraestrutura de transporte terrestre brasileira teve seu início no período Imperial com a forte participação do modal ferroviário e, assim como em outras nações⁷, se tornou predominantemente rodoviária. No Brasil, o modal rodoviário aumentou sua participação no transporte de cargas a partir de meados do século XX (Figura 2).

Figura 2: Evolução do transporte no Brasil [em toneladas] (Fonte: DAVID (2007))

De acordo com Castello Branco (2008), três fases comuns são identificadas no desenvolvimento da malha ferroviária em diversos países: expansão, declínio e reestruturação. E a fase de declínio, em geral, é acompanhada pela rápida expansão do malha rodoviária. De acordo com Barat (1978) *apud* Castello Branco (2008), há uma densa correlação entre as etapas do desenvolvimento econômico e a evolução da infraestrutura de transporte, em especial para o setor de carga.

Expansão ferroviária

A expansão da malha ferroviária se deu de forma acelerada até a República Velha, segundo Castello Branco (2008).

⁷ De acordo com Castello Branco (2008), embora existam diferenças temporais, as três fases do desenvolvimento ferroviário são identificadas na maioria dos países e estão relacionadas à expansão da malha rodoviária. Alguns históricos são descritos em sua tese, como Canadá, Estados Unidos, Suécia, Grã Bretanha, entre outros.

Dada à elevada importância econômica da época, a malha apresentou enorme crescimento através do investimento de capital estrangeiro. Entre 1873 e 1889, com um avanço de mais de 500km/ano, a malha passa de 1.500km a 9.900km, com grande rentabilidade devido à cafeicultura (CASTELLO BRANCO, 2008). Entretanto, segundo David (2007), o crescimento das estradas de ferro se deu de forma independente, com linhas não interligadas, uso de bitolas diferentes, trazendo marcantes heterogeneidades técnicas e de eficiência (CASTRO E LAMY, 1994 *apud* CAIXETA FILHO, ET AL., 2001).

David (2007) e o IPEA (2010) destacam que o desenvolvimento ferroviário desta época era voltado à atividade de exportação de café, e não ao desenvolvimento econômico e integração das regiões. Por tal motivo, o traçado das ferrovias brasileiras antigas segue a orientação interior-costa em direção aos portos. Castello Branco (2008) estima que em 1889 cerca de 40% da malha ferroviária total, localizada nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, gravitavam ao redor do café.

As supersafras de café ocorridas no fim do século XIX e início do século XX e o elevado custo e déficit financeiro crônico das ferrovias devido aos maus projetos e construções motivaram o encampamento⁸ de malhas ferroviárias pelo Estado. Os investimentos estrangeiros diminuíram, contudo, os subsídios a novas ferrovias permaneceram. Entre 1889 e 1930 a extensão da malha ferroviária alcançou 32.500km (CASTELLO BRANCO, 2008).

A Tabela 1 resume as fases de expansão, declínio e restauração do sistema ferroviário no Brasil.

⁸ Apropriar-se (a administração pública) de uma empresa privada pagando indenização.

Tabela 1: Fases do desenvolvimento ferroviário (Fonte: CASTELLO BRANCO, 2008)

Fase	Marcos temporais	Evolução da malha	Caráter das empresas	Financiamento público	Financiamento privado
I	Regência e início do Segundo Reinado	Expansão lenta e generalizada	Essencialmente privado. Empresas pulverizadas e insulares	Garantia de juros	Emissão de ações e obrigações diversas. Capitais britânicos.
II	Segundo Reinado	Expansão acelerada e generalizada	Essencialmente privado. Maior grau de integração pela aquisição de pequenas empresas pelas maiores.	Garantia de juros e subvenção quilométrica	Emissão de ações e obrigações diversas. Capitais britânicos.
III	República Velha	Expansão acelerada e generalizada	Essencialmente privado. Maior grau de integração pela aquisição de pequenas empresas pelas maiores.	Garantia de juros restrita, empréstimos externos, emissão de obrigações e recursos fiscais.	Emissão de ações e obrigações diversas. Capitais britânicos e norte-americanos.
IV	Era Vargas	Expansão lenta e generalizada	Essencialmente público. Consolidação de redes regionais.	Fundos setoriais e recursos fiscais.	Não aplicável
V	Pós-Guerra e Regime Militar	Retração generalizada e expansão seletiva	Público. Uma rede nacional e outra regional.	Empréstimos externos, fundos setoriais e recursos fiscais.	Limitadas aquisições de material rodante de certificados de frete futuro.
VI	Nova República	Retração generalizada	Privado. Oligopolista, porém sem concorrência entre as empresas.	Empréstimo externo e assunção de dívidas.	Emissão de obrigações e empréstimos.

Declínio ferroviário e expansão da rodovia

A década de 30 é vista como muitos autores como o princípio do declínio ferroviário, segundo Barat (1978), Dourado (1981), David (1985), Barat (1991) *apud* Castello Branco (2008), apesar de que o rodoviarismo teve início no mandato de Washington Luis com o lema “governar é abrir estradas”.

Houve então uma série de incentivos como o desenvolvimento da indústria automobilística e mecanismos de financiamentos para expansão da malha (Fundo Rodoviário Nacional – FRN), entre outros. A criação da Petrobras e a instalação das primeiras montadoras aquecia a economia e motivava a construção de rodovias (David, 2007).

Conforme Angelo (1991) *apud* Caixeta Filho, et al. (2001), os menores custos na implantação da rodovia comparativamente à ferrovia, além do menor tempo de construção, contribuíram para o abandono da opção ferroviária.

Aos poucos, as estradas de ferro concedidas ou arrendadas foram devolvidas ou retomadas pelos governos federal e estadual, em função dos desempenhos financeiros inadequados. Em 1957 foi criada a Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA), que abrange inicialmente 17 estradas de ferro do governo federal (Castello Branco, 2008). Anos mais tarde, 1972, a Ferrovia Paulista S.A. (Fepasa) foi criada com a aglutinação das estradas de ferro paulistas.

Caixeta Filho (2001) aponta um conjunto de fatores que levaram ao declínio ferroviário e ascensão rodoviária, entre eles:

- Sistema de tarifas ferroviárias baseava-se no valor da mercadoria transportada;
- O transporte rodoviário tinha pouca intervenção governamental e seu frete era baseado nos custos. Desta forma, tornou-se rapidamente mais competitivo que o ferroviário para cargas de elevado valor agregado e menor volume;
- Abandono do sistema ferroviário que, voltado para a exportação, revelava-se inapropriado para atender à nova ordem econômica regida pelo atendimento ao mercado interno;
- Intenso processo de industrialização que trouxe mudanças nas técnicas de produção: busca pela minimização dos tempos de deslocamento e da formação de estoque.

Este último fator, o processo de industrialização, é ressaltado por outros autores como principal causa do declínio ferroviário (CASTELLO BRANCO (2008), DAVID (2007)). Com o advento do processo de industrialização e de urbanização ocorreu um incremento da movimentação de cargas no país, que foi atendido pelos investimentos na rede de rodovias (IPEA, 2010).

Apesar do cenário pessimista e dos resultados financeiros cada vez piores, entre 1930 e 1964, houve aumento do volume de carga transportada pela malha ferroviária de 19 milhões para 54 milhões de toneladas (189%). Todavia, enquanto a carga ferroviária crescia, a rodoviária crescia ainda mais. A Tabela 2 mostra a evolução da porcentagem em volume transportado em cada modal entre 1953 e

1963, e segundo Galvão (1996) *apud* Araújo (2006). Em 1970 o modal rodoviário era responsável por 73% da carga movimentada em todo o país.

Tabela 2: Distribuição modal entre 1958 – 1963 (% de volume transportado) (Fonte: IBGE 2003 *apud* CASTELLO BRANCO, 2008)

Ano	Rodoviário	Ferroviário	Aeroviário	Hidroviário
1953	53,1	21,7	0,2	25,0
1955	56,5	18,4	0,2	25,6
1957	57,2	18,2	0,2	24,4
1959	58,6	19,1	0,2	22,1
1961	61,6	17,5	0,1	21,1
1963	65,3	16,5	0,1	15,2

Castello Branco (2008) ressalta o fato de que o avanço da carga geral era atendido pela rodovia e que tradicionalmente esta carga trazia maior rentabilidade que aquelas que permaneceram na ferrovia (granéis, produtos siderúrgicos, etc.), devido ao seu maior valor agregado e ao afretamento *ad valorem*. De acordo com Moreira (2004), a ferrovia perde competitividade e o transporte de carga geral, e se concentra em granéis, de maior volume e menor valor agregado.

Em paralelo, neste período iniciava o desenvolvimento da exploração de minério de ferro. A Companhia Vale do Rio Doce, criada em 1942 por Getúlio Vargas, demandava investimentos à Estrada de Ferro Vitória a Minas (cujas construção teve início em 1903) como forma de viabilizar a exploração de sua carga.

Segundo David (1996), as ferrovias foram compelidas a adotar outra estratégia de sobrevivência, e passaram a operar em um mercado específico. Desistiram de produtos de menores volumes, reduziram a gama de produtos atendidos (inclusive do transporte de passageiro) para realocar seus recursos no transporte de granéis como minério de ferro, derivados de petróleo e cimento.

Entre 1960 e 1990, em função da movimentação de minério de ferro, houve um aumento da participação da ferrovia de 18% para 23% no volume total de cargas transportadas, passando de 44 milhões para 215 milhões de toneladas, de acordo com o IBGE (2003). A exportação de minério de ferro torna-se responsável por 70% do total de cargas transportadas, segundo Marques (1996) *apud* Castello Branco (2008).

De acordo com Ferreira e Malliagos (1999) *apud* Castello Branco (2008), a soma de todos os investimentos federais em rodovias entre 1960 e 1990 é apenas 14% acima do investimento federal em ferrovias (R\$39,5 bilhões versus R\$34,8 bilhões, em valores de 1995).

O aumento do volume por si só e os investimentos federais não foram capazes de reverter o quadro de degradação operacional e as elevadas dívidas da RFFSA (cujo pico deu-se em 1985) e da Fepasa (cujo pico deu-se 1994). Buscando uma maior participação do capital privado no financiamento, a RFFSA foi incluída no Programa Nacional de Desestatização (PND) em 1992 e a Fepasa em 1997.

Participação da iniciativa privada

A partir da década de 1990, intensificou-se um movimento de concessão (ou re-concessão) da infraestrutura de transportes terrestres à iniciativa privada – tanto rodoviária quanto ferroviária.

Nunes (2011) aponta que a desestatização do transporte terrestre inseriu-se em um contexto em que houve um esforço governamental para privatizar diversas empresas públicas, em diversos segmentos.

Pinheiro (2000) *apud* Nunes (2011) sugere que a utilização histórica de empresas estatais como instrumentos de políticas macroeconômicas – limitando investimentos, contraindo dívidas acima do necessário, oferecendo preços mais baixos para controlar inflação e promover exportação – desviou as empresas de seu enfoque comercial, e acarretou na deterioração gradual e contínua de seu desempenho.

Em 1990 o governo federal criou o Programa Nacional de Desestatização (PND). A RFFSA, gestora da maior parte da malha ferroviária brasileira, foi incluída no PND em 1992. Em 1995, o Ministério dos Transportes implantou o Programa de Concessão de Rodovias Federais. No ano seguinte, as primeiras malhas haviam sido concedidas à iniciativa privada.

Entre os objetivos para a desestatização incluíam-se: a desoneração do Estado; a melhoria da alocação de recursos; o aumento da eficiência operacional de transportes; o fomento do desenvolvimento do mercado de transportes; e a melhoria da qualidade dos serviços (ANTT, 2008 *apud* NUNES, 2011).

A desestatização das ferrovias seguiu um modelo de concessão cheia – incluindo a infraestrutura (via permanente), o material rodante, a operação, o controle de tráfego – de uma malha a uma única empresa vencedora da licitação (DAVID, 2007).

A malha ferroviária federal da RFFSA foi subdividida em seis malhas com alcance regional – MRS, CFN, FSA, FCA, Novoeste e Tereza Cristina – e concedida em partes entre 1996 e 1997. A malha paulista da FEPASA foi concedida pelo mesmo modelo em 1998. As estradas de ferro EFVM e EFC controladas pela então estatal Cia. Vale do Rio Doce foram concedidas à iniciativa privada no processo de privatização da empresa. A Tabela 3 aponta as principais concessões ferroviárias realizadas.

Tabela 3: Malha ferroviária concedida (adaptado de ANTT, 2006 *apud* DAVID, 2007)

Malhas Regionais	Data do Leilão	Concessionárias	Início da Operação	Extensão (Km)
Oeste	05.03.96	Novoeste S.A.	01.07.96	1.621
Centro-Leste	14.06.96	FCA	01.09.96	7.080
Sudeste	20.09.96	MRS	01.12.96	1.674
Tereza Cristina	26.11.96	Ferrovias Tereza Cristina S.A.	01.02.97	164
Sul	13.12.96	ALL	01.03.97	6.586
Nordeste	18.07.97	CFN	01.01.98	4.238
Paulista	10.11.98	Ferrobán	01.01.99	4.236
Sub Total				25.599
EFC	-	CVRD	01.07.97	892
EFVM	-	CVRD	01.07.97	898
Total				27.389

Os contratos de concessão não estipulavam *a priori* quais investimentos deveriam ser perseguidos pelas operadoras, mas definiam metas de desempenho em termos de produção total e redução de acidentes. De certo modo, os contratos impeliem a realização de investimentos para alcançar as metas, mas delegavam ao operador a escolha de qual investimento seria mais eficaz (SOUSA, 1997).

As concessões tiveram impactos positivos ao desenvolvimento do transporte ferroviário: os investimentos aumentaram consistentemente, de R\$574 milhões ao ano em 1997 a R\$ 2.610 milhões no ano de 2009. Entre 1997 e 2010, a frota de

material rodante foi renovada e mais do que duplicada⁹ (ANTF, 2011). Em termos de extensão da malha, houve ampliação de 10% entre a data de concessão e 2011 (30.051km atuais¹⁰ ante os 27.389km concedidos).

A produção de transporte cresceu 103% entre 1997 e 2010 (Figura 3). O grupo de cargas “minério de ferro e carvão” continuou como o volume preponderante na ferrovia, ainda que sua participação tenha reduzido de 81% para 76% entre 1997 e 2010.

Figura 3: Evolução da produção de transporte ferroviário em bilhões de TKU (Fonte: ANTF)

No entanto, alguns fatores da desestatização de ferroviárias continuam alvos de crítica, e revisões estão na pauta da discussão do governo, entre os quais: a estipulação de metas de desempenho para trechos específicos de cada malha; a regulamentação do direito de passagem; a revisão dos tetos de tarifa; e a segregação das funções de operador de transporte e gestor da via permanente.

A desestatização de rodovias teve início em 1995 com a concessão de importantes trechos de rodovias federais que tinham movimento de tráfego para exploração

⁹ De 1.157 locomotivas e 43.816 vagões em 1997 para 3.130 locomotivas e 99.531 vagões em 2010. Fonte: ANTF.

¹⁰ Fonte: CNT, 2011

privada de pedágio (BITTENCOURT, 2009). Seis trechos foram de rodovias federais foram concedidos até 1998. Ações semelhantes foram realizadas no nível estadual até o final os anos 2000. Em 2008, outros oito trechos de rodovias federais foram concedidos.

Segundo a ABCR (2011), havia 53 concessionárias de rodovias em 2010. A Pesquisa CNT de Rodovias edição 2011 aponta que 15.374km estão atualmente concedidos à iniciativa privada, perfazendo 17% da extensão rodoviária contemplada na pesquisa (CNT, 2011).

Os dados da pesquisa revelam que a qualidade das vias sob gestão da iniciativa privada foi significativamente superior a das vias sob gestão pública: 86,9% das rodovias concedidas encontram-se em estado bom ou ótimo¹¹; em contraste, 33,8% das rodovias sob gestão pública recebem a mesma classificação.

Novos projetos e perspectivas do desenvolvimento de setor de transportes terrestres

As perspectivas apontam para a ampliação do leque de opções logísticas, em função da execução de novos projetos de infraestrutura (ferrovias e rodovias); e por conta da nova regulamentação de setor ferroviário, que estimula o desenvolvimento da produção.

Segundo dados do Governo Federal, em 2011, havia 3.500km de ferrovias em construção sob o PAC 2, incluindo:

- A Nova Transnordestina, que interligará os portos de Pecém e Suape ao interior do Piauí (previsão estimada para dezembro/2014);
- A Ferrovia de Integração Oeste-Leste, FIOl, que conectará Barreiras/BA ao porto de Ilhéus/BA (dezembro/2015¹²);
- O trecho sul da Ferrovia Norte-Sul, que interligará Palmas/TO a Estrela D'Oeste/SP (julho/2014); e,
- A extensão da Ferronorte de Alto Araguaia/MT a Rondonópolis/MT (agosto/2012).

¹¹ Segundo critério da pesquisa que leva em consideração 17 critérios referentes a geometria da via, pavimento e sinalização.

¹² O trecho entre Caetité/BA e Ilhéus/BA é estimado para ser concluído em junho/2014.

O PAC 2 contempla ainda estudos para novos projetos ferroviários incluindo a Ferrovia de Integração do Centro-Oeste (FICO) ligando o Mato Grosso à Ferrovia Norte-Sul; a integração da Nova Transnordestina à Ferrovia Norte-Sul; a integração da FIOF à Ferrovia Norte-Sul; a extensão da Ferronorte à Cuiabá/MT; entre outras intervenções. A Figura 4 ilustra as obras e estudos ferroviários contemplados no PAC 2.

Outras obras ferroviárias são estudadas no Plano Nacional de Logística de Transporte (PNLT): a construção da Ferrovia do Frango, interligando o oeste de Santa Catarina à Malha Sul atualmente concedida à ALL; a construção da Ferrovia Litorânea entre Araguari e o Porto de Imbituba, em Santa Catarina; a remodelação do trecho de Corumbá/MS a Santos/SP; e a remodelação de trechos sob concessão da FCA na Bahia.

Figura 4: Projetos ferroviários contemplados no PAC 2 (FONTE: 2º Balanço de 2011 do PAC, para ferrovias)

No campo de rodovias, o PAC 2 contempla a construção de 8.000km de vias e obras de manutenção em 54.000km. Destacam-se as obras de duplicação de trechos da

BR-101, a construção e pavimentação da BR-163 com 978km de extensão que interligará o norte do estado de Mato Grosso ao porto de Santarém no Pará.

Em um esforço de fomentar a produção ferroviária, a ANTT publicou três resoluções que alteram o marco regulatório do setor. As resoluções objetivam estimular a interpenetração de malhas, fomentar a competição intrasetorial e ampliar a capacidade do sistema através da possibilidade de outros agentes investirem nas malhas ferroviárias além das concessionárias. As resoluções e suas finalidades são apresentadas a seguir:

- Resolução nº 3.694/2011, “Regulamento dos Usuários dos Serviços de Transporte Ferroviário de Cargas”: Consolida os direitos dos usuários dos serviços de transporte ferroviário de cargas;
- Resolução nº 3.695/2011, “Regulamento das Operações de Direito de Passagem e Tráfego Mútuo”: Disciplinamento dos procedimentos relativos ao compartilhamento de infraestrutura ferroviária e de recursos operacionais visando à integração do sistema ferroviário nacional;
- Resolução nº 3.696/2011, “Regulamento para Pactuar Metas de Produção por Trecho e Metas de Segurança”: Aperfeiçoamento da atividade regulatória de forma a permitir atuação pontual em trechos específicos (ANTT, 2011).

Segundo Mattos Filho Advogados (2011), as resoluções atendem a pleitos de usuários ao tentar coibir práticas discriminatórias decorrentes do monopólio natural da infraestrutura ferroviária; no entanto, o autor discute se seria juridicamente válido a ANTT promover mudanças unilaterais nos contratos de concessão e não acompanhá-las de reequilíbrios econômicos financeiros.

2.2 Os critérios de decisão do embarcador

A seleção do modal de transporte é, em geral, feita pelo gerente de logística com base em uma análise multicriterial, frequentemente prevalecendo a importância dos aspectos de custo e tempo de viagem (Meixell, et al., 2008). Os demais critérios muitas vezes não são facilmente quantificáveis, ou ainda, comparáveis entre os diversos modais de transporte.

A escolha do modal de transporte e a seleção do transportador da carga são parte de um processo de tomada de decisão que inclui identificar variáveis relevantes de desempenho do transporte, selecionar o modal e o transportador, negociar tarifas e níveis de serviço, e avaliar o desempenho da solução escolhida (Monczka et al., 2005 *apud* Meixell, et al., 2008). O resultado de cada etapa deste processo varia em função da indústria, da localização, do sentido de transporte (importação, exportação, mercado interno) ou mesmo dentro do próprio setor da empresa.

Antes, na solução do transporte, optava-se primeiro por um modal e depois se selecionava um transportador. Atualmente esta decisão ocorre simultaneamente e incluem ainda alternativas como terceirização a operadores logísticos, (Meixell, et al., 2008). No caso da terceirização, a escolha do modal ainda pode ser feita tanto pelo embarcador quanto pelo transportador (Patterson, et al., 2010).

De acordo com Evers and Emerson (1998) *apud* Bontekoning, et al. (2003), o aumento de operadores logísticos usuários do transporte intermodal tem resultado em maior uso destas em serviços do tipo rodoferroviário. Além dos critérios de custo e tempo, há uma imagem já pré-definida sobre o transporte rodoferroviário de difícil superação, onde o custo baixo é atrelado ao serviço de baixa qualidade. Isso mostra que as decisões sobre o uso do modal de transporte não são totalmente racionais. E, reforçado por Patterson, et al., (2010), o fato de usar ou não a intermodalidade também pode impactar na escolha do transportador.

O levantamento bibliográfico dos critérios que influenciam a escolha do modal mostrou algumas diferenças interessantes nos estudos avaliados. Entre os casos estudados, percebe-se que os critérios tem alguma variação em função do contexto em que se insere a tomada de decisão, como já afirmava Meixell, et al., (2008) e Bontekoning, et al., (2003).

Estudos internacionais parecem dar um enfoque maior na logística de transportes dentro da cadeia produtiva. Em função do sistema de transporte bem desenvolvido, em alguns países europeus e em estudos americanos a abordagem concentra-se na demanda por transporte doméstico dentro da cadeia produtiva. Entre os critérios que parecem caracterizar mais este contexto estão a busca de parcerias (entre embarcador e empresa logística), busca de relacionamento de longo prazo, entre outros.

Já os estudos nacionais, em geral, tem abordagem mais aprofundada na questão dos custos como critério principal. Os estudos avaliam ainda casos de um tipo de carga com trajeto definido. Esta abordagem se dá em virtude do desenvolvimento da infraestrutura de transporte e do perfil das cargas estudadas, em sua maioria *commodities* para atender ao mercado externo. As alternativas de escoamento são limitadas, o que resulta em estudos com uma origem e poucas opções de destino em função dos terminais portuários e de suas infraestruturas de acesso.

A seguir são descritas as principais informações levantadas em estudos acadêmicos sobre critérios de decisão e ao final deste item, uma síntese da revisão bibliográfica é apresentada.

Meixell, et al., (2008) faz uma revisão bibliográfica dos critérios usados na escolha de modal e na seleção do transportador com base na literatura internacional publicada nos últimos 20 anos. Seu trabalho - dividido entre seleção de critérios, desenvolvimento do processo decisório e integração com a cadeia de suprimentos - reúne estudos após a mudança da regulação no setor de transportes americano¹³ com objetivo de identificar lacunas na área de pesquisa sobre este tema.

Murphy And Farris (1993) *apud* Meixell, et al., (2008) sugerem que a introdução da filosofia do *just in time* nos processos produtivos e o aumento da ênfase em qualidade fizeram com que a escolha se tornasse mais complexa. Mais variáveis se envolveram no processo decisório levando ao desenvolvimento de diversas abordagens e teorias.

¹³ O processo de desregulamentação do transporte ferroviário americano permitiu que as ferrovias pudessem agir como qualquer outra empresa privada, estabelecendo livremente as tarifas de seus serviços (Castello Branco, 2008).

Com o avanço do *just in time* nas indústrias manufatureiras americanas, os critérios dos embarcadores avaliados por Bagchi et al (1987) reduziram-se a quatro fatores: frete, serviço ao cliente (com maior ênfase), acompanhamento da carga, disponibilidade de equipamento/ flexibilidade de serviço. Bardi et al. (1989) comparou a importância dos mesmos critérios na escolha do transportador antes e após a mudança de regulação do sistema de transporte americano e identificou maior ênfase no frete e menor mudança na importância do serviço ao cliente.

Neste mesmo contexto, ao comparar os estudos acadêmicos antes e após o ato, McGinnis (1990) levantou seis fatores de maior importância no processo decisório: frete, confiança, *transit time*, perdas e danos/acompanhamento da carga, considerações do mercado do embarcador, e considerações do transportador (neste fator, inclui-se capacidade). Variáveis relacionadas a serviço apresentavam-se com grande importância, entretanto, o frete ainda predominava em diversos segmentos. Nota-se que as mudanças na ordem dos critérios eram compatíveis com a nova conjuntura de livre cobrança de frete, sem intervenção governamental.

Danielis et al (2005), na Itália, entrevistou gerentes de logística e, em seu estudo, levantou como preferência dos embarcadores o custo, o tempo, confiança e danos. Ainda, as estimativas indicaram uma forte preferência pelos atributos de qualidade sobre os de custo, ou seja, preferência de pagar pela confiança e segurança para as indústrias italianas pesquisadas.

Evers et al (1996) estuda a diferença de percepção do modal sob o ponto de vista do gerente de logística e como isso o influencia a escolher ou rejeitar um transportador específico sem uma análise econômica. Entre os critérios oportunidade, disponibilidade, adequabilidade, contrato com a empresa, restituição por perdas e danos, e custo, oportunidade e disponibilidade foram as mais indicadas. Ao estender o estudo ao domínio do serviço intermodal, Evers et Johnson (2000) notaram o destaque dos seguintes critérios: percepção de comunicação, qualidade do serviço ao cliente, entrega consistente, *transit time* e tarifas competitivas.

Para embarcadores de cargas fracionadas, Lambert et al (1993) identificou as seguintes características: serviço ao consumidor de elevada qualidade, cobrança assertiva, e uma preocupação menor com relação ao frete do transporte, contanto que este fosse competitiva com o mercado, em um intervalo razoável e aceitável.

Semeijn (1995), avaliando o transporte internacional, considerou confiabilidade, *transit time* e custos, nesta ordem.

No caso da busca por uma relação de longo prazo entre transportadores e embarcadores, Gibson et. al. (1993) *apud* Meixell, et al., (2008) identificou uma mudança na importância dos critérios considerados pelo embarcador americano. Abrange, em ordem decrescente de valor, atendimento das expectativas de serviço, estabelecimento de excelente histórico de desempenho, propósito de desenvolvimento de melhorias contínuas, habilidade para lidar com necessidades especiais e emergências, busca por metas-custo, forte capacitação técnica e estabelecimento de programas de segurança.

A percepção dos embarcadores e do que os transportadores acreditavam ser os critérios de seus clientes foi se alinhando ao longo dos anos. Gibson et al (2002) fez um segundo estudo que confirmou a convergência dos critérios. Enquanto embarcadores ranqueavam custo, efetividade e confiança como mais importantes, transportadores ranqueavam confiança, efetividade e flexibilidade como os atributos mais relevantes aos embarcadores.

Dobie, et al., (2005) *apud* Meixell, et al., (2008) defende que a escolha de um modal é resultado de uma escolha bilateral, tanto do embarcador e quanto do transportador. O autor justifica que o transportador que conseguiu sobreviver ao ambiente extremamente competitivo das últimas décadas está apto a selecionar qual cliente melhor se encaixa em suas competências e quais dos seus atributos são valorizados pelo embarcador.

No contexto brasileiro, a abordagem difere da literatura internacional. A oferta de infraestrutura não é extensa como em países desenvolvidos. As opções de transporte são limitadas, restringindo-se apenas ao modal rodoviário em diversas regiões do país. À parte de cargas cuja exploração depende da logística (e que o retorno financeiro justifique o investimento em infraestrutura como no caso de grãos minerais), a oferta de infraestrutura ferroviária para demais cargas ainda é escassa, mesmo com as melhorias ocasionadas pelas concessões da década de 90. A participação representativa dos grãos minerais e das *commodities* na produção de transporte ferroviário é refletida nos temas dos estudos acadêmicos nacionais. A literatura nacional aborda de forma mais profunda o aspecto financeiro da escolha

do modal de transporte. Embora não tão vasto quanto na literatura internacional, foi possível encontrar estudos que abordavam o tema e são relatados a seguir.

Segundo Oliveira, et al., (2004), é consenso entre os autores Novaes (1986), Cook, et al., (1999), Vieira (1992), Monteiro, et al., (2001) e Ballou (2001) que a efetividade da escolha do modal relaciona-se com resultados que minimizem os custos logísticos e que mantenham a qualidade nos serviços prestados.

Na tentativa de capturar os critérios usados pelo embarcador, alguns autores classificam os atributos em diferentes categorias. Indra-Payoong (1999) *apud* Oliveira, et al., (2004) classifica em três grupos: características do usuário, característica do transporte e informações sobre nível de serviço. Os atributos categorizados em cada grupo são mostrados na Figura 5.

Figura 5: Classificação dos atributos que influenciam na escolha modal, segundo INDRA-PAYOONG (1999)

Já Oliveira, et al., (2004) adota em seu estudo uma estrutura *bottom up*, partindo de um conjunto de critérios e agrupando-os, resultando em duas classes, custos totais e nível de serviço (Figura 6).

Figura 6: Estrutura de critérios para escolha modal no transporte de cargas usado por Oliveira, et al., (2004)¹⁴ em seu modelo neuro-fuzzy

Dentro desta estrutura, na classe 'custo' encontram-se o custo de transporte, os custos de estoque, os custos indiretos (administrativos etc.). A autora define nível de serviço como um critério que engloba diversos atributos, tanto característicos da carga (como o seu valor), como do transportador (por exemplo, flexibilidade).

São diversos os autores que avaliam apenas o aspecto custo das opções de transporte. A Tabela 4 resume alguns dos estudos sobre escolha de modal, que apesar de citarem a relevância de outros critérios, determinam a melhor solução a partir da soma total dos custos.

¹⁴ GEM: Grau de efetividade modal.

Tabela 4: Exemplo de avaliação de custos nas opções de transporte

Autor	Opções de transporte	Tipo de carga
Silva (2005)	Rodoviário vs. Rodoferroviário	Granel agrícola (açúcar para exportação)
Souza, et al.	Rodoviário vs. Rodoferroviário	Granel agrícola (açúcar para exportação)
David (2007)	Rodoviário vs. Ferroviário	Genérico para qualquer carga, com exemplo de aplicação ao zinco
Santos, et al., (2004)	Marítimo (cabotagem) vs. Rodoviário	Contêineres (matéria prima para produção industrial - transporte doméstico)
Teixeira (2007)	Rodoviário vs. Ferroviário vs. Marítimo vs. Fluvial	Contêineres (Carga geral fracionada – transporte doméstico)

A definição de nível de serviço é ampla e pode envolver diferentes fatores em função do autor, do embarcador e do tipo de serviço ofertado. Na visão de Novaes (1986), nível de serviço em geral é composto de quatro grupos de critérios: variáveis de tempo, variáveis de custo, atributos referente à segurança e atributos relacionados ao conforto e à conveniência do modo de transporte (Tabela 5).

Tabela 5: Critérios que compõe nível de serviço, de acordo com Novaes (1986)

Critérios	Definição
Tempo	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo de deslocamento - Confiabilidade no cumprimento do <i>transit time</i>¹⁵ programado (desvio padrão do tempo de viagem) - Tempo gasto os pontos de transferência - Tempo de espera (frequência da oferta)
Custo	<ul style="list-style-type: none"> - Custos diretamente desembolsados (tarifa, combustível, pedágios, etc.) - Outros custos diretos (documentação, embalagem para transporte, etc.) - Custos indiretos (armazenagem, juros, seguro, etc.)
Segurança	- Probabilidade de ocorrência de acidentes ou dano completo às cargas; de avarias e de roubos ou assaltos
Conforto e conveniência	<ul style="list-style-type: none"> - Número de transferências inter ou intramodal - Número de paradas dentro do percurso - Adequação física do modo de transporte (temperatura, grau de umidade, limpeza etc.)

¹⁵ Segundo Oliveira (2004), *transit time* representa o tempo de percurso da mercadoria, ou seja, o tempo consumido na movimentação de carga considerando o tempo em movimento e o tempo parado, entre a origem e o destino.

O nível de serviço está intimamente ligado à demanda do cliente e aos serviços oferecidos por quem transporta a carga, segundo Belém Jr (2007). Os exemplos a seguir reúnem critérios semelhantes com objetivos que variam desde a escolha modal a avaliação do desempenho de transportadores de modais diferentes.

Oliveira (2004) usa a base de Novaes (1986) e de outros autores para definir os critérios relevantes do embarcador no seu modelo de decisão modal, ilustrado na Figura 6. A autora acrescenta em sua lista, além dos critérios de Novaes (1986), os critérios valor agregado da carga, disponibilidade e qualidade das informações, oferta de instalações logísticas, acessibilidade e flexibilidade. As definições são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: Critérios usados por Oliveira (2004) para a escolha modal

Critérios	Definições
Valor agregado da carga	Representa a adequação dos modos de transporte ao tipo de carga considerando seu valor agregado
Confiabilidade	É a variabilidade potencial das programações de entrega previstas e efetivas
Disponibilidade e qualidade das informações	Refere-se ao posicionamento da carga durante sua movimentação. Possibilita ao cliente conhecer a localização e a previsão de entrega da carga
Oferta de instalações logísticas	Existência de infraestrutura logística necessária à movimentação da carga. Com o aumento da velocidade e efetividade das operações de movimentação da carga, há redução no risco de ocorrência de roubos e/ou avarias nas mercadorias.
Acessibilidade do sistema de transporte	A capacidade que um modo tem em atender a origem e o destino, prestando um serviço de porta-a-porta.
Flexibilidade modal	Refere-se à capacidade de integração modal e de adaptação a uma nova rota ou percurso.

Outra contribuição da autora é a observação de Ballou (2001) ao apresentar o rastreamento de embarque como uma variável referente à segurança da mercadoria em trânsito. Este atributo pode ser considerado tanto no critério de qualidade das informações como em diminuição de perdas e danos, na classificação de uma alternativa.

Em estudo sobre o nível de serviço de transportadores rodoviários de cargas fracionadas, Belém Jr (2007) identificou aspectos mais específicos em função do

ambiente de elevada competição. Entre eles, citam-se prazo de execução e respectivo nível de confiabilidade, tempo de processamento de tarefas, disponibilidade de pessoal e dos equipamentos solicitados, facilidade em sanar erros e falhas, agilidade e precisão no rastreamento de cargas em trânsito, agilidade no atendimento de reclamações e no encaminhamento de soluções, estrutura tarifária de fácil compreensão e simples aplicação. O autor propõe seis critérios que coincidem com os de Leal Jr, et al., (2010), que avalia o nível de satisfação dos usuários e operadores ferroviários (Tabela 7). Leal Jr, et al., (2010) usa os critérios e definições propostas na Lei 8.987/1995 (Lei das Concessões).

Entre os critérios usados pelos dois autores, acrescentam à lista de Oliveira (2004) a abordagem relacionada ao meio ambiente no critério segurança e a relação com o cliente, que inclui a imagem do prestador de serviço junto ao embarcador.

Tabela 7: Critérios usados para avaliar nível de serviços de modais diferentes (Fonte: Belém Jr, (2007) e Leal Jr, et al., (2010))

Critérios	Definição usada para o transporte rodoviário (BELÉM JR, 2007)	Definição usada para o transporte ferroviário (LEAL JR, ET AL., 2010)
Acessibilidade	Facilidade de contratação dos serviços de transporte e abrangência da região atendida	Regiões atendidas, acesso aos serviços, frequência dos serviços, regularidade na execução do transporte e disponibilização do serviço de transbordo.
Segurança	Considera as medidas corretivas e preventivas da empresa, visando garantir a segurança das operações de transporte, assim como a integridade da carga, e verifica as práticas com vistas a evitar danos ao meio ambiente	Questões relacionadas à segurança operacional, segurança de carga e proteção ambiental
Confiabilidade	Cumprimento das condições contratuais e a regularidade do serviço quanto às programações de transporte	Cumprimento de contrato e regularidade do serviço
Preço	Adequações dos preços cobrados em relação aos serviços prestados, assim como políticas de desconto e promoções	Valores dos fretes e taxas adicionais, políticas de descontos, competitividade com outras modalidades de transporte
Adequação	Observa as condições de segurança e conservação dos	Vagões compatíveis com o serviço, estado de conservação dos

	equipamentos, infraestrutura e veículos utilizados. Considera também o nível de desenvolvimento do sistema de informação	equipamentos e características dos terminais
Relação com cliente	Relacionado à imagem da transportadora e sua eficiência na solução dos problemas	Eficiência na solução dos problemas, facilidade de comunicação, serviços de atendimento ao cliente e imagem e credibilidade

Na avaliação sobre o nível de serviço de consolidadores de cargas marítimas, Vieira, et al. (2005) entrevistou embarcadores de carga do Rio Grande do Sul e usou a seguinte relação de atributos, pesquisados por meio de revisão bibliográfica: frete, tempo de trânsito, regularidade, frequência, abrangência/cobertura dos serviços, qualidade e agilidade na impressão de documentação de embarque, serviço de informação, atendimento e cordialidade dos colaboradores, preparo técnico da equipe de colaboradores e imagem no mercado/reputação.

Já o estudo de Fleury, et al., (2000) tem como objetivo a seleção de um provedor de serviços de transporte, e não necessariamente de modais diferentes. O autor descreve como os critérios mais usados em ordem de importância, confiabilidade, preço, flexibilidade operacional e comercial, saúde financeira, qualidade do pessoal operacional e informações de desempenho.

No levantamento de estudos acadêmicos sobre critérios do embarcador para cargas diversas, esperava-se encontrar novos critérios em função das particularidades das cargas avaliadas. Entretanto, poucos critérios inovadores foram adicionados aos já apresentados.

Leal Jr (2010) analisa a escolha modal para o transporte de produtos perigosos. Após a pesquisa bibliográfica, os critérios levantados foram classificados em aspectos econômico-financeiros e socioambientais. O autor relata que os critérios econômico-financeiros por vezes são encontrados com nomenclaturas diferentes, mas com o mesmo significado e vice-versa. A síntese do autor é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8: Atributos econômico-financeiros levantados por Leal Jr (2010) adaptado pela autora

Crítérios	Definição
Custo	Para o transportador, os custos compreendem os custos médios totais de transporte (fixos e variáveis) mais as taxas adicionais (impostos, seguros etc.). Para o usuário/clientes, são os valores de frete, que representam a receita recebida pelos transportadores.
Segurança	Refere-se à garantia de um transporte sem acidentes e pode interferir diretamente em outros atributos, como custo e confiabilidade.
Confiabilidade	Refere-se ao número de serviços de transporte comprometidos por perdas e danos como avarias, extravios e não conformidades ocorridas com a carga, não resultante de acidentes. Esse atributo também é apresentado pela literatura como perdas e danos e frequentemente confundido com problemas de variabilidade de tempo de entrega, atributo relacionado ao tempo.
Tempo	É geralmente considerado em combinação com a distância percorrida na forma de velocidade. Também se associa com a capacidade de cumprir os tempos previstos, referindo-se à variação de tempo em relação ao tempo médio.
Flexibilidade	É a possibilidade de um determinado modo de transporte trabalhar com diferentes variedades e volumes de cargas. Modos com maiores capacidade de carga podem ter maior flexibilidade, desde que os veículos e os terminais sejam apropriados para tal.
Capacidade	Em uma definição ampla, é o número de vezes em que o modo de transporte pode ser usado em um horizonte de tempo.

Além dos critérios socioeconômicos usados pelo autor devido à natureza da carga estudada (produtos perigosos), o autor inclui o critério de capacidade em seu conjunto de avaliação. Neste contexto, a oferta limitada de instalações logísticas e equipamentos adequados faz com que este critério seja relevante neste caso.

O critério capacidade também é abordado de maneira diferente por MELLO (2010) em seu estudo sobre escolha modal para o transporte de cargas agrícolas por contêineres. Entre os sete atributos estão confiabilidade, disponibilidade, flexibilidade, frequência, segurança, economia de escala e tempo. O autor usa fontes nacionais e internacionais e aponta que flexibilidade não foi o único critério não citado em autores internacionais neste contexto, enquanto que economia de escala foi citada por todos.

Um ponto interessante apresentado pelo autor relaciona-se à perda. Além de ocorrer no transporte na forma de roubo, também ocorre devido à deficiência nos processos operacionais, ao excessivo manuseio dos produtos, à insuficiência de investimento

na capacitação da mão de obra e modernização das estruturas, das máquinas e dos equipamentos, bem como à localização inadequada dos armazéns ao longo da cadeia logística.

Tabela 9: Atributos identificados na escolha modal para cargas agrícolas containerizadas (Fonte: Mello (2010))

Critérios	Definição
Confiabilidade	Representa a entrega da carga no destino estipulado, no prazo agendado e nas condições determinadas
Disponibilidade	Relaciona o grau de capilaridade que o modo possui para atingir os pontos de origem e destino (número de localidades em que o modo se encontra presente)
Flexibilidade	Relaciona-se à facilidade de um modo acessar pontos distantes independentes da infraestrutura de vias
Frequência	Associa-se à capacidade, pois, para atender à mesma demanda, um modo de maior capacidade unitária (hidroviário) deve apresentar frequência menor, enquanto um modo de menor capacidade (rodoviário) deve apresentar uma frequência maior
Segurança	Relação com perdas e danos no transporte, ou seja, ocorrências de avarias, roubos e furtos
Economia de escala	Está ligada a relação entre o frete e a capacidade de transporte do modo
Tempo	Tempo de viagem entre origem e destino. Inclui tempo de viagem e tempo de transbordo

Segundo Caixeta Filho (1998) *apud* Mello (2010), confiabilidade e economia de escala, na forma de frete, são os principais objetivos do embarcador. Ribeiro, et al., (2010) em sua avaliação modal para o escoamento de arroz considera em nível de serviço o número de vezes que o prazo foi cumprido, além de custo médio e tempo médio do transporte.

Belém Jr (2007) ressalta que as expectativas dos clientes e os atributos incluídos em nível de serviço nem sempre são homogêneos. Para o autor seria necessário agrupar os clientes em segmentos baseados em suas necessidades e exigências de distribuição. Contudo, é possível perceber que mesmo entre cargas distintas e contextos diferentes, alguns critérios são frequentes na escolha modal por embarcadores.

2.2.1 Síntese do item

Os critérios de decisão variam conforme a condição de desenvolvimento do sistema de transporte e inclui embarcador, transportador, disponibilidade de infraestrutura, oferta de serviços e regulamentação. Entretanto, mesmo em cenários diferentes, há atributos comuns citados com frequência.

A definição dos termos neste campo de pesquisa é vasta, e conforme relata Leal Jr (2010), por vezes encontram-se critérios com nomenclaturas diferentes mas com mesmo significado e vice-versa.

Foram considerados fontes de estudos nacionais e internacionais com o objetivo de identificar critérios (e/ou definições) relevantes comuns a cenários distintos. Foram levantados os atributos apontados em diferentes fases de desenvolvimento da infraestrutura de transporte; além de cargas e países diferentes.

Na literatura internacional foram encontradas revisões bibliográficas sobre os critérios dos embarcadores em função de condições específicas de contexto, como a mudança regulatória dos Estados Unidos, a influência do serviço intermodal, o caso de cargas fracionadas, entre outros. Dois fatores ficam evidentes: a oportunidade de escolha que oferece um sistema de infraestrutura desenvolvido e a importância do tema refletido no volume de estudos encontrados. São ressaltados principalmente os critérios ligados à busca por parcerias e ao relacionamento de longo prazo entre embarcadores e transportadores. Nestes critérios percebe-se a influência do *just in time*, da vasta oferta de transportadores e do foco no atendimento ao mercado interno na eleição dos atributos mais relevantes.

Já nos estudos nacionais a abordagem é mais aprofundada na avaliação dos custos de transporte para cargas específicas ou de mesma natureza, em sua maioria, grãos vegetais. Os estudos que abordam a seleção e avaliação dos critérios no processo decisório são relativamente recentes, possivelmente resultado da pouca oferta de alternativas de transporte frente à demanda crescente resultando em gargalos logísticos. Junto com a análise de custo são citados critérios qualitativos, em geral agrupados sob a definição de nível de serviço. O contexto nacional traz a variação e cumprimento do *transit time* proposto, a segurança (no sentido de avarias

e roubos) e a disponibilidade de serviço como atributos relevantes aos embarcadores brasileiros.

Na tentativa de sintetizar as ideias apresentadas, destacam-se três grupos: custos, *transit time* e qualidade de serviços. De modo geral, suas definições e abrangências misturam-se em diversos estudos. Por exemplo, a variação do *transit time* pode tanto ser considerada como um custo adicional – custo de oportunidade devido ao atraso – como um desempenho aquém do esperado, afetando a avaliação da qualidade de serviço.

O custo é um critério citado na maioria dos estudos nacionais e internacionais, contudo nem sempre avaliado como o mais importante. Alguns autores citam a preocupação com tarifas competitivas ou “justas”, não fundamentalmente a preferência pela opção de menor custo.

A questão do *transit time* tem duas abordagens: a preferência pela opção do menor *transit time* e a do cumprimento do *transit time* acordado. As opções não são excludentes. A avaliação do tempo ainda pode ser absorvida tanto pelo custo quanto pela qualidade de serviço.

Nos estudos internacionais, a preocupação com a qualidade do serviço ao cliente aparenta ser mais acentuada do que em estudos nacionais. Este critério pode ser apresentado como o critério confiança ou em atributos como adequabilidade, efetividade do serviço, entregas consistentes, histórico de desempenho excelente, entre outros.

Nos estudos nacionais, muitos autores englobam os atributos de qualidade em um único grupo denominado como nível de serviço. A definição de nível de serviço é variada e vai desde a avaliação de segurança e conforto/ conveniência - conforme mostra a Tabela 5 - até o envolvimento de todos os critérios que não o custo, como apresenta Oliveira (2004), na Figura 6.

Os atributos avaliados qualitativamente são amplos dentro de serviço ao cliente. A seguir é apresentado um pequeno resumo do que pode abranger cada atributo com base nas definições dos autores estudados.

- Flexibilidade pode abranger capacidade, disponibilidade, frequência de oferecimento de serviços; capacidade de integração com diferentes modais;

- Acessibilidade pode avaliar facilidade de contratação do serviço, oportunidade e disponibilidade do serviço; capacidade de realizar o transporte porta-a-porta;
- Conveniência pode englobar número de transferências intermodal, adequação física do modo de transporte e de armazenagem, número de paradas, serviço de acompanhamento/rastreamento da carga; boa relação com o cliente, imagem da transportadora e eficiência na solução de problemas, imagem de credibilidade.
- Confiança pode se relacionar ao cumprimento de prazos, à segurança do transporte e/ou na integridade da carga, à presença de serviço de acompanhamento da carga, à percepção de comunicação, entregas consistentes, regularidade de serviço.

As qualidades podem se encaixar em mais de um dos grupos esboçados e outras propostas são possíveis, como segregar os critérios de segurança e comunicação, por exemplo. Nota-se que, além da seleção, é necessária a definição clara do que se pretende avaliar em cada critério.

Assim como observado por Meixell, et al. (2008) em seu levantamento bibliográfico, pouco se encontrou sobre critérios socioeconômicos e ambientais com grande influência sobre os embarcadores, como a questão da emissão de gases de efeito estufa e a eficiência energética. Eventualmente, estes critérios podem se tornar importantes conforme ocorram mudanças no contexto, como explorado por Bontekoning, et al., (2003).

2.3 Modelos de apoio à decisão: Método de análise hierárquica

O método de análise hierárquica, do inglês *Analytic Hierarchy Process* (AHP), é um método multicriterial de análise de decisão (MMAD), desenvolvido por Thomas Saaty, na década de 70. O método é empregado para problemas complexos que são influenciados por diversos critérios que podem ser de caráter quantitativo e/ou qualitativo. É um dos métodos mais usados para processos decisórios desta natureza tanto por tomadores de decisão quanto por pesquisadores (VAIDYA, ET AL., 2006).

O AHP tem sido aplicado em diferentes campos de pesquisa como planejamento, seleção de melhor alternativas, alocação de recursos, resolução de conflitos, entre outros, e é facilmente adaptável a uma vasta gama de assuntos, como mostra Ishizaka, et al., (2011), incluindo problemas de logística. Segundo Oliveira (2004), dentro da aplicação em problemas de transporte, o AHP também tem sido usado para modelar o processo da escolha de modal, desde um passado mais recente.

O método se baseia em usar comparações paritárias dos critérios relevantes ao objetivo do problema, para compor um vetor “prioridade relativa” que é calculado através do método do autovalor. As comparações paritárias são realizadas usando uma única escala numérica conhecida como “Escala Saaty”, e devem traduzir a relevância de um critério em relação a outro sob o ponto de vista do indivíduo.

Os detalhes sobre o método e a aplicação do AHP na área de escolha de modal são descritas nos itens a seguir.

O método AHP

Resume-se o procedimento de aplicação do AHP nas seguintes etapas (COLIN, 2007):

- a. Representação da hierarquia:** desenvolvimento da hierarquia de decisão associadas aos vários níveis de elementos inter-relacionados;
- b. Comparação dos pares:** avaliação de preferências com relação a cada elemento de decisão em um dado nível de hierarquia;

- c. **Método do autovalor:** uso do método do autovalor para estimar os pesos relativos dos elementos de decisão em um dado nível e avaliar a consistência das preferências estabelecidas nas comparações de pares;*
- d. **Agregação de prioridades:** agregação das prioridades relativas de modo a avaliar o resultado referente ao objetivo.*

2.3.1 Representação da hierarquia

A primeira etapa do processo é conhecer o problema e identificar claramente qual o objetivo a ser alcançado. Vaidya, et al., (2006) mostra um procedimento mais detalhado, com enfoque na estruturação do problema e na formação da estrutura hierárquica. Em sua lista de sete passos, os quatro primeiros são dedicados à compreensão e estruturação do problema:

- i) Enunciar o problema;
- ii) Estender os objetivos do problema;
- iii) Identificar os critérios que influenciam o problema;
- iv) Estruturar o problema em hierarquia com diferentes níveis constituídos a partir de objetivo, critério, subcritérios e alternativas.

Hierarquia é definida como um tipo particular de sistema, baseado no conceito em que entidades possam ser agrupadas em conjuntos distintos e onde cada grupo (ou nível) influencia e é influenciado somente por um outro grupo (SAATY, 1991).

A vantagem da hierarquização de um sistema, de acordo com saaty (1991), está na identificação dos critérios de maior impacto no objetivo do problema e na compreensão da interação entre os níveis hierárquicos, ou seja, como mudanças em prioridades de níveis mais altos afetam a prioridade de níveis mais baixos.

Saaty (1991) conta que, em certos casos, a identificação do objetivo do problema e o desenvolvimento da estrutura foram suficientes para identificar a alternativa mais adequada ao perceberem os fatores que realmente eram relevantes ao tomador de decisão.

O primeiro nível da hierarquia é composto pelo objetivo principal do problema. Em seguida, os critérios são posicionados em grupos e subgrupos (ou subcritérios) em quantos níveis forem necessários, de modo que os critérios com maior influência sobre o objetivo estejam em níveis mais altos. Por fim, as alternativas de decisão compõem o último nível, como mostra a Figura 7.

Figura 7: Estrutura hierárquica do método AHP (Fonte: COLIN, 2007 *apud* STUPELLO, 2011)

Uma das vantagens do método AHP é o uso ilimitado de critérios de avaliação. Entretanto, quanto maior o número de critérios, maior o número de comparações paritárias necessárias. Uma das dificuldades do processo AHP, segundo Shimizu (2006), é o número crescente de comparações conforme o aumento do número de critérios avaliados. Para um caso com n critérios, se as comparações se derem entre todos os critérios, seriam necessárias $n(n-1)/2$ comparações, como mostra a Tabela 10.

Tabela 10: Comparações necessárias para n critérios (caso sem formação de *clusters*)

Critérios	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Comparações paritárias	1	3	6	10	15	21	28	36	46

Saaty (1991) propõe um segundo modo para o uso da hierarquização para situações de muitos critérios com o intuito de facilitar as comparações através do agrupamento em *clusters* de elementos de acordo com sua importância relativa ou afinidade. Desta forma, compara-se a importância relativa entre os *clusters* (em um nível superior) e, dentro de cada grupo, compara-se paritariamente seus elementos, sendo dispensável a comparação entre todos os elementos de todos os *clusters*. A importância relativa entre cada elemento é composta pela sua classificação dentro de seu *cluster* e da classificação relativa de seu *cluster* em relação aos outros. A Figura 8 elaborada por Sen, et al. (1998) exemplifica esta estrutura de organização.

Figura 8: Exemplo de estrutura hierárquica organizada em *clusters* (Fonte: SEN, ET AL., 1998)

Neste tipo de estrutura, Saaty (1991) sugere que cada agrupamento não tenha mais que 7 elementos, de forma a garantir um bom índice de consistência nas comparações¹⁶. Saaty (1991) também alerta que a hierarquização de níveis mais altos deve ser feita com cautela, pois estas prioridades conduzirão o restante da hierarquia. Estruturado problema, inicia-se a fase de comparações.

2.3.2 Comparação dos pares

O processo de comparação paritária dos elementos se dá na ordem decrescente de impacto dos níveis, partindo do objetivo em direção às alternativas. Comumente, usa-se uma escala numérica de 1 a 9, conhecida como escala Saaty, para traduzir a importância relativa entre cada par de elementos.

Tabela 11: Escala Saaty de comparações (Fonte: SAATY, 1991)

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância (igual)	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra (fraco)	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial (forte)	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada (muito forte)	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta (absoluto)	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Os elementos de cada nível são dispostos em Matrizes de Comparação Paritária (MCP), conforme mostra a Tabela 12, aplicado ao exemplo da Figura 8. Cada elemento é comparado com os demais de seu mesmo cluster e a diagonal principal

¹⁶ O número de 7 elementos sugerido pelo autor é um limite prático para um sistema de n elementos. Para maiores detalhes, consultar Saaty (1991).

é preenchida pelo valor 1. A comparação dos elementos de um mesmo nível tem como referência o objetivo ao qual se relacionam e que está apresentado no nível adjacente superior. No exemplo de Sen, et al. (1998), uma pergunta que orientaria a classificação seria “Com o objetivo de *escolher um tipo de navio* (objetivo ao qual se relacionam no nível superior), quão importante é a *companhia de navegação* (elemento da linha) em relação ao *dono da carga* (elemento coluna)?”, e o preenchimento se dá na célula assinalada indicada na Tabela 12.

Tabela 12: Matriz de Comparação Paritária do nível 1 aplicado ao exemplo de Sen, et al. (1998)

Tomador de decisão (nível I)	Cia de navegação	Dono da carga	Poder público
Cia de navegação	1		
Dono da carga		1	
Poder público			1

Dado que as matrizes são simétricas, é necessário preencher apenas uma metade. No último nível de comparações, as alternativas são classificadas de acordo com os critérios do nível anterior a elas. No caso do exemplo, poderia ser perguntado “com relação ao critério tempo de ciclo, quão melhor a alternativa I em relação à alternativa II?”.

Tabela 13: MCP do nível 4

Critério “tempo de ciclo” (nível IV)	Carga geral	Roll on – Roll off	Porta contêineres
Carga geral	1		
Roll on – Roll off		1	
Porta contêineres			1

O próximo passo é o cálculo do vetor prioridade dos elementos.

2.3.3 Método do autovalor

Cada MCP possui um autovalor cujo autovetor associado representa a ordem de preferência dos elementos analisados. Esta é uma propriedade do maior autovalor da MCP, quando esta respeita à condição de consistência.

Segundo Morita (1998) *apud* Stupello (2011), o índice de consistência (IC) de uma MCP é usado para mostrar quanto o valor do maior autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) afasta-se do valor esperado n , onde n é o número de elementos analisados. O cálculo do IC se dá pela seguinte divisão:

$$IC = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1}$$

O valor $(n-1)$ representa o número de graus de liberdade da MCP. O IC é usado para determinar a razão de consistência (RC), através de sua divisão pelo índice randômico (IR) ¹⁷.

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

O índice randômico (IR) foi determinado experimentalmente para matrizes de ordem 1 a 15 usando uma amostra de 100 a 500 unidades (SAATY, 1991). Os valores do IR dependem da dimensão da matriz (Tabela 14).

Tabela 14: Valores dos índices randômicos (IR) (Fonte: SAATY, 1991)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

A razão de consistência menor ou igual a 0,10 é considerada aceitável. Diante de um valor superior, as prioridades da MCP devem ser revistas, pois há inconsistência entre as avaliações. Segundo Saaty *apud* Thomaz (2004), a revisão dos julgamentos é um procedimento sistemático para a melhoria da tomada de decisão. A incoerência entre os fatos pode ser vista mais como um alerta do que como um fato necessariamente indesejável.

¹⁷ Alguns autores denominam a razão de consistência como quociente de consistência (QC) e o índice randômico como índice de consistência aleatório (ICA).

2.3.4 Agregação das prioridades

O cálculo da razão de consistência inclui a determinação do maior autovalor da MCP, $\lambda_{\text{máx}}$. Além do método algébrico para determinação dos autovalores de uma matriz quadrada, Saaty (1991) sugere um método simplificado e de mesma eficiência.

Em uma matriz quadrada, cada um de seus autovalores possui um autovetor associado e têm a propriedade:

- Seja $[A]$ uma matriz quadrada, λ um de seus autovalores e w o autovetor associado a λ :

$$A \cdot w = \lambda \cdot w \quad (1)$$

Considerando $[A]$ a matriz de comparação paritária (MCP) de um dos *clusters*, o seu vetor prioridade w pode ser calculado da seguinte forma:

- I. Normalizam-se os vetores coluna da MCP: para cada j ; $a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^i a_{kj}}$;
- II. Calcula-se a média dos elementos da mesma linha da nova matriz com colunas normalizadas: $w_i = \frac{\sum_{k=1}^j a'_{ik}}{\sum_j}$.

O autovalor $\lambda_{\text{máx}}$ associado a w é calculado através da Equação 1. Chamando de s , o vetor solução da multiplicação, o $\lambda_{\text{máx}}$ é definido pela média dos elementos de s_j/w_j .

Quando o sistema é composto por diversos níveis, o vetor prioridade das alternativas é resultado da multiplicação dos vetores prioridades dos níveis superiores, usando propriedade de transformação de base de funções de $F(g) \times G(h) = F(h)$.

Atualmente, há *softwares* disponíveis que executam as contas necessárias para a determinação dos vetores prioridade.

3 Desenvolvimento de um método de escolha de modal

Ben-Akiva, et al. (1985) definiu escolha como um conjunto de procedimentos que envolvem quatro fatores principais: o tomador de decisão, as alternativas, os atributos das alternativas e as regras de decisão.

Pretende-se nesta seção definir uma metodologia que estabeleça quais são as regras de decisão para avaliar opções de transporte (alternativas), segundo seus atributos em relação a critérios (atributos), julgados por um embarcador (tomador de decisão).

A proposta da metodologia é avaliar opções de transporte baseando-se na análise quantitativa do custo combinada com a avaliação qualitativa de critérios de efetividade sobre o ponto de vista de um avaliador personificado pelo embarcador.

O propósito da metodologia é que seja de uso simples e aplicação abrangente, para qualquer situação logística.

Esta seção:

- Apresenta a estrutura geral do método e os critérios hierarquizados escolhidos para avaliar as alternativas de transporte (item 3.1);
- Detalha os critérios e subcritérios, apresentando seus significados e exemplos do que podem/devem ser avaliados, conforme o variar do contexto de aplicação (itens 3.2, 3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3); e
- Ilustra o procedimento a ser seguido para aplicar o método a um caso específico incluindo como interpretar os resultados (item 3.3).

A técnica do método de análise hierárquica (AHP) foi selecionada devido a: (i) sua capacidade de avaliar aspectos qualitativos e quantitativos e condensá-los em uma única figura; e (ii) a simplicidade e clareza do procedimento.

3.1 Caracterização geral da metodologia de escolha modal baseada no AHP

Conforme orienta Saaty (1991), o primeiro passo é definir o objetivo principal, que neste estudo é selecionar a alternativa de transporte mais adequada para solucionar um problema logístico. Por facilidade de leitura e compreensão, o método será apresentado para a escolha entre duas alternativas, no caso, o transporte rodoviário e o de transporte ferroviário – no entanto, o método é igualmente aplicável para a avaliação de tantas alternativas quanto forem necessárias.

Através da revisão bibliográfica de trabalhos acadêmicos sobre o tema, mostrado no item 2.2, um conjunto de critérios mais citados e convenientes foi levantado. A partir deste conjunto foram eleitos aqueles que traduziam de forma mais abrangente os critérios do embarcador, sem excluir particularidades de contextos diferentes.

A seleção dos critérios partiu da base da estrutura proposta por Oliveira (2004). As definições qualitativas foram adequadas para que pudessem avaliar os atributos sintetizados no item 2.2.1.

Os critérios relacionados com tempo e custo foram adaptados para que respeitassem as condições de independência do método AHP.

Os critérios selecionados foram agrupados hierarquicamente, de forma que facilitasse a avaliação pelo embarcador e reduzisse as iterações matemáticas, conforme explicado no item 2.3.4.

O resultado foi a hierarquização em quatro níveis, listado abaixo e apresentado na Figura 9. Os critérios (nível 1) influenciam diretamente no objetivo (nível 0); os subcritérios (nível 2) influenciam nos critérios (nível 1); e as alternativas (nível 3) são julgadas com relação aos subcritérios (nível 2).

Nível 0 – Objetivo:

- Escolher uma alternativa de transporte para um problema logístico;

Nível 1 – Critérios:

- Custos logísticos;
- Atendimento às particularidades da carga;
- Confiabilidade;

Nível 2 – Subcritérios:

- Sob Custos logísticos:
 - Custos logísticos;
- Sob Atendimento às particularidades da carga;
 - Acessibilidade;
 - Flexibilidade;
 - Oferta de instalações logísticas;
- Sob Confiabilidade:
 - Pontualidade;
 - Perdas e danos;
 - Informação ao cliente;

Nível 3 – Alternativas:

- Opção rodoviária;
- Opção ferroviária¹⁸.

Figura 9: Estrutura do modelo de decisão

¹⁸ O nome correto para a “opção ferroviária” seria “opção intermodal”, uma vez que pode usar também o transporte rodoviário até o terminal de transbordo. Usou-se a nomenclatura “opção ferroviária” apenas para reforçar o uso do modal.

As linhas que conectam os agrupamentos indicam as avaliações necessárias. As setas apontam sob qual perspectiva (nível superior) os fatores serão analisados (nível inferior). Por exemplo, os critérios do nível 1 ('Custo', 'Atendimento às particularidades da carga' e 'Confiabilidade') devem ser avaliados entre si, para definir a prioridade para atender o objetivo do nível 0 ('Escolha de modal') ao qual se submetem. Analogamente, os subcritérios de nível 2 devem ser avaliados sob a perspectiva do critério do nível 1 ao qual se submetem. Por exemplo, os subcritérios 'Pontualidade', 'Perdas e danos' e 'Informação ao cliente' devem ser avaliados entre si sob a perspectiva de definir qual o mais relevante para atender o critério de nível 1 'Confiabilidade'. Por fim, as alternativas de nível 3 devem ser avaliadas entre si sob a perspectiva do subcritério de nível 2 ao qual se submetem.

Em contraste, não se deve realizar avaliações de fatores de nível inferior sob a perspectiva de elementos que não estejam em nível hierárquico imediatamente acima destes. Por exemplo, não se deve avaliar subcritérios de nível 2 sob a perspectiva de um critério de nível 1 ao qual não estejam conectados – e.g: não se deve avaliar 'Acessibilidade', 'Flexibilidade', e 'Oferta de instalações logísticas' sob a perspectiva de 'Confiabilidade'. Tampouco devem ser avaliadas as alternativas do nível 3 diretamente em função dos critérios de nível 1.

Como premissa, adotou-se a oferta de capacidade e disponibilidade das opções como uma condição preliminar à aplicação da metodologia.

Na seção seguinte são descritas as definições dos critérios e subcritérios selecionados, juntamente com a forma de classificação.

3.2 Detalhamento dos critérios e subcritérios adotados

Os critérios escolhidos são uma mistura da importância relativa dos custos em estudos brasileiros com os critérios qualitativos ressaltados nos estudos internacionais. Representam a busca pela qualidade dos serviços prestados, o atendimento às expectativas do cliente e a confiança na realização do transporte.

Buscou-se selecionar critérios que fossem independentes, conforme sugere Saaty (1991), de modo que cada agrupamento sofresse influência de apenas um único agrupamento de um nível superior.

Por esta razão, o atributo tempo não possui um critério único ou agrupamento próprio, mas está contemplado implicitamente nos agrupamentos de custo e de confiabilidade. O levantamento bibliográfico sugere os seguintes critérios temporais: *transit time*, variabilidade do *transit time* (também medido em confiabilidade) e frequência de oferta de serviços (ou capacidade, regularidade, oportunidade). O primeiro e o terceiro termo são contemplados em custos, o segundo em confiabilidade.

As definições de cada critério, subcritérios e seus modos de avaliação nos níveis 2 e 3 são descritos a seguir. A avaliação entre o nível 1 é feita através da Escala Saaty.

3.2.1 Critério de custos

Segundo Oliveira (2004), o custo pode ser considerado como um dos elementos mais sensíveis da escolha, mas não o único. Este agrupamento não possui subcritérios e será avaliado de maneira numérica, abdicando da escala Saaty.

Neste critério pretende-se avaliar todos os custos incorridos ou percebidos pelo embarcador. Deste modo, abrange os custos diretos relacionados ao serviço de transporte (e.g.: frete, transbordo, armazenagem, etc.), os custos indiretos (e.g.: seguro, custos administrativos, etc.), e ainda os custos de oportunidade que representam um possível ganho de que se abdica na escolha de uma determinada opção (e.g.: custo financeiro de estoque em trânsito).

A definição do custo financeiro de estoque em trânsito refere-se ao custo de oportunidade do capital imobilizado no período em trânsito, representando o ganho que se poderia ter aplicando o valor da mercadoria em outra operação financeira durante o mesmo período em que esta é transportada (VACLAVIK, Et Al., 2009). O custo financeiro pode ser calculado pelo produto de três fatores: o valor da carga

transportada, a taxa de rentabilidade da oportunidade de que se abriu mão, e o tempo em que a carga estaria indisponível (*transit time*)¹⁹.

Por meio do custo financeiro pode-se considerar diferentes valores para a mesma carga a ser transportada ponderando a variação do valor da carga em momentos distintos. Esta flexibilidade permite absorver as variações de preço de cargas sazonais, por exemplo. O embarcador pode usar o valor instantâneo da carga no momento do transporte ou o valor de contrato em caso de venda antecipada – como no comércio de grãos agrícolas. Deste modo, a metodologia já contempla o aumento de importância de transportar a carga rapidamente para aproveitar preços altos (da carga), já que o custo financeiro será correspondentemente maior.

Pelo fato do custo ser composto por parcelas numéricas, é possível realizar a comparação paritária do terceiro nível (das alternativas) matematicamente sem o uso da escala Saaty. Não há necessidade de qualificar as alternativas de transporte uma vez que se confrontam os próprios valores de custo. Algumas particularidades da avaliação do critério ‘custos’ são detalhadas no item 3.3.

O custo é avaliado como a soma de duas parcelas e não há a necessidade de segregá-los em dois subcritérios a parte como será apresentado para os demais grupos. Pelo fato de usar uma unidade mensurável, o valor monetário é soberano e tem o mesmo significado independente da parcela (custos do transporte ou financeiro) que o origina.

Ressalta-se que o uso de valores numéricos não interfere na comparação paritária do primeiro nível da estrutura hierárquica. As avaliações devem ser feitas de maneira independente.

¹⁹ É necessário que a taxa de rentabilidade e o tempo indisponível estejam denominados na mesma unidade temporal. Aqui, o tempo de trânsito contempla todo o período que a carga tenha ficado indisponível, incluindo o transporte, armazenagem e quaisquer outros eventuais procedimentos necessários.

3.2.2 Critério de atendimento a particularidades da carga

O critério “atendimento a particularidades da carga” avalia a eficácia das alternativas com relação ao atendimento de exigências específicas das cargas ou dos fluxos/carregamentos. O critério decompõe-se em três subcritérios: acessibilidade, flexibilidade e oferta de instalações logísticas.

Em **acessibilidade** avalia-se a abrangência do atendimento da região desejada, facilidade de acesso físico aos serviços ofertados e capacidade de realização do serviço porta-a-porta, quando desejável. Para Coyle et al. *apud* Carvalho (2006) a acessibilidade pode ser descrita pelas conexões entre origem e destino. Neste estudo, o subcritério acessibilidade avalia em um primeiro momento o grau de importância da facilidade de acesso a origens e destinos desejados comparado com os demais subcritérios, independente do desempenho de cada modal em relação a este quesito.

Quando avaliado como uma propriedade das opções do modal, o critério deve comparar a facilidade de acesso físico que cada uma oferece. Nem sempre a opção rodoviária tem melhor acessibilidade do que a opção ferroviária, como defendem alguns autores. O surgimento de operadores logísticos que realizam o transporte ferroviário com a inclusão do transporte da carga até o terminal intermodal iguala as vantagens da opção puramente rodoviária. Outro contra exemplo é o caso em que o trecho origem-terminal é realizado pelo próprio embarcador, independentemente da natureza do terminal ou da opção escolhida (opções 1 e 2 da Figura 10).

Figura 10: Cenários de prestação de serviço do transportador para transporte doméstico ou internacional

Em função da distância entre os agentes ilustrados na Figura 10 é possível representar cenários de demanda tanto para o transporte doméstico como caso de importação e exportação. O diagrama 3 pode, por exemplo, representar a contratação de um operador logístico que entregue uma carga de exportação em um terminal alfandegado e o transporte até o destino (terminal portuário) seja realizado pelo armador. O mesmo diagrama também poderia representar a trajetória o transporte de um fornecedor a um centro de distribuição varejista.

As diferentes circunstâncias, como o uso ou não de terminais, modificam a relevância da acessibilidade para o embarcador, justamente o que o método busca aferir.

Em **flexibilidade**, avalia-se a capacidade de atendimento a pequenas variações da demanda da carga. A demanda pode variar em diversas dimensões, como alteração da carga transportada, do volume transportado, da origem, do destino ou da rota de transporte, do prazo de entrega (ou recolhimento), tempo de viagem, etc.

A relevância deste subcritério e sua avaliação relativamente aos demais critérios dependerão da natureza da demanda de transporte. Na comparação intranível, a flexibilidade será tão importante quanto maior a probabilidade de cenários diferentes. Por exemplo, enquanto um embarcador de granel mineral pode ter pequenas variações de volumes, sua rota tem pouca probabilidade de mudança. Considerando

que o terminal portuário possua capacidade de armazenagem suficiente da carga e que a capacidade de transporte não seja um fator limitante, este critério poderia ter menor relevância do que se comparado com um fabricante industrial em um centro de distribuição nacional com cargas, volumes e rotas variadas.

Com relação à comparação entre os modais, variações de rota e percurso parecem ser intuitivamente melhor atendidas pelo modal rodoviário, que não depende de um traçado fixo e predefinido, oferecido pela ferrovia.

Vale ressaltar que as variações da demanda atendidas pelos modais na avaliação feita no terceiro nível não incluem a dependência de instalações logísticas que serão tratadas o item a seguir.

Em **oferta de instalações logísticas** avalia-se a adequação física do modo de transporte aos requisitos da carga. Inclui desde a oferta de serviços (e.g.: controle de temperatura e umidade) à disponibilidade de ativos específicos. Cita-se como exemplo tanques de armazenagem para grânéis líquidos, moegas para grânéis sólidos, *reach-stacker* para contêineres e câmaras fria para cargas refrigeradas. Assim como em flexibilidade, este subcritério depende essencialmente da carga.

Carvalho (2006) usa uma definição semelhante e nomeia seu critério como capacidade do operador logístico de atender às condições físicas do material a ser transportado e inclui também a questão do monitoramento, que neste estudo é considerado como informação ao cliente, abordado no item seguinte.

A avaliação deste critério no terceiro nível diferenciara o modal que apresenta serviços fundamentais ou adicionais relevantes ao dono da carga. A avaliação deste agrupamento é feita com base na escala Saaty, comparando-se par a par cada um dos subcritérios.

3.2.3 Critério de confiabilidade

Segundo Ballou (1999) *apud* Carvalho (2006) a escolha de modal e a escolha do provedor são afetadas pela confiança. Em engenharia, o conceito de **confiabilidade** de acordo com Blanchard (2004) é a probabilidade de um sistema desempenhar de maneira satisfatória por um período de tempo específico, quando usado sob condições específicas de operação. Este critério está entre os itens mais relevantes,

segundo Caixeta-Filho (1998) *apud* Mello (2010), e divide com “particularidades da carga” a avaliação do nível de serviço ofertado pelas opções de transporte, segundo a definição de Oliveira (2004).

Ballou (1999) *apud* Carvalho (2006) considera como confiança a consistência de tempo de transporte ou a habilidade para garantir o horário de entrega. A incerteza em conduzir o tempo afeta a segurança, que reflete em estoque crescente e elevação de custos.

No presente estudo, este critério exprime o sentimento de confiança do dono da carga em cada uma das alternativas em termos de cumprimento do serviço acordado; e, em caso de não-conformidade, a habilidade do transportador em resolvê-la efetivamente. A confiabilidade é decomposta em três subcritérios: pontualidade, perdas e danos, e informação ao cliente.

Em **pontualidade** avalia-se o cumprimento de prazos estabelecidos. Verifica-se além do cumprimento dos horários, a importância da previsibilidade e da variabilidade em relação ao *transit time* acordado.

Segundo Filho (2004), a avaliação da pontualidade se dá na defasagem entre o tempo total planejado e o tempo real verificado no transporte da carga. Carvalho (2006) usa como definição complementar a habilidade de garantir o embarque ou recebimento no tempo previsto. Porter (1986) *apud* Moreira (2004) descreve a pontualidade juntamente com a qualidade de serviço como parte da estratégia de diferenciação de empresas de transporte, que resultam no crescimento da gama e na fidelidade dos clientes.

Há casos em que este subcritério terá maior importância, por exemplo, no atendimento de transporte doméstico para demandas *just in time* e no transporte terrestre de contêineres de exportação cujo atraso pode resultar no não embarque da carga. No segundo exemplo, além dos custos adicionais, como a armazenagem da carga até o próximo navio ou o envio terrestre para embarque no terminal portuário consecutivo, tem-se ainda um custo maior: o não atendimento e a perda da confiança do cliente. A relevância do atraso e do impacto na perda de oportunidade é o que se pretende aferir neste subcritério.

Com relação à comparação entre os modais, é comum a classificação do rodoviário como mais pontual que o ferroviário. Entretanto, a avaliação deve considerar a

frequência da ocorrência de atrasos, o desvio padrão do *transit time*, e a tolerância a estas variáveis no destino final da carga. Ressalta-se que a avaliação entre os modais independe do valor dos *transit times* que já são avaliados no critério custo. Por outro lado, este subcritério apresenta grande utilidade no caso dos modais oferecerem o mesmo *transit time*.

Em **perdas e danos**, verifica-se a confiabilidade do transporte em garantir a integridade da carga e resguardá-la de sinistros (avaria, roubo, perda de validade para cargas perecíveis etc.). Este subcritério deve avaliar medidas corretivas e preventivas, e o valor destas para o embarcador. Carvalho (2006) define este subcritério como “segurança” e o descreve como habilidade do portador a entregar o material na condição esperada.

Enquanto o subcritério ‘pontualidade’ avalia o prejuízo no caso da carga não chegar no horário combinado, em ‘perdas e danos’ avalia-se o prejuízo no caso de entrega parcial da carga. O julgamento intranível sofre influência do trecho a ser percorrido e da fragilidade da carga.

O valor da taxa de seguro do transporte por diferentes modais pode dar indícios de quão seguro cada opção é considerada, incluindo-se a carga (tipo e volume), o trecho e o modal.

Informação ao cliente refere-se à disponibilidade e à qualidade da informação sobre a movimentação da carga para acompanhamento da previsão de entrega e demais interfaces com o embarcador, como facilidade de comunicação, serviços de atendimento ao cliente e monitoramento da carga.

Este critério complementa os anteriores, pois avalia a importância da comunicação com cliente e o quanto o dono da carga valoriza a informação, tanto no caso conformidade ou não, no transporte da carga.

Na comparação entre os modais sob este subcritério, o rodoviário aparenta ter mais facilidade ao acesso à informação em virtude da presença do motorista ao passo que no transporte ferroviário, um maquinista transporta uma gama maior e mais diversificada de cargas e esta figura se perde. Entretanto, é possível exemplificar soluções aplicáveis a ambos os modais como o rastreamento e monitoramento da carga através de GPS.

Os subcritérios são qualitativos e por isso são comparados par a par empregando a Escala Saaty. O avaliador deve fundamentar-se em suas experiências anteriores e na percepção de nível de serviço considerado aceitável.

3.3 Procedimento para aplicação da metodologia de apoio à decisão

Tendo em mente os conceitos descritos dos critérios e subcritérios, inicia-se a comparação paritária do método AHP, partindo do objetivo (nível mais alto) e avaliando progressivamente cada agrupamento em relação ao seu nível superior, em ordem decrescente de níveis.

Inicia-se com a avaliação da importância dos critérios (Nível 1) para alcançar o objetivo (Nível 0), representada na Tabela 15.

Tabela 15: Avaliação dos critérios de seleção modal – Nível 1

Seleção modal (Nível 1)	Custo	Particularidades da carga	Confiabilidade	Vetor prioridade N1
Custo	1			
Particularidades da carga		1		
Confiabilidade			1	

Os critérios são julgados dois a dois, avaliando-se qual critério é mais importante comparativamente para alcançar o objetivo proposto.

A pergunta que pode orientar o embarcador é “*Com o objetivo de selecionar um modal de transporte, quão importante é ‘critério 1 (linha)’ em relação ao ‘critério 2 (coluna)’?*”.

O embarcador deve avaliar cada par de critérios usando a escala Saaty, conforme a Tabela 16. Caso o critério 1 for mais importante que o critério 2, adota-se o valor de 1 a 9. Caso o critério 2 for mais importante do que o critério 1, adota-se o recíproco do valor de 1 a 9 (1/1 a 1/9).

Tabela 16: Escala Saaty de comparações (Fonte: Saaty, 1991)

Intensidade de importância	Definição
1	Mesma importância (igual)
3	Importância pequena de uma sobre a outra (fraco)
5	Importância grande ou essencial (forte)
7	Importância muito grande ou demonstrada (muito forte)
9	Importância absoluta (absoluto)
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes

As colunas são então normalizadas para que a soma de suas entradas seja igual a 1. Em seguida, para cada linha, a média das entradas, obtendo-se assim o vetor prioridade para o nível 1 (N1). As linhas do vetor prioridade representam o peso relativo dos critérios (na ordem em que foram considerados) em relação ao objetivo.

Em seguida, checa-se a razão de consistência, conforme mostrado no item 2.3.3.

Caso a razão de consistência for maior do que o valor limite $RC = 0,1$, as preferências expressas dois a dois não refletem uma ordenação consistente, e os julgamentos devem ser refeitos, até que se garanta a consistência. Uma explanação detalhada é apresentada ao fim deste capítulo. O mesmo procedimento é aplicado aos subcritérios (nível 2) em relação aos critérios (nível 1), preenchendo a Tabela 17 e a Tabela 18, e checando-se as consistências das avaliações. No caso estudado, o critério 'custo' tem apenas um subcritério, 'custo', e não há necessidade de uma matriz de avaliação de subcritérios²⁰.

Tabela 17: Avaliação dos subcritérios de particularidades da carga – Nível 2

Particularidades da carga (Nível 2)	Acessibilidade	Flexibilidade	Oferta de instalações logísticas	Vetor prioridade N2 - 1
Acessibilidade	1			
Flexibilidade		1		
Oferta de instalações logísticas			1	

²⁰ A avaliação seria uma comparação do subcritério custo em relação ele mesmo, que corresponderia à matriz identidade com dimensão 1x1.

Tabela 18: Avaliação dos subcritérios de confiabilidade – Nível 2

Confiabilidade (Nível 2)	Pontualidade	Perdas e danos	Informação ao cliente	Vetor prioridade N2 - 2
Pontualidade	1			
Perdas e danos		1		
Informação ao cliente			1	

Em seguida, avalia-se as alternativas (Nível 3) em relação a cada um dos subcritérios.

A comparação das alternativas em relação ao subcritério custo é efetuada com base nos custos logísticos totais de cada alternativa, expressa em reais por uma unidade de medida. Adota-se aqui uma escala absoluta, diferente da escala de 1 a 9 proposta por Saaty. As parcelas de custo contempladas no cálculo variarão segundo o contexto considerado, mas deve incluir os custos diretos, indiretos, além dos custos de oportunidade relevantes em cada alternativa. Todas as parcelas de custo devem estar expressas em uma mesma unidade, e em termos unitários (valor por unidade de carga). A Tabela 19 exemplifica uma avaliação de custos para cada unidade.

Tabela 19: Avaliação das alternativas referenciando-se ao custo

Custos	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária
Frete (R\$/ton.km) x km x ton		
Outras despesas (seguro, documentação, transbordo)		
<i>Transit time</i> x Custo da carga (R\$/ton) x Taxa de juros		
Custo Logístico Total		
Normalizado = vetor prioridade custo		

Diferente dos demais subcritérios, quanto maior o valor do custo, menos favorável a alternativa. Assim, a metodologia deve considerar o recíproco do custo; deste modo, quanto maior o valor do recíproco do custo, mais favorável será a alternativa.

É necessário transformar a avaliação do custo das alternativas em uma matriz de comparação paritária (MCP). É importante ter em mente que as entradas das MCPs implicitamente correspondem à estimativa da razão da preferência global da alternativa indicada na linha pela preferência global da alternativa indicada na coluna

(no caso de uma MCP com consistência perfeita, a razão seria uma estimativa precisa).

No entanto, a prioridade deve ser expressa em termos do recíproco do custo. Assim, na Tabela 20, o valor a ser considerado na posição X (linha Opção Rodoviária vs. coluna Opção Ferroviária) é a razão do custo ferroviário dividido pelo custo rodoviário, ordem inversa do que se esperaria caso o critério representasse uma grandeza favorável (receita, lucro, etc.).

Prossegue-se com a normalização e determinação de vetor prioridade de custo, seguindo o procedimento análogo ao realizado para as demais MCPs.

Tabela 20: Avaliação das alternativas em relação ao subcritério custo

Subcritério: Acessibilidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade Custo
Opção Rodoviária	1	X	
Opção Ferroviária		1	

Parte-se então para a classificação das alternativas em relação aos demais subcritérios, usando a escala proposta por Saaty (Tabela 21). No caso de avaliação de apenas duas alternativas de transporte, as MCP serão obrigatoriamente consistentes.

Tabela 21: Avaliação das alternativas referenciando-se aos subcritérios

Subcritério: Acessibilidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 – 1
Opção Rodoviária	1		
Opção Ferroviária		1	

Subcritério: Flexibilidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 – 2
Opção Rodoviária	1		
Opção Ferroviária		1	

Subcritério: Oferta de instalações logísticas	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 – 3
Opção Rodoviária	1		
Opção Ferroviária		1	

Subcritério: Pontualidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 – 4
Opção Rodoviária	1		
Opção Ferroviária		1	

Subcritério: Perdas e danos	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 – 5
Opção Rodoviária	1		
Opção Ferroviária		1	

Subcritério: Informação ao cliente	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 – 6
Opção Rodoviária	1		
Opção Ferroviária		1	

Uma vez obtidas as prioridades para cada critério em relação ao nível superior, é possível compor os resultados para determinar a preferência resultante. A composição de resultados é realizada por intermédio de multiplicação de matrizes.

No caso estudado, envolve:

- Multiplicar, para cada agrupamento, os vetores prioridade dos subcritérios (arranjados em uma matriz com tantas colunas quanto há subcritérios) pelo vetor de prioridades do critério a que pertencem, resultando no vetor de prioridade composto do critério (Tabela 22 e Tabela 23),
- Multiplicar o vetor de prioridade composta do critério (arranjado em uma matriz com tantas colunas quanto critérios) pelo vetor prioridade do nível 1, resultando no vetor de prioridade resultante.

Tabela 22: Composição do vetor 'particularidade da carga' em função dos subcritérios e alternativas

	Vetor prioridade N3 – 1	Vetor prioridade N3 – 2	Vetor prioridade N3 – 3		Vetor prioridade N2 – 1	Vetor particularidade composto
Opção Rodoviária						
Opção Ferroviária				X		

Tabela 23: Composição do vetor 'confiabilidade' em função dos subcritérios e alternativas

	Vetor prioridade N3 – 4	Vetor prioridade N3 – 5	Vetor prioridade N3 – 6		Vetor prioridade N2 – 2	Vetor confiabilidade composto
Opção Rodoviária						
Opção Ferroviária				X		=

Tabela 24: Composição do vetor resultante – melhor opção

	Vetor custo	Vetor particularidade composto	Vetor confiabilidade composto		Vetor prioridade N1	Vetor prioridade resultante
Opção Rodoviária						
Opção Ferroviária				X		=

O vetor prioridade resultante é um vetor coluna, com tantas linhas quanto houver alternativas a serem escolhidas. A opção que apresentar o maior valor no vetor prioridade resultante será o modal que melhor atende às necessidades de transporte estudadas.

É possível analisar também os resultados intermediários e tirar conclusões acerca das preferências do avaliador através dos vetores prioridade puro.

O método pode ser aplicado a uma grande variedade de contextos, caracterizados pelo tipo de carga, distância, origem e destino, disponibilidade de serviços e infraestrutura, entre outros aspectos. Pode-se avaliar também casos de transporte com outras opções, como o hidroviário por exemplo, substituindo uma das alternativas: a adaptação é imediata, bastando realizar os julgamentos para a nova opção.

O método de avaliação poderia ser aplicado a um conjunto de três alternativas de transporte. Neste caso, deve ser enfatizada a necessidade de checar a razão de consistência em todas as matrizes de comparação paritária.

A escala é capaz de captar pequenas variações na classificação do avaliador, e o limite mínimo do RC garante que estas comparações sejam consistentes. Pode-se levantar a questão de que com poucos critérios a razão de consistência devesse ser nula em função da impressão de facilidade na identificação de comparações, em teoria, inconsistentes. No entanto, podem ser citados contra-argumentos ilustrados no exemplo a seguir.

Suponha a comparação entre três subcritérios A, B e C cuja avaliação é apresentada na Tabela 25. Hipoteticamente neste exemplo, o objetivo é escolher uma escada mais adequada para o avaliador, entre 3 opções disponíveis A, B e C. Os critérios de avaliação são a altura, a largura e o material da escada.

Tabela 25: Exemplo de avaliação

Altura	A	B	C	Vetor prioridade
A	1	7	9	0,78
B	1/9	1	3	0,15
C	1/9	1/3	1	0,09
IC				0,0411
QC				0,079

Primeiramente, no caso da comparação paritária de três subcritérios com $RC < 01$, mas não nulo, como identificar qual das comparações seria a supostamente inconsistente? As possíveis avaliações “falsas” são mostradas na tabela a seguir, juntamente com o vetor prioridade e RC recalculados.

Tabela 26: Recalculo das comparações para RC nulo

	Avaliação inicial	Se A/B falso	Se A/C falso	Se B/C falso
A/B	7	3	7	7
A/C	9	9	21	9
B/C	3	3	3	1,3
Vetor prior. A	0,78	0,69	0,84	0,80
Vetor prior. B	0,15	0,23	0,12	0,11
Vetor prior. C	0,07	0,08	0,04	0,09
RC	0,079	0,000	0,000	0,000

Percebe-se que a ordenação das alternativas no vetor prioridade não se altera entre as opções de comparações “falsas”. Além disso, supondo que a altura das escadas fosse conhecida conforme mostra a tabela a seguir, a comparação numérica mostra que o vetor prioridade é consistente com a avaliação física dos elementos.

Tabela 27: Características físicas dos exemplos de alternativas

Escada	Altura	Vetor prioridade	Comparações numéricas
A	10m	0,67	A/B = 3,3
B	3m	0,20	A/C = 5
C	2m	0,13	B/C = 1,5
			RC = 0,000

Outras combinações de avaliação usando a escala Saaty seriam possíveis, contanto que além da mesma ordenação resultante dos elementos, a comparação relativa entre os elementos seja consistente.

Tabela 28: Avaliações alternativas e correção

	Avaliação inicial	Avaliação possível	Avaliação inconsistente	Se A/B falso	Se A/C falso	Se A/C falso
A/B	7	9	9	9	9	3
A/C	9	9	9	9	27	9
B/C	3	2	3	1	3	3
Vetor prior. A	0,78	0,81	0,79	0,82	0,87	0,69
Vetor prior. B	0,15	0,12	0,14	0,09	0,10	0,23
Vetor prior. C	0,09	0,07	0,07	0,09	0,03	0,08
RC	0,079	0,052	0,136	0,000	0,000	0,000

No exemplo anterior, não se poderia afirmar que A tem importância absoluta sobre os demais elementos ($A/B=A/C=9$), se estes elementos não forem muito próximos ($B/C = 2$, $RC < 0,1$) ou iguais ($B/C = 3$, $RC > 0,1$: incompatível).

Em função da relevância da consistência neste método, é importante a atenção no cumprimento do limite da razão de consistência.

4 Exemplo de aplicação do modelo de apoio à decisão

Serão apresentados exemplos de aplicação de forma a ilustrar o funcionamento do modelo e a simulação de avaliação de um embarcador diante de duas situações para dois tipos de carga. O objetivo do exercício é ser expositivo e didático; contudo, os valores contemplados na análise foram pesquisados a fundo, com intuito de tornar o resultado o mais verossímil possível.

Os pesos utilizados nas comparações, dois a dois, dos critérios do AHP foram obtidos a partir de entrevistas com um especialista²¹, que se posicionou como embarcador da carga para realizar as avaliações. Os dados utilizados para a computação de custos advêm de fontes públicas e de entrevistas realizadas com especialistas do setor de transportes terrestres e operadores logísticos.

A análise consiste em aplicar o método AHP às preferências explicitadas pelo embarcador, para julgar qual alternativa seria preferível, entre transporte rodoviário e ferroviário, sob um determinado cenário. O exercício foi realizado para três cenários, variando-se a distância de transporte (média ou longa distância) e a carga transportada (alto ou baixo valor agregado).

Como representante de uma carga de baixo valor agregado foi escolhido o açúcar a granel e para cargas de maior valor agregado, escolheu-se as cargas containerizadas. Ambas as cargas passam atualmente por um processo de maior oferta de transporte pelo modal ferroviário, o que torna relevante a avaliação de suas preferências.

Os três exemplos de aplicação realizados são:

- Caso 1: Transporte de açúcar a granel para exportação, em média distância (350km)
- Caso 2: Transporte de açúcar a granel para exportação, em longa distância (630km)
- Caso 3: Transporte de contêiner para exportação, em média distância (350km)

²¹ O especialista entrevistado é Engenheiro Naval pela Escola Politécnica e Engenheiro de Gestão pelo Politécnico de Milão. Atua na área de consultoria para projetos de transporte e é especialista em avaliação estratégica de projetos de logística, com ênfase em operação portuária.

As análises permitirão realizar inferências sobre a conveniência relativa dos modais ao variar da distância e do tipo de carga.

A seguir são contextualizadas as cargas e apresentados os exemplos de aplicação, juntamente com uma análise de cada caso. No item 4.3, são discutidos os resultados dos casos em conjunto.

4.1 Aplicação ao transporte de açúcar a granel para exportação

4.1.1 Contextualização da carga: açúcar a granel

O Brasil é o principal exportador de açúcar do mundo, participando com 33% do mercado mundial²². As exportações de açúcar alcançaram 19,4 milhões de toneladas na safra 2007/2008.

O principal tipo de açúcar exportado é o VHP (do inglês *Very High Polarization*). O VHP é vendido a granel e é produzido exclusivamente para exportação, para ser refinado no país de destino. A comercialização com o exterior é feita através de *trading companies*, empresas de grande porte que consolidam a carga de produtores locais e possuem relacionamento para destinar a carga no exterior.

O açúcar VHP é uma *commodity*, negociada em bolsas de valores em Londres e Nova Iorque. Pode ser considerada uma carga com baixo valor agregado, tendo alcançado uma cotação de R\$1.000/t em setembro/2011²³ na bolsa de Nova Iorque.

Usualmente, os usineiros vendem seu açúcar às *tradings* em arranjos do tipo *free-carrier*, com entrega no porto de exportação. Os usineiros são responsáveis pela contratação de transporte terrestre até o porto de exportação.

Em geral, os contratos de fornecimento têm duração de uma safra, e preveem um cronograma de fornecimento com quotas mensais. Deste modo, atrasos no transporte do produto podem ser acomodados dentro de um intervalo de tempo (até o fechamento do mês). Em determinadas situações, uma empresa sucroalcooleira pode controlar diversas usinas, e pode intercambiar o produto de exportação de uma usina por o de outra, minimizando ulteriormente o impacto de atrasos.

Santos e Paranaguá são os principais portos exportadores de açúcar, com 73% e 14% de participação, respectivamente²⁴. Devido à restrição de capacidade de recepção rodoviária nos terminais portuários, é comum o terminal portuário exigir

²² Fonte: ANUT, Desafio ao Crescimento do Agronegócio Brasileiro. Disponível em http://www.anut.org.br/Anut/pdf/Trabalho_Agronegocio_2008.pdf

²³ Fonte: IPEADATA, baseado em FMI e Banco Central do Brasil.

²⁴ Fonte: MDIC, ALICEWEB, 2008.

que uma parcela dos volumes de exportação seja entregue por modal ferroviário – ficando a critério do usineiro (ou do transportador contratado) o modal a ser utilizado para a parcela restante.

O açúcar tem baixa perecibilidade, mas deve ser resguardado da umidade para não empedrar. De forma geral, não requer equipamentos especializados para seu manuseio e transporte.

O açúcar exportado por Santos e Paranaguá é predominantemente produzido no interior de São Paulo e no norte do Paraná, conforme ilustra a Figura 11 (ANUT, 2008).

Figura 11: Origem do açúcar de exportação em 2007 (Fonte: ANUT, 2008)

4.1.2 Caso 1: Aplicação do método ao transporte de açúcar a granel para exportação, em média distância

O exemplo de aplicação avaliará a escolha de modal para transporte de açúcar a granel de Araraquara/SP a Santos/SP. A distância de transporte é de cerca de 350km. Foi considerada pelo especialista a demanda média referente a uma safra: demandas mensais de cerca de 5 mil toneladas, durante 10 meses no ano.

O transporte rodoviário direto se dá pelas seguintes rodovias, em sequência, até alcançar o Porto de Santos: Rodovia Washington Luiz, Rodovia Anhanguera, Rodovia dos Bandeirantes, Rodovia dos Imigrantes.

No transporte intermodal, considerada como “opção ferroviária”, a carga de Araraquara realiza uma ponta rodoviária dentro do próprio município até o terminal de transbordo ali localizado, e é escoada de ferrovia para Santos via Malha Paulista da ALL.

As prioridades do embarcador em relação aos critérios de escolha são reproduzidas a seguir.

Tabela 29: MCP do nível 1 para o Caso 1

Seleção modal (Nível 1)	Custo	Particularidades da carga	Confiabilidade	Vetor prioridade N1
Custo	1	7	5	0,72
Particularidades da carga	1/7	1	1/3	0,08
Confiabilidade	1/5	3	1	0,19
IC				0,03
RC				0,06

Tabela 30: MCP no nível 2 (particularidades da carga) para o Caso 1

Particularidades da carga (Nível 2)	Acessibilidade	Flexibilidade	Oferta de instalações logísticas	Vetor prioridade N2 - 1
Acessibilidade	1	5	3	0,63
Flexibilidade	1/5	1	1/3	0,11
Oferta de instalações logísticas	1/3	3	1	0,26
IC				0,02
RC				0,03

Tabela 31: MCP do nível 2 (confiabilidade) para o Caso 1

Confiabilidade (Nível 2)	Pontualidade	Perdas e danos	Informação ao cliente	Vetor prioridade N2 - 2
Pontualidade	1	1/7	1/5	0,07
Perdas e danos	7	1	3	0,64
Informação ao cliente	5	1/3	1	0,26
IC				0,32
RC				0,06

Tabela 32: MCP do nível 3 para o Caso 1

Subcritério: Acessibilidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 1
Opção Rodoviária	1	1/4	0,20
Opção Ferroviária	4	1	0,80

Subcritério: Flexibilidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 2
Opção Rodoviária	1	7	0,88
Opção Ferroviária	1/7	1	0,12

Subcritério: Oferta de instalações logísticas	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 3
Opção Rodoviária	1	1/5	0,17
Opção Ferroviária	5	1	0,83

Subcritério: Pontualidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 4
Opção Rodoviária	1	7	0,88
Opção Ferroviária	1/7	1	0,12

Subcritério: Perdas e danos	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 5
Opção Rodoviária	1	1/3	0,25
Opção Ferroviária	3	1	0,75

Subcritério: Informação ao cliente	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 6
Opção Rodoviária	1	1/3	0,25
Opção Ferroviária	3	1	0,75

O custo da solução rodoviária direto é de R\$57,91/t. As parcelas que compõem o custo são o frete peso rodoviário, os pedágios de ida e volta, o custo financeiro do

estoque em trânsito, e o custo da quebra técnica (percentual de peso da carga que pode ser perdida ao longo do transporte sem que haja reembolso ao embarcador). Cargas de exportação são isentas de ICMS.

Tabela 33: Custo rodoviário direto do Caso 1

Item	Valor [R\$/t]	Fonte/Comentário
Frete peso rodoviário direto	38,51	Cotações com base de dados do Sifreca
Pedágio ida	10,09	Roteirizador Via Fácil. Considera caminhão com 7 eixos, transportando 38,5 eixos. 7 eixos: 7 vezes pedágio de veículo de passeio. Divide por carga do caminhão.
Pedágio volta	7,21	Assume pedágio bidirecional. Caminhão volta vazio com 2 eixos levantados. 5 eixos: 5 vezes o pedágio de veículo de passeio. Divide por carga do caminhão.
Custo financeiro do estoque em trânsito	0,10	Produto do tempo de trânsito (0,375 dias), por rendimento diário (0,027% a.d), por valor da carga (R\$1000/t).
Quebra técnica	2,00	Entrevista com embarcador: Transporte rodoviário de açúcar considera quebra técnica de 0,2% da carga. Valor de carga: R\$1.000/t.
CUSTO LOGÍSTICO TOTAL	57,91	

O custo da solução intermodal é de R\$58,08/t, ou apenas 0,3% superior que a solução rodoviária direta (R\$57,91/t).

O custo da solução intermodal foi estimado com base em entrevista com operador logístico e representa o custo final percebido pelo embarcador. As parcelas que compõem o custo intermodal ao embarcador são o frete peso da ponta rodoviária, os pedágios de ida e volta da ponta rodoviária, o custo pelo transbordo e transporte ferroviário cobrado pelo operador logístico, o custo financeiro do estoque em trânsito, e o custo da quebra técnica. No caso simulado, não há pedágios na ponta rodoviária.

Tabela 34: Custo intermodal do Caso 1

Item	Valor [R\$/t]	Fonte/Comentário
Frete peso Ponta rodoviária	4,71	Cotações com base de dados do Sifreca
Pedágio Ponta rodo ida e volta	0,00	Não há pedágios na ponta rodoviária, no caso estudado
Transbordo e Frete ferroviário	46,63	Cotação com operador logístico
Custo financeiro do estoque em trânsito	2,74	Produto do tempo de trânsito (10 dias), por rendimento diário (0,027% a.d.), por valor da carga (R\$1000/t).
Quebra técnica	4,00	Entrevista com embarcador: Transporte intermodal de açúcar considera quebra técnica de 0,4% da carga. Valor de carga: R\$1.000/t.
CUSTO LOGÍSTICO TOTAL	58,08	

As informações de custo se traduzem no seguinte vetor prioridade conforme indicado na Tabela 35.

Tabela 35: MCP de custo no Caso 1

Subcritério: Informação ao cliente	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor custo
Opção Rodoviária	1	58,08/57,91	0,50
Opção Ferroviária	57,91/58,08	1	0,50

As premissas auxiliares usadas para o cálculo de custos são detalhadas no apêndice (item 7.1), na Tabela 50. Os vetores compostos que originarão o vetor prioridade resultante são mostrados a seguir.

Tabela 36: Composição do vetor 'particularidade da carga' para o Caso 1

	Vetor prioridade N3 – 1	Vetor prioridade N3 – 2	Vetor prioridade N3 – 3		Vetor prioridade N2 – 1	Vetor particularidade composto
Opção Rodoviária	0,20	0,88	0,17	x	0,63	= 0,26
Opção Ferroviária	0,80	0,13	0,82		0,11	0,74
					0,26	

Tabela 37: Composição do vetor 'confiabilidade' para o Caso 1

	Vetor prioridade N3 – 4	Vetor prioridade N3 – 5	Vetor prioridade N3 – 6		Vetor prioridade N2 – 2		Vetor confiabilidade composto
Opção Rodoviária	0,88	0,25	0,25	x	0,07	=	0,30
Opção Ferroviária	0,13	0,75	0,75		0,64		0,70
					0,28		

Tabela 38: Composição do vetor resultante para o Caso 1

	Vetor custo	Vetor particularidade composto	Vetor confiabilidade composto		Vetor prioridade N1		Vetor prioridade resultante
Opção Rodoviária	0,50	0,26	0,30	x	0,72	=	0,44
Opção Ferroviária	0,50	0,74	0,70		0,08		0,56
					0,19		

O vetor prioridade resultante indica que a opção ferroviária (56%) é mais adequada para o transporte de açúcar a distância média em comparação com a opção rodoviária (44%) para este avaliador.

A partir das prioridades expressas pelo embarcador, é possível aferir qual o peso implícito de cada um dos subcritérios. O peso é calculado como o produto do peso do subcritério dentro do critério (Vetores prioridade N2-1 e N2-2), pelo peso do critério em relação ao objetivo (Vetor prioridade N1).

A Tabela 39 apresenta os subcritérios e respectivos pesos implícitos em ordem decrescente de participação na avaliação de cada alternativa. Neste caso, o embarcador ponderou que custo era o mais relevante, com 72% de peso no cômputo final, e flexibilidade o menos importante, com peso menor que 1%.

Tabela 39: Pesos dos subcritérios (nível 3) na nota final, em ordem decrescente para o Caso 1

Subcritério	Peso na nota final
Custo	72,4%
Perdas e danos	12,4%
Informação ao cliente	5,5%
Acessibilidade	5,3%
Instalações logísticas	2,2%
Pontualidade	1,4%
Flexibilidade	0,9%
TOTAL	100,0%

No entanto, quando se compara a avaliação das alternativas (nível 3) em relação ao critério custo, percebe-se que a diferença entre os modais é muito pequena, de 0,3% (rodoviário em R\$57,91/t vs. ferroviário com R\$58,08/t). Desta forma, conclui-se que, apesar de custo ser o critério mais relevante, ambas as alternativas são quase igualmente preferidas em relação a este critério, o que não gera uma distinção que auxilie a tomada de decisão.

Um indicador que permite avaliar a contribuição de cada subcritério à tomada de decisão é o produto do peso do subcritério na avaliação geral, multiplicado pela diferença entre os atributos de cada alternativa para o respectivo subcritério. Por exemplo, no caso 1 avaliado, o subcritério 'perdas e danos' tinha peso de 12,4% na avaliação (Tabela 39). A diferença entre o peso da alternativa rodoviária (0,25) e a ferroviária (0,75) sob o subcritério 'perdas e danos' (vetor prioridade N3 – 5) é de -0,50. Multiplicando-se esses valores, tem-se que a contribuição do subcritério à decisão foi de -6% contra a opção rodoviária (ou 6% a favor da ferroviária).

Se o mesmo procedimento fosse realizado para todos os subcritérios, e as contribuições destes fossem somadas, chegar-se-ia à diferença entre as notas finais das alternativas. Em outras palavras, a diferença entre as notas finais de cada alternativa pode ser decomposta na contribuição relativa de cada subcritério. Estabelece-se que a contribuição terá sinal positivo se favorecer a alternativa rodoviária; negativo caso favoreça a alternativa ferroviária.

A Tabela 40 apresenta a decomposição da contribuição de cada critério no Caso 1, em ordem decrescente valor.

Tabela 40: Contribuição dos subcritérios à diferença de notas finais para o Caso 1

	(A)	(B)	(C)	(B) - (C)	[(B)-(C)].A
Subcritérios	Peso do subcritério na nota final	Atributo da alternativa rodoviária	Atributo da alternativa ferroviária	Diferença entre atributos (Rodoviário - Ferroviário)	Contribuição dos subcritérios à diferença de notas finais
Perdas e danos	12,4%	0,25	0,75	-0,50	-0,0621
Acessibilidade	5,3%	0,20	0,80	-0,60	-0,0317
Info ao cliente	5,5%	0,25	0,75	-0,50	-0,0273
Instalações log.	2,2%	0,17	0,83	-0,67	-0,0145
Custo	72%	0,50	0,50	0,00	0,0011
Flexibilidade	0,9%	0,88	0,13	0,75	0,0066
Pontualidade	1,4%	0,88	0,13	0,75	0,0107
Soma					-12%

O subcritério que mais influencia a decisão é 'perdas e danos'. Este, junto com acessibilidade, informação ao cliente, e instalações logísticas, favorece a opção ferroviária, e apenas custo, pontualidade e flexibilidade favorecem a solução rodoviária.

Os subcritério que apresentavam a maior diferença de atributo entre as opções, flexibilidade e pontualidade, tiveram pouca influência sobre a nota final, de apenas 1,6% juntos. O resultado faz sentido uma vez que os pesos destes subcritérios tem pouca relevância para o transporte de açúcar a granel, já que há poucas variações imprevisíveis da demanda que necessitem de flexibilidade do modal e os lotes tem uma janela maior de chegada – a demanda é mensal e eventuais atrasos podem ser corrigidos sem grandes prejuízos.

A discussão sobre a validade da opção escolhida será tecida com os demais casos no item 4.3.

4.1.3 Caso 2: Aplicação do método ao transporte de açúcar a granel para exportação, em longa distância

O segundo exemplo de aplicação avaliará a escolha de modal para transporte de açúcar a granel de Fernandópolis/SP, no noroeste do estado, a Santos/SP. A distância de transporte é de cerca de 630km. Neste caso, também foi considerada

uma demanda média referente a uma safra: demandas mensais de cerca de 5 mil toneladas por 10 meses.

O transporte rodoviário direto se dá pelas seguintes rodovias, em sequencia, até alcançar o Porto de Santos: Rodovia SP-310, Rodovia Washington Luiz, Rodovia Anhanguera, Rodovia dos Bandeirantes, Rodovia dos Imigrantes.

No transporte intermodal, a carga de Fernandópolis realiza uma ponta rodoviária dentro do próprio município até o terminal de transbordo ali localizado, e é escoada de ferrovia para Santos via a Malha Paulista da ALL.

O procedimento de avaliação segue as mesmas etapas ilustradas no Caso 1. As notas do avaliador bem como as premissas usadas nas estimativas de custo logístico estão expostas no apêndice, item 7.2. A seguir são apresentados apenas os vetores prioridades (Tabela 41).

Tabela 41: Vetores prioridades do nível 2 e 3 no Caso 2

Critério	Vetor prioridade N1	Subcritérios	Vetor prioridade N2 - 1	Subcritérios	Vetor prioridade N2 - 2
Custo	0,82	Acessibilidade	0,07	Pontualidade	0,08
Particularidades da carga	0,09	Flexibilidade	0,64	Perdas e danos	0,72
Confiabilidade	0,09	Instalações logísticas	0,26	Informação ao cliente	0,19

Opção	Vetor prioridade N3 - 1	Vetor prioridade N3 - 2	Vetor prioridade N3 - 3	Vetor prioridade N3 - 4	Vetor prioridade N3 - 5	Vetor prioridade N3 - 6
Rodoviária	0,20	0,88	0,17	0,83	0,25	0,25
Ferrovária	0,80	0,12	0,83	0,17	0,75	0,75

O custo logístico total da solução rodoviária é de R\$86,44/t. O custo da solução intermodal é de R\$74,45/t, 14% inferior à solução rodoviária. O resultado corrobora com a percepção de que o custo ferroviário torna-se mais competitivo à medida que a distância de transporte aumenta.

Ao compor o vetor prioridade resultante, tem-se como resultado que a opção ferroviária é mais adequada para este caso e para este avaliador (Tabela 42).

Tabela 42: Composição do vetor resultante para o Caso 2

	Vetor custo	Vetor particularidade composto	Vetor confiabilidade composto		Vetor prioridade N1	Vetor prioridade resultante
Opção Rodoviária	0,46	0,33	0,30	x	0,82	0,44
Opção Ferroviária	0,54	0,67	0,70		0,09	0,56
					0,09	

A ponderação dos dois casos foi diferente e os valores semelhantes dos vetores prioridades do caso 1 e 2 são coincidência. Há diferença nas casas decimais.

A Tabela 43 apresenta os subcritérios e respectivos pesos implícitos para o Caso 2, juntamente com a participação de cada subcritério na contribuição da nota final. O avaliador ponderou novamente o custo como o critério mais relevante, com 82% de peso no cômputo final. A diferença de 14% entre os custos logísticos das opções resultou no atributo que mais contribuiu a favor da escolha pela opção ferroviária (-6%). Todos os critérios favoreceram a opção ferroviária, salvo flexibilidade e pontualidade.

Tabela 43: Contribuição dos subcritérios à diferença de notas finais para o Caso 2

	(A)	(B)	(C)	(B) - (C)	[(B)-(C)].A
Subcritérios	Peso do subcritério na nota final	Atributo da alternativa rodoviária	Atributo da alternativa ferroviária	Diferença entre atributos (Rodoviário - Ferroviário)	Contribuição dos subcritérios à diferença de notas finais
Custo	82%	0,46	0,54	-0,07	-0,0610
Perdas e danos	6,6%	0,25	0,75	-0,50	-0,0329
Acessibilidade	5,5%	0,20	0,80	-0,60	-0,0327
Instalações log.	1,8%	0,17	0,83	-0,67	-0,0121
Info ao cliente	1,8%	0,25	0,75	-0,50	-0,0088
Pontualidade	0,8%	0,83	0,17	0,67	0,0050
Flexibilidade	1,8%	0,88	0,13	0,75	0,0136
				Soma	-13%

Novamente, a maior diferença de atributos entre as opções, de 0,75 em flexibilidade pouco contribuiu para a decisão final (1,3%), enquanto em custo, a diferença de apenas 0,07 entre os atributos das opções foi decisiva para a escolha do ferroviário.

As mesmas observações quanto aos critérios pontualidade e flexibilidade do Caso 1 também se aplicam a este caso. Pelo fato de ser mais distante, a parcela de custo logístico ganha mais importância sobre a carga de baixo valor agregado.

4.2 Aplicação ao transporte de contêineres para exportação

4.2.1 Contextualização da carga: contêineres para exportação

O transporte de carga containerizada encontra aplicação em cargas soltas que em geral empregam a intermodalidade. É o caso da exportação por via marítima, que utiliza uma perna de transporte terrestre até o porto (unimodal ou multimodal) e outra perna de transporte marítimo.

O contêiner permite que cargas variadas, com dimensões e pesos particulares, sejam condicionadas em um invólucro padronizado (contêiner), de fácil manuseio por equipamentos igualmente padronizados mundialmente (carretas, vagões, barcas, navios, empilhadeiras *reach-stacker* e portêineres, entre outros).

Alguns exemplos de cargas containerizadas incluem: café, carne, frutas, alimentos processados, madeira, obras de borracha, produtos cerâmicos, bens de consumo, produtos siderúrgicos, máquinas e peças, vestuário, entre outros.

A carga containerizada usualmente é não-*commoditizada*, de forma que cada lote é único e não facilmente intercambiável com outro. As cargas containerizadas usualmente são de médio a alto valor agregado: a carne exportada tem valor médio de US\$3.000/t; café, US\$4.500/t; e máquinas e peças US\$8.000/t e itens de vestuário US\$40.000/t²⁵. Estes fatores implicam que a pontualidade e agilidade do transporte sejam mais relevantes do que uma carga *commoditizada* de baixo valor agregado.

Os terminais portuários comumente permitem que os embarcadores entreguem seus contêineres para exportação com até dois dias de antecedência à janela do navio exportador. Atrasos na chegada ao terminal significam que o embarcador perderá

²⁵ Fonte: MDIC, ALICEWEB. Preços FOB. Valores médios de 2011.

sua reserva no navio, sendo necessário contratar uma posição adicional no navio seguinte e armazenagem por tempo adicional no porto.

O Porto de Santos é o principal ponto de operação de contêineres no Brasil, sendo responsável por 44% dos contêineres cheios de exportação²⁶. Sua área de influência abrange o estado de São Paulo, o Mato Grosso do Sul, o norte de Paraná, o sul de Minas Gerais e Goiás, e o sudeste do Mato Grosso²⁷.

A distribuição de origens de cargas containerizadas é pulverizada, devido à amplitude de cargas que pode ser transportada em contêiner.

4.2.2 Caso 3: Aplicação do método ao transporte de carga containerizada para exportação, em média distância

O exemplo de aplicação avaliará a escolha de modal para transporte de carga containerizada de Araraquara/SP a Santos/SP. A distância de transporte é de cerca de 350km. Considerou-se a demanda de um exportador de pequeno porte de cinco contêineres a ser transportado apenas uma vez.

O exemplo considera uma carga, estufada em contêiner não-refrigerado, com valor de R\$ 150.000 por contêiner.

O transporte rodoviário direto se dá pelas seguintes rodovias, em sequencia, até alcançar o Porto de Santos: Rodovia Washington Luiz, Rodovia Anhanguera, Rodovia dos Bandeirantes, Rodovia dos Imigrantes.

No transporte intermodal, a carga de Araraquara realiza uma ponta rodoviária dentro do próprio município até o terminal de transbordo localizado no mesmo município, e é escoada de ferrovia para Santos via Malha Paulista da ALL.

A Tabela 44 apresenta os vetores prioridades derivados das notas do avaliador, e dos custos logísticos levantados, detalhados no item 7.3.1 do apêndice.

²⁶ Fonte: ANTAQ, Anuário estatístico 2010.

²⁷ Fonte: Plano de Desenvolvimento e Expansão do Porto de Santos, 2009.

Tabela 44: Vetores prioridades do nível 2 e 3 no Caso 3

Critério	Vetor prioridade N1	Subcritérios	Vetor prioridade N2 - 1	Subcritérios	Vetor prioridade N2 - 2
Custo	0,28	Acessibilidade	0,18	Pontualidade	0,19
Particularidades da carga	0,07	Flexibilidade	0,75	Perdas e danos	0,72
Confiabilidade	0,64	Instalações logísticas	0,07	Informação ao cliente	0,08

Opção	Vetor prioridade N3 - 1	Vetor prioridade N3 - 2	Vetor prioridade N3 - 3	Vetor prioridade N3 - 4	Vetor prioridade N3 - 5	Vetor prioridade N3 - 6
Rodoviária	0,88	0,88	0,50	0,88	0,50	0,20
Ferroviária	0,13	0,12	0,50	0,13	0,50	0,80

Os custos logísticos foram determinados através da mesma metodologia apresentada nos casos 1 e 2. Obteve-se como custo da solução rodoviária R\$2.295/contêiner. A solução ferroviária apresentou um valor 10% inferior, de R\$2.069/contêiner.

Com o cômputo do vetor prioridade resultante, apura-se uma preferência pela opção rodoviária, tendo esta obtido um valor de 0,55 (ante 0,45 da alternativa ferroviária) (Tabela 45).

Tabela 45: Composição do vetor resultante para o Caso 3

	Vetor custo	Vetor particularidade composto	Vetor confiabilidade composto		Vetor prioridade N1	Vetor prioridade resultante
Opção Rodoviária	0,47	0,85	0,55	x	0,28	0,55
Opção Ferroviária	0,53	0,15	0,45		0,07	0,45
					0,64	

Os subcritérios e respectivos pesos implícitos para o Caso 3 são apresentados na Tabela 46. O embarcador implicitamente ponderou o subcritério 'perdas e danos' como o mais sensível a avaliação de alternativas, com peso de 46,5%.

Por outro lado, o subcritério que mais contribuiu para a escolha foi 'pontualidade', favorecendo em quase 10% a opção rodoviária.

Tabela 46: Contribuição dos subcritérios à diferença de notas finais para o Caso 3

	(A)	(B)	(C)	(B) - (C)	[(B)-(C)].A
Subcritérios	Peso do subcritério na nota final	Atributo da alternativa rodoviária	Atributo da alternativa ferroviária	Diferença entre atributos (Rodoviário - Ferroviário)	Contribuição dos subcritérios à diferença de notas finais
Info ao cliente	5,4%	0,20	0,80	-0,60	-0,0322
Custo	28%	0,47	0,53	-0,05	-0,0148
Perdas e danos	46,5%	0,50	0,50	0,00	0,0000
Instalações log.	0,5%	0,50	0,50	0,00	0,0000
Acessibilidade	1,3%	0,88	0,13	0,75	0,0100
Flexibilidade	5,5%	0,88	0,13	0,75	0,0414
Pontualidade	12,4%	0,88	0,13	0,75	0,0932
Soma					10%

Os critérios se dividiram no favorecimento das opções, e apenas 'perdas e danos' e oferta de instalações logísticas foram neutros às alternativas, pois as opções foram avaliadas como igualmente preferidas. A movimentação de contêineres usa equipamentos padrão, o que justifica o peso baixo de instalações logísticas (0,5%). Caso a carga transportada fosse do tipo refrigerada, talvez este critério fosse mais relevante e houvesse mudança nos atributos das opções.

Apesar do peso de 'perdas e danos' (46%), a mesma situação observada no caso 1 se repete: no subcritério de maior relevância, ambas as opções obtiveram as mesmas notas, o que não contribuiu para a preferência de uma sobre a outra.

4.3 Análise dos resultados

Discussão sobre as opções resultantes

A aplicação da metodologia aos três casos resultou em escolhas que estão de acordo com o que era esperado pela autora. Esperava-se que para o caso de açúcar a longa distância (caso 2), a opção ferroviária prevalecesse devido à expectativa de menor custo logístico para distâncias longas. Já em carga containerizada a média distância (caso 3), devido ao elevado valor da carga (e o custo do estoque parado), esperava-se que o rodoviário fosse o escolhido. No caso de açúcar para distância média (caso 1), havia incerteza sobre qual seria o modal mais adequado, pois havia dúvida se a distância de 350km seria suficiente para tornar o modal ferroviário competitivo. Os resultados parecem concordar também com o comportamento médio observado atualmente no transporte brasileiro.

Com relação aos casos 1 e 2, recentemente, a Cosan, uma das maiores *tradings* de açúcar no Brasil, fundou a Rumo Logística para atuar como operador logístico no transporte de açúcar e *commodities* agrícolas. A Rumo investiu na recuperação de trechos ferroviários no interior paulista junto com a concessionária da via, adquiriu novas locomotivas e vagões especializados e ampliou o sistema de armazenagem no Porto de Santos.

Em 2009, 10% da safra de açúcar que chegava ao Porto de Santos usava a ferrovia²⁸. Na safra de 2012, espera-se que 50% do volume transportado use o modal ferroviário e que aumente para 70% nos próximos 3 anos.

Em função desta substituição, até 2015, duas das maiores *tradings* de açúcar do Brasil, a Cosan e a Copersucar, pretendem eliminar 72 mil viagens de caminhão por ano no interior paulista²⁹. Uma das principais metas com essa mudança é a redução custos, embora valores não tenham sido anunciados.

Com relação ao Caso 3 para carga containerizada, as pesquisas indicam que atualmente 97% dos contêineres que chegam ao porto de Santos usam o modal

²⁸ Fonte: Reportagem “Gigantes do setor de cana ampliam sistema ferroviário”, do jornal Folha de São Paulo, publicado em 01/03/2012.

²⁹ Fonte: Reportagem “O trem do açúcar”, da revista Dinheiro Rural, Edição 90, de Abril/2012.

puramente rodoviário. O resultado da metodologia aplicada mostra que o avaliador em questão faria parte desta grande maioria dos embarcadores.

Por outro lado, há o interesse de ambas as malhas ferroviárias que atendem ao porto de Santos em aumentar o transporte de contêineres dos atuais 3% para 30% com investimentos anunciados em aquisição de vagões especiais³⁰.

Discussão sobre os critérios de maior peso e maior contribuição

Em cada caso analisado, variam tanto os pesos dos critérios quanto a participação na contribuição da escolha do modal. O peso dos subcritério em cada exemplo de aplicação é ilustrado na Figura 12.

Figura 12: Peso dos subcritérios em cada caso

³⁰ Fonte: Reportagem “Concessionárias ferroviárias querem ganhar mercado de contêineres”, do jornal A Tribuna, publicado em 18/12/2011.

Alguns comentários podem ser tecidos com base na Figura 12:

- A aplicação da metodologia a diferentes contextos de transporte leva a prioridades diferentes. Os pesos resultantes dos subcritérios não são uniformes para os três casos analisados. Neste aspecto, o fato da metodologia permitir ao avaliador flexibilidade na determinação de pesos dos critérios, parece ser positivo para a correta avaliação das alternativas de transporte.
- Custo nem sempre foi o subcritério de maior peso na decisão do embarcador. Por exemplo, no caso 3, o subcritério 'perdas e danos' foi julgado pelo avaliador como sendo mais relevante na escolha entre rodovia e ferrovia.

É interessante comparar a contribuição dos subcritérios à escolha da opção em cada um dos casos estudados (Figura 13). Uma análise da Figura 13 evidencia que:

- Há casos onde outros fatores além de custo exercem maior ou igual influência sobre o processo de decisão (mesmo quando o critério 'custo' for o de maior peso); e
- Comparando a Figura 12 e a Figura 13, nota-se que nem sempre o critério mais relevante ao embarcador é o que mais contribuiu à escolha de uma alternativa.

Figura 13: Contribuição dos subcritérios na escolha do modal

No caso 1, a diferença entre os custos oferecidos pelas opções é tão pequena (0,3%) que pouco contribui no cômputo final das notas (0,1% a favor do rodoviário). Em compensação, o subcritério ‘perdas e danos’ é responsável por metade da nota que favorece a opção ferroviária.

Ao rastrear as notas do avaliador quanto a este subcritério, a comparação paritária entre as opções de modal recebe 1/3 pela escala Saaty (Tabela 47). Isso significa que o avaliador considerou que, “com o objetivo de escolher a alternativa que melhor desempenha no subcritério ‘perdas e danos’, a opção rodoviária apresenta um desempenho levemente inferior à opção ferroviária”.

Em informação ao cliente, as opções foram avaliadas com o mesmo desempenho (1/3 na escala Saaty entre rodo e ferroviário). Todavia este subcritério não teve a mesma contribuição à seleção do modal, uma vez que na comparação entre os

subcritérios de flexibilidade, o avaliador considerou ‘perdas e danos’ levemente mais importante que informação ao cliente (12,4% vs. 5,5%, respectivamente).

Tabela 47: Resumo dos resultados dos exemplos de aplicação

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Modal escolhido	Ferroviário	Ferroviário	Rodoviário
Nota rodoviário	0,44	0,44	0,55
Nota ferroviário	0,56	0,56	0,45
Diferença de notas (rodo. – ferro.) ³¹	-12%	-13%	10%
Ordem e peso de critério custo	1º - 72%	1º - 82%	2º - 28%
Custo rodoviário	R\$ 57,91/t	R\$ 84,44/t	R\$2.295/cntr
Custo ferroviário	R\$ 58,08/t	R\$ 74,45/t	R\$2.069/cntr
Diferença entre os custos	0,3%	14%	10%
Subcritério de maior contribuição à decisão final	Perdas e danos (-6,2%)	Custo (-6,1%)	Pontualidade (9,3%)
Atributo da opção rodoviária	0,25	0,46	0,88
Atributo da opção ferroviária	0,75	0,54	0,13
Diferença de notas (rodo. – ferro.)	-0,50	-0,07	0,75
Escala Saaty (rodo. em relação ao ferro.)	1/3	-	7

No caso 2, custo foi o critério mais importante e o que mais contribuiu para a seleção do modal ferroviário. Todos os julgamentos foram favoráveis à opção ferroviária, salvo pontualidade e flexibilidade. Nestes subcritérios, as notas da escala Saaty foram de 5 e 7, respectivamente, o que pode ser traduzido como superioridade “*forte e muito forte*” do modal rodoviário sobre o ferroviário, para esta carga. Mas como os itens tem peso baixo para o avaliador (8% e 1,8%), as contribuições foram baixas (0,5% e 1,4%).

Dada a importância do custo logístico no transporte de açúcar em longa distância, fez-se o exercício calcular quais deveriam ser os pares de frete rodoviário e

³¹ A diferença entre as notas apresenta-se em valor aproximado e referem-se a 11,72%, 12,88% e 9,76% para os casos 1, 2 e 3, respectivamente.

ferroviário para que as alternativas fossem igualmente preferíveis, de acordo com a metodologia proposta³².

Se a opção rodoviária oferecesse um desconto de forma a reduzir o custo logístico do embarcador em 27% ou se a opção ferroviária sofresse um aumento de 37%, ambas as opções seriam igualmente atraentes, segundo a metodologia e a percepção deste avaliador (Tabela 48). Variações maiores que os limites calculados resultariam na preferência por um dos modais. O conhecimento destes limites poderia levar o operador logístico ou o transportador a alterar o custo para o embarcador até que a preferência fosse alterada.

Tabela 48: Variação de custo logístico para soluções igualmente atraentes

	Opção rodoviária	Opção ferroviária
Custo logístico total [R\$/t]	86,44	74,45
Custo financeiro + perda técnica [R\$/t]	2,27	6,80
Frete atual [R\$/t]	84,17	67,65
Variação do custo logístico para igualar as opções	Desconto de 27%	Aumento de 37%
Pares de frete para opções igualmente preferíveis [R\$/t]	60,78	67,65
	84,17	95,25
Novo custo logístico para opções igualmente preferíveis [R\$/t]	63,05	
		102,06

O caso 3 reforça a ocorrência de casos onde o nível de serviço é tido como mais relevante que os custos logísticos. Entre os três critérios do nível 1, a distribuição dos pesos foi de 64% em confiabilidade, 28% em custo e 7% em particularidades da carga. Nesta avaliação, assim como no caso 1, os subcritérios de maior peso e maior contribuição também diferem.

Apesar de 'perdas e danos' ser o critério mais relevante para o avaliador, foi considerado que as opções atendem o cliente igualmente. O subcritério de maior

³² Cabe ressaltar que os valores seriam válidos para este caso apenas, de acordo com a percepção deste avaliador, e que a metodologia tem como premissa a independência dos critérios.

contribuição é pontualidade, responsável por 9,3% da diferença total das notas e favorece o modal rodoviário.

Na avaliação na escala Saaty, o rodoviário mostrou “*desempenho muito grande ou comprovado*” sobre o ferroviário em pontualidade, acessibilidade e flexibilidade. Como os pesos dos critérios variam (12,4%, 1,3% e 5,5%) as contribuições também diferiram (Tabela 49).

Tabela 49: Avaliação na escala Saaty e contribuição dos subcritérios no Caso 3

	Avaliação na escala Saaty (rodoviário em relação ao ferroviário)	Peso do subcritério na nota final	Contribuição à diferença das notas finais
Acessibilidade	7	1,3%	1,0%
Flexibilidade	7	5,5%	4,1%
Instalações logísticas	1	0,5%	0%
Pontualidade	7	12,4%	9,3%
Perdas e danos	1	46,5%	0%
Informação ao cliente	1/4	5,4%	-3,2%
Custo	-	28%	-1,4%
Total		100%	9,7%

A análise dos resultados chama a atenção de que há dois grandes modos de atuar para promover a mudança de um modal a outro: atuar na percepção do embarcador quanto ao desempenho dos modais alternativos em relação aos subcritérios (avaliação na escala Saaty) ou atuar na percepção do embarcador quanto à importância dos subcritérios (peso)³³. Um agente que estivesse interessado em promover tal mudança (seja um operador logístico atraindo cargas, ou um ente público realizando o planejamento de transportes) poderia avaliar a conveniência de atuar sobre cada uma destas possibilidades.

³³ É interessante que a atuação possa se dar no nível de percepção, não necessariamente acompanhada de uma mudança efetiva de desempenho. Para esse fim, poderiam ser consideradas ações válidas: a disponibilidade de informações, o vencimento de preconceitos, e afins.

A discussão dos exemplos de aplicação se baseou na avaliação de um único embarcador e em diversos pontos pode diferir da percepção da média dos demais donos de carga. Imagina-se que, se a metodologia fosse aplicada a muitos embarcadores, seria possível identificar o perfil ou preferências comuns a diversos avaliadores em contextos semelhantes. A identificação dos pontos fortes e fracos entre os modais de transporte, e a relevância destes poderia auxiliar a decisão de demais atores do sistema de transporte: transportadores, operadores logísticos, e eventualmente, aos planejadores da infraestrutura de transporte, com o intuito de orientar ações efetivas sobre os critérios específicos.

A metodologia foi apresentada a um profissional atuante no transporte de açúcar na região apresentada no caso 1. Em sua avaliação, os critérios são abrangentes o suficiente e a escala, apesar da dificuldade na compreensão em um primeiro momento, é de fácil emprego após certa familiarização.

A principal crítica com relação à efetividade da metodologia foi a não consideração de variáveis de mercado, como a oferta insuficiente de capacidade e a competição entre as cargas pelos serviços de armazenagem e transporte. Quanto à primeira, de fato, a metodologia parte da premissa de que todas as alternativas de transporte avaliadas possuem oferta disponível – o que pode não ocorrer na prática. Com frequência os embarcadores sofrem com a falta de material rodante e com o preterimento no cumprimento de contratos assinados para atender ao mercado spot em função de melhores fretes momentâneos.

Apesar de o cultivo das commodities agrícolas ser sazonal, há a disputa por capacidade no transporte de cargas. Há situações que, mesmo com contratos assinados, o transportador opta por quebrar o contrato e pagar as multas cabíveis para atender ao mercado spot, quando este tem maior atratividade.

O exemplo citado pelo profissional se relacionou ao transporte ferroviário e a competição do açúcar a granel com outras *commodities* como soja, farelo de soja e milho. Nessa situação, o embarcador quando não tem contratos com outras transportadoras fica a mercê do elevado preço no mercado spot, e deve buscar ainda armazenagem adicional da carga em caso de atrasos, e inclusive lidar com o possível não atendimento de seu cliente, o comprador da carga.

A percepção do profissional entrevistado de que a metodologia não possui critérios para julgar o cumprimento do contrato de transporte sugere que seria proveitoso explicitar que os critérios “pontualidade” e “perdas e danos” também devem contemplar os prejuízos causados pela não realização do serviço de transporte.

Em virtude da etapa em que se encontra o atual sistema de transporte brasileiro, estes e outros obstáculos são frequentes. Em países mais desenvolvidos neste aspecto, percebe-se que o equilíbrio maior entre oferta e demanda por transportes resulta não só em melhores fretes e qualidade de serviço, mas também na melhor compreensão dos critérios e dos atributos valorizados por cada parte participante, conforme cita Gibson et al (2002).

5 Considerações finais, limitações do estudo e sugestão de pesquisas futuras

O trabalho concebeu uma metodologia para avaliação de alternativas de transporte sob o ponto de vista do dono da carga. A metodologia de decisão proposta permite condensar diversos critérios, quantitativos e qualitativos³⁴, levados em consideração por avaliadores em um único resultado numérico que indica a preferência unívoca por uma entre diversas alternativas avaliadas. Como subprodutos da aplicação do método, obtêm-se também a representatividade de cada critério na decisão do avaliador, permitindo identificar quais os critérios mais decisivos na escolha entre soluções de transporte (e em nível mais amplo, quais os pontos mais críticos da competição entre os modais).

A aplicação da metodologia para três casos específicos produziu resultados em concordância com o comportamento médio observado atualmente no transporte brasileiro. A hierarquia dos critérios mostrou que o custo logístico total apesar de ser o critério de maior peso para a tomada de decisão em alguns casos, nem sempre é determinante na escolha de uma solução. E, em casos onde os custos logísticos são muito próximos, os subcritérios qualitativos tornam-se essenciais na preferência a uma opção.

Procurou-se explorar casos em que a metodologia fracassaria em produzir resultados satisfatórios³⁵. A princípio, identificou-se dois fatores que poderiam levar à falha da metodologia.

O primeiro fator relaciona-se aos critérios. No caso de algum critério relevante não ser contemplado, a metodologia poderá apresentar um resultado contrário ao do embarcador. Nessa situação, o vetor resultante não traduziria a escolha pelo fato de que algum critério importante ao dono da carga, e que favoreça uma ou outra opção, não tenha sido avaliado.

³⁴ No modelo proposto, contempla-se um critério quantitativo (custo logístico total) e seis critérios qualitativos (acessibilidade, flexibilidade, oferta de instalações logísticas, pontualidade, perdas e danos, e informação ao cliente).

³⁵ Casos em que os resultados não traduzissem a real preferência do avaliador.

Acredita-se, no entanto, que o risco seja baixo – os critérios aqui selecionados basearam-se na extensa revisão bibliográfica acerca do assunto e, de forma mais ou menos agregada, condensam os critérios relevantes observados em casos nacionais e internacionais. Naturalmente, outros critérios podem se tornar significativos ao longo do tempo com mudanças no contexto. Futuramente, critérios como “pegada de carbono” ou “impacto ambiental” podem se tornar relevantes e, neste caso, a inclusão à estrutura do AHP seria simples. A cautela maior se dá na designação do nível mais apropriado para ser inserido.

O segundo fator para o fracasso da metodologia seria uma eventual inconsistência das avaliações. Poderia, por exemplo, haver má compreensão dos critérios pelo avaliador e o mesmo fenômeno ser considerado mais de uma vez, penalizando ou favorecendo uma alternativa. Por exemplo, em pontualidade não se deve considerar a diferença do *transit time* das opções, e sim apenas a sua variação. Procurou-se mitigar esse segundo fator pela exposição detalhada dos procedimentos para aplicação do método, incluindo a definição extensa dos critérios, conforme exposto no capítulo 3.

É importante ressaltar que as avaliações são subjetivas e refletem exclusivamente a percepção do avaliador. Dois avaliadores diante de um mesmo problema de transporte podem ter percepções diferentes da realidade e, ao aplicarem o método, obteriam resultados diferentes. Desta forma, é preciso ter cautela ao generalizar os resultados obtidos para uma amostra de casos, pois essa pode não ser representativa da população total de embarcadores.

Além disso, o resultado do método para um avaliador é válido para um cenário específico – um único avaliador que se deparasse com um mesmo problema de transporte diversas vezes teria que reaplicar o método sempre que enxergasse uma mudança de cenário. Por exemplo, em pontualidade, a ocorrência de um atraso em um carregamento passado por um modal específico pode mudar a avaliação do embarcador sobre esse modal, e então seria necessário percorrer a metodologia novamente.

Naturalmente, a reavaliação em casos de variação de cenário é necessária mesmo em análises quantitativas. Entretanto, estas, como a comparação de custos logísticos, são mais rápidas e diretas. Avaliações que envolvem critérios qualitativos

envolvem maior esforço e comprometimento, o que pode ser visto como um obstáculo para sua aplicação e atualização. Como agravante, pelo fato do método proposto ser subjetivo, a avaliação não deve ser terceirizada a outro indivíduo que não o tomador de decisão – sob a pena de prejudicar a consistência e verossimilhança dos resultados.

Julga-se como limitação do trabalho a falta de aplicação do método de avaliação a um grupo extenso e diversificado de embarcadores e a busca por evidências empíricas (não apenas acadêmicas) da validade dos critérios selecionados.

Adicionalmente, propõe-se como sugestões para pesquisas futuras a aplicação a diferentes agentes do sistema de transporte, por exemplo, aos prestadores de serviço, a fim de avaliar como eles creem ser os critérios e a hierarquia para os embarcadores por eles atendidos.

Estudos internacionais mostram a convergência entre os critérios dos embarcadores e o que os ofertantes avaliam como critérios dos embarcadores ao longo do tempo. No contexto brasileiro, suspeita-se de uma diferença na hierarquização dos critérios entre quem planeja, constrói, oferta e usufrui da infraestrutura de transporte. O potencial conflito de interesse entre os agentes pode resultar em atraso no desenvolvimento do sistema de transporte brasileiro que já se encontra aquém do necessário atualmente.

Outra análise interessante seria avaliar, sob o ponto de vista dos prestadores de serviço de transporte, quais os critérios utilizados para avaliar a preferência por clientes e cargas a serem transportadas (e.g.: volumes, frequência, variabilidade de demanda, necessidade de serviços para as cargas). Deste modo, seria possível confrontar as preferências de embarcadores e de prestadores de serviço, e buscar soluções que atendessem às necessidades de ambos os atores e que proporcionassem maior desenvolvimento do sistema de transportes como um todo.

6 Bibliografia

ABCR. 2011. Programa de Concessão de Rodovias. *Site da Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias*. [Online] 2011. [Citado em: 25 de Fevereiro de 2012.] <http://www.abcr.org.br/Conteudo/Secao/9/concessionarias.aspx>.

Amos, Paul. 2009. *Freight transport for development toolkit: Rail Freight*. 2009.

ANTF. 2011. O Rumo e os Números do Setor de Transporte Ferroviário. *ANTF*. [Online] 22 de Março de 2011. [Citado em: 25 de Fevereiro de 2012.] <http://www.antf.org.br/pdfs/palestra-rodrigo-vilaca-2011antf2203-mapa-reuniao-da-camara-tecnica-da-soja.pdf>.

ANTT. 2011. Desafios e Perspectivas do Novo Marco Regulatório. *Federação de Indústrias do Estado de Pernambuco*. [Online] 2011. [Citado em: 25 de Fevereiro de 2012.] <http://www.fiepe.org.br/file/2fa5a26f706fae1ee88db9879cbcf037>.

ANUT. 2008. Transporte - Desafio ao Crescimento do Agronegócio Brasileiro. *ANUT*. [Online] Dezembro de 2008. [Citado em: 12 de Fevereiro de 2012.] http://www.anut.org.br/Anut/pdf/Trabalho_Agronegocio_2008.pdf.

Araújo, Maria Piedade de. 2006. *Infraestrutura de transporte e desenvolvimento regional: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional*. Piracicaba : Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, 2006. Tese (Doutorado).

Asian Development Bank. 2010. *Reducing Carbon Emissions from Transport Projects*. Independent Evaluation Department, Asian Development Bank. 2010. p. 96, Reducing Carbon Emissions from Transport Projects.

Ballou, Ronald H. 2004. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Logística empresarial*. São Paulo : Artmed Editora S.A., 2004.

Belém Jr, João Silveira. 2007. *Proposta metodológica para avaliação do nível de serviço das empresas de transporte rodoviário de cargas*. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia. Brasília : Universidade de Brasília, 2007. Dissertação (mestrado).

Ben-Akiva, Moshe e Lerman, Steven R. 1985. *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. London : MIT Press Series in Transportation Studies, 1985.

Bittencourt, Fernando Moutinho Ramalho. 2009. Investimento Público Federal Em Infra-Estruturas De Transportes Em Regime De Concessão – Subsídios Para O Desenho De Políticas. *Consultoria - Senado Federal*. [Online] Julho de 2009. [Citado em: 15 de Janeiro de 2012.] http://www.senado.gov.br/conleg/textos_discussao.htm.1983-0645.

Bontekoning, Y. M., Macharis, C. e Trip, J. J. 2003. Is a new applied transportation research field emerging? A review of intermodal rail-truck freight transport literature. *Transportation Research Part A*. 12 de June de 2003, Vol. 38, pp. 1-34.

Brito, André Nozawa. 2007. *Aplicação de um procedimento usando preferência declarada para estimativa do valor do tempo de viagem de motoristas em uma escolha entre rotas rodoviárias pedagiadas e não pedagiadas*. Engenharia de Transportes, Escola Politécnica. São Paulo : USP, 2007. Dissertação (Mestrado).

Caixeta-Filho, José Vicente e Martins, Ricardo Silveira. 2001. *Gestão Logística do Transporte de Cargas*. São Paulo : Atlas SA, 2001.

Castello Branco, José Eduardo Saboia. 2008. *A segregação da infraestrutura como elemento reestruturador do sistema ferroviário de carga no Brasil*. Programa de Engenharia de Transportes, UFRJ. Rio de Janeiro : UFRJ/COPPE, 2008. Tese (Doutorado).

Carvalho, Jeferson Dutra. 2006. *Definição para o modal de transporte ótimo para componentes comprados numa empresa aeronáutica*. Engenharia de Transportes, Escola Politécnica. São Paulo: USP, 2006. Dissertação (Mestrado)

CNT. 2011. Pesquisa CNT de Ferrovias. *CNT*. [Online] 2011. [Citado em: 25 de Fevereiro de 2012.] <http://www.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Pesquisa%20CNT%20de%20Ferrovias/Pesquisa%20CNT%20de%20Ferrovias%202011.pdf>.

—. 2011. Pesquisa CNT de Rodovias. *Confederação Nacional do Transporte*. [Online] 4 de Agosto de 2011. [Citado em: 25 de Fevereiro de 2012.] <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/Inicio.aspx>.

Colin, Emerson C. 2007. *Pesquisa Operacional - 170 aplicações em estratégia, finanás, logística, produção, marketing e vendas*. Rio de Janeiro : LTC, 2007.

David, Eduardo Gonçalves. 1996. *O transporte intermodal rodo-ferroviário - contribuição para estudo do tema no caso brasileiro, especialmente na ligação Rio - São Paulo*. Rio de Janeiro : UFRJ/COPPE, 1996. Dissertação (Mestrado).

David, Raphael Kling. 2007. *Contribuição à escolha de modal no transporte de carga: um modelo de decisão baseado nos custos operacionais de transportes terrestres*. Rio de Janeiro : COPPE/UFRJ, 2007. p. 129, Dissertação (mestrado).

Eller, Rogéria de Arantes Gomes, Sousa Junior, Wilson Cabral e Curi, Marcos Lopes Cançado. 2011. Custo do transporte de carga no Brasil: rodoviário versus ferroviário. *Revista de Literatura dos Transportes*. 2011, Vol. 5.

Filho, Manoel Martins do Carmo. 2009. *Procedimento metodológico de avaliação da acessibilidade e mobilidade nos polos produtivos do interior do Amazonas*. Engenharia de Transportes, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro : s.n., 2009. Tese (doutorado).

Fleury, Paulo Fernando, Wanke, Peter e Figueiredo, Kleber Fossati. 2000. *Logística Empresarial*. São Paulo : Editora Atlas S.A., 2000.

Frischtak, Claudio R. 2007. *O Investimento em infraestrutura no Brasil: histórico recente e perspectivas*. 4o Seminário ANBID de Mercado de Capitais. 2007.

Gil, Antonio Carlos. 2002. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo : Atlas, 2002.

Gonzalez, Julio A., Guasch, José Luis e Serebrisky, Tomas. 2007. Inter-American Development Bank. [Online] 2007. [Citado em: 22 de 08 de 2011.] http://www.iadb.org/res/ConsultaSanJose/files/Infrastructure_Guasch_SP_Final.pdf.

Granemann, Sérgio Ronaldo e Gartner, Ivan Ricardo. 2000. Modelo multicriterial para escolha modal/sub-modal de transporte. *Associação Nacional de Pesquisa e Ensino*. 2000.

Greene, William J., Longson, Adam e Godyn, John. 2010. Freight Pulse 18 Shipper Survey. *Freight Pulse Survey*. Abril, 2010, Vol. 18.

IPEA. 2010. *Transporte Ferroviário de Cargas no Brasil: Gargalos e Perspectivas para o Desenvolvimento Econômico e Regional*. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. s.l. : IPEA, 2010. Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro - Comunicados do IPEA.

Ishizaka, Alessio e Labib, Ashraf. 2011. Review of the main developments in the analytic hierarchy procss. *Expert Systems with Applications*. 38, 2011, pp. 14.336-14.345.

Lakatos, Eva Maria e Marconi, Marina de Andrade. 1992. *Metodologia do trabalho científico*. 2a. São Paulo : Atlas S.A., 1992.

Leal Jr, Ilton Curty, Garcia, Pauli Adriano de Almada e Teodoro, Pitias. 2010. Avaliação do desempenho das ferrovias brasileiras sob a ótica do embarcador e do operador. *Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes*. 2010.

Leal Junior, Ilton Curty. 2010. *Método de escolha modal para transporte de produtos perigosos com base em medidas de ecoeficiência*. Programa de engenharia de transportes, UFRJ/ COPPE. 2010. Tese (doutorado).

Lima, Ricardo Rivera de Sousa. 2004. *Estágio atual e tendências de evolução da atuação dos operadores logísticos como integradores logísticos*. Instituto COPPEAD de Administração, UFRJ. Rio de Janeiro : s.n., 2004. Dissertação (mestrado).

Mattos Filho Advogados. 2011. Memorando - Administrativo e Regulatório: Transporte Ferroviário. *Site da Mattos Filho Advogados*. [Online] 29 de Julho de 2011. [Citado em: 25 de Fevereiro de 2012.] <http://www.mattosfilho.com.br/pagina.php?item=Memorandos-aos-Clientes&pag=4982&lang=pt-br>.

Meixell, Mary J. e Norbis, Mario. 2008. A review of the transportation mode choice and carrier selection literature. *The International Jorunal of Logistics Management*. 2, 2008, Vol. 19, pp. 183-211.

Mello, Pedro Furtado Bandeira de. 2010. *Contribuição ao estudo do transporte marítimo com a identificação dos atributos de desemepenho para o uso de contêineres na exportação de commodities agrícolas no Brasil*. Programa de Engenharia de Transportes, UFRJ/COPPE. 2010. Dissertação (mestrado).

Miguel, Paulo Augusto Cauchick. 2007. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. 2007, Vol. 17, pp. 216-229.

Ministério dos Transportes. 2009. *PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES*. 2009. Relatório Executivo.

Moreira, Cristiano Cardoso Augusto. 2004. *Contribuição a análise estrutural do transporte terrestre de cargas e das estratégias competitivas ferroviárias*. Rio de Janeiro : UFRJ/COPPE, 2004. Dissertação (Mestrado).

NTC&Logística. 2010/2011. Portal NTC&Logística. *NTC&Logística*. [Online] 2010/2011. [Citado em: 22 de 08 de 2011.] http://www.portalntc.org.br/index.php?option=com_flippingbook&view=book&id=18%3AAnuario-2009-2010&catid=1%3AAnuarios-ntcalogistica&Itemid=93.

Nunes, Ivanil. 2011. *Integração Ferroviária Sul-Americana*. São Paulo : Annablume, 2011. 978-85-391-0248-8.

Oliveira, Renata Lúcia Magalhães de e Cury, Marcus Vinícius Quintella. 2004. A escolha modal no transporte de cargas sob a ótica da modelagem neuro-fuzzy: um estudo de caso. *XVIII ANPET - Congresso de Pesquisa e ensino em Transportes*. 2004.

Oliveira, Renata Lúcia Magalhães de. 2004. *Modelo neuro-fuzzy para escolha modal no transporte de cargas*. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro : s.n., 2004. p. 141, Dissertação de Mestrado.

Patterson, Zachary, Ewing, Gordon O. e Haider, Murtaza. 2010. How different is carrier choice for third party logistics companies? *Transportation Research Part E*. 2010, pp. 764-774.

—. **2008.** The potential for premium-intermodal services to reduce freight CO2 emissions in the Quebec City - Windsor Corridor. *Transportation Research Part D*. 2008, Vol. 13, pp. 1-9.

Reis, Neuto Gonçalves dos. 2009. Portal NTC&Logística. *NTC e Logística*. [Online] 2009. [Citado em: 22 de 08 de 2011.] <http://www.ntcelogistica.org.br/arquivos/tecnicos/transporteepib.pdf>.

Ribeiro, Luis Otávio Martins e Bouzada, Marco Aurélio Carino. 2010. A intermodalidade compensa? Um estudo sobre o escoamento de arroz no corredor Vale do Jacuí (RS) - Região dos Lagos (RJ). *Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais*. 2010.

Saaty, Thomas L. 1991. *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo : McGraw-Hill, Ltda. e Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1991.

Santos, Carlos Cesar de Moraes, Leal Jr, Ilton Curty e Filho, Virgílio José Martins Ferreira. 2004. A Utilização da Simulação para Análise e Escolha de Modal de Transporte. *Simpósio de Engenharia de Produção*. 2004.

Schipper, Lee, Scholl, Lynn e Price, Lynn. 1997. Energy use and carbon emissions freight in 10 industrialized countries: an analysis of trend from 1973 to 1992. *Transportation Research Part D*. 1997, Vol. 2, pp. 57-76.

Sen, Pratyush e Yang, Jian-Bo. 1998. *Multiple criteria decision support in engineering design*. Grã Bretanha : Springer-Verlag London Limited, 1998.

Silva, Vitor Borges da. 2005. *Distribuição modal rodo-ferroviária em uma rede de exportação de açúcar a granel para o porto de Santos*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos : s.n., 2005. Dissertação (mestrado).

Sousa, Raimunda Alves de. 1997. O Processo de Desestatização da RFFSA: Principais Aspectos e Primeiros Resultados. *Revista do BNDES*. Julho de 1997, Vol. 4, 8.

Souza, Cristiane Duarte Ribeiro de, Villela, Marcelo da Silveira e Silva, Suellem Deodoro . Análise de estratégia para o escoamento do açúcar para exportação através da utilização dos modos rodoviário e ferroviário de carga. *Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes*.

Stupello, Bruno. 2011. *Perspectiva de desenvolvimento da infraestrutura de transportes para escoamento da produção agrícola da região Centro-Oeste do Brasil: um exercício de planejamento estratégico de transportes*. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica. São Paulo : Universidade de São Paulo, 2011. Dissertação de Mestrado.

Teixeira, Karênina Martins. 2007. *Investigação de opções de transporte de carga geral em contêineres nas conexões com a região Amazônica*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. s.l. : Universidade de São Paulo, 2007. Dissertação (mestrado).

Vaclavik, Marcia Cristiane e Maçada, Antônio Carlos Gastaud. 2009. Análise da viabilidade da utilização da cabotagem: um estudo de caso. *Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*. 33, 2009.

Vaidya, Omkarprasad S. e Kumar, Sushil. 2006. Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*. 2006, pp. 1-29.

Vieira, Guilherme Bergmann Borges e Rodrigues, Sergio Luis Alves. 2005. O nível de serviço de um consolidador de cargas marítimas sob a ótica dos usuários. *Revista Produção*. 2005, Vol. 5.

—. 2005. O nível de serviço de um consolidador de cargas marítimas sob a ótica dos usuários. *Revista Produção*. 2005, Vol. 5.

7 Apêndice

7.1 Dados do Caso 1

7.1.1 Informações para o cálculo do custo logístico do açúcar – distância média

Tabela 50: Premissas para análise de custos do Caso 1

Item	Valor	Unidade	Fonte/Comentário
Distância rodoviário direto	351	km	Roteirizador Via Fácil
Distância ponta rodoviária	20	km	Estipulado no exemplo
Tempo de trânsito rodoviário	0,375	Dias	Plano de Desenvolvimento e Expansão do Porto de Santos, 2009
Tempo de trânsito intermodal	10	Dias	Entrevista a operador logístico
Valor da carga	1.000	R\$/t	Cotação bolsa de valores de Nova Iorque, setembro 2011
Custo de oportunidade diário	0,027%	% a.d.	Rendimento diário de SELIC, 10,5% a.a., com 365 dias no ano. Fonte: BACEN.
Carga de caminhão	38,5	t/viagem	Sifreca

7.2 Dados do Caso 2

7.2.1 Notas do avaliador

Tabela 51: MCP do nível 1 para o Caso 2

Seleção modal (Nível 1)	Custo	Particularidades da carga	Confiabilidade	Vetor prioridade N1
Custo	1	9	9	0,82
Particularidades da carga	1/9	1	1	0,09
Confiabilidade	1/9	1	1	0,09
IC				0,00
RC				0,00

Tabela 52: MCP no nível 2 (particularidades da carga) para o Caso 2

Particularidades da carga (Nível 2)	Acessibilidade	Flexibilidade	Oferta de instalações logísticas	Vetor prioridade N2 - 1
Acessibilidade	1	3	3	0,08
Flexibilidade	1/3	1	1	0,72
Oferta de instalações logísticas	1/3	1	1	0,19
IC				0,00
RC				0,00

Tabela 53: MCP do nível 2 (confiabilidade) para o Caso 2

Confiabilidade (Nível 2)	Pontualidade	Perdas e danos	Informação ao cliente	Vetor prioridade N2 - 2
Pontualidade	1	1/7	1/3	0,07
Perdas e danos	7	1	5	0,64
Informação ao cliente	3	1/5	1	0,26
IC				0,32
RC				0,06

Tabela 54: MCP do nível 3 para o Caso 2

Subcritério: Acessibilidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 1
Opção Rodoviária	1	1/4	0,20
Opção Ferroviária	4	1	0,80

Subcritério: Flexibilidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 2
Opção Rodoviária	1	7	0,88
Opção Ferroviária	1/7	1	0,12

Subcritério: Oferta de instalações logísticas	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 3
Opção Rodoviária	1	1/5	0,17
Opção Ferroviária	5	1	0,83

Subcritério: Pontualidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 4
Opção Rodoviária	1	5	0,83
Opção Ferroviária	1/5	1	0,17

Subcritério: Perdas e danos	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 5
Opção Rodoviária	1	1/3	0,25
Opção Ferroviária	3	1	0,75

Subcritério: Informação ao cliente	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 6
Opção Rodoviária	1	1/3	0,25
Opção Ferroviária	3	1	0,75

7.2.2 Informações para o cálculo do custo logístico do açúcar, distância longa

Tabela 55: Premissas para análise de custos do Caso 2

Item	Valor	Unidade	Fonte/Comentário
Distância rodoviário direto	629	km	Roteirizador Via Fácil
Distância ponta rodoviária	20	km	Estipulado no exemplo
Tempo de trânsito rodoviário	0,98	Dias	Plano de Desenvolvimento e Expansão do Porto de Santos, 2009
Tempo de trânsito intermodal	10,25	Dias	Entrevista a operador logístico de açúcar
Valor da carga	1.000	R\$/t	Cotação bolsa de valores de Nova York, setembro 2011
Custo de oportunidade diário	0,027%	% a.d.	Rendimento diário de SELIC, 10,5% a.a., com 365 dias no ano. Fonte: BACEN.
Carga de caminhão	38,5	t/viagem	Sifreca

Tabela 56: Custo rodoviário direto do Caso 2

Item	Valor [R\$/t]	Fonte/Comentário
Frete peso rodoviário direto	56,77	Cotações com base de dados do Sifreca.
Pedágio ida	15,98	Roteirizador Via Fácil. Considera caminhão com 7 eixos, transportando 38,5 eixos. 7 eixos: 7 vezes pedágio de veículo de passeio. Divide por carga do caminhão.
Pedágio volta	11,42	Assume pedágio bidirecional. Caminhão volta vazio com 2 eixos levantados. 5 eixos: 5 vezes o pedágio de veículo de passeio. Divide por carga do caminhão.
Custo financeiro do estoque em trânsito	0,27	Produto do tempo de trânsito, por rendimento diário, por valor da carga.
Quebra técnica	2,00	Entrevista com embarcador: Transporte rodoviário de açúcar considera quebra técnica de 0,2% da carga. Valor de carga: R\$1.000/t.
CUSTO LOGÍSTICO TOTAL	86,44	

Tabela 57: Caso 2 – Custo intermodal do Caso 2

Item	Valor [R\$/t]	Fonte/Comentário
Frete peso Ponta rodoviária	4,71	Cotações com base de dados do Sifreca.
Pedágio Ponta rodo ida e volta	0,00	Não há pedágios na ponta rodoviária, no caso estudado
Frete ferroviário	62,94	Cotação com operador logístico
Custo financeiro do estoque em trânsito	2,80	Produto do tempo de trânsito, por rendimento diário, por valor da carga.
Quebra técnica	4,00	Entrevista com embarcador: Transporte intermodal de açúcar considera quebra técnica de 0,4% da carga. Valor de carga: R\$1.000/t.
CUSTO LOGÍSTICO TOTAL	74,45	

7.3 Dados do Caso 3

7.3.1 Notas do avaliador

MCP do nível 1 para o Caso 3

Seleção modal (Nível 1)	Custo	Particularidades da carga	Confiabilidade	Vetor prioridade N1
Custo	1	5	1/3	0,28
Particularidades da carga	1/5	1	1/7	0,07
Confiabilidade	3	7	1	0,64
			IC	0,03
			RC	0,06

Tabela 58: MCP no nível 2 (particularidades da carga) para o Caso 3

Particularidades da carga (Nível 2)	Acessibilidade	Flexibilidade	Oferta de instalações logísticas	Vetor prioridade N2 - 1
Acessibilidade	1	1/5	3	0,18
Flexibilidade	5	1	9	0,75
Oferta de instalações logísticas	1/3	1/9	1	0,07
			IC	0,01
			RC	0,03

Tabela 59: MCP do nível 2 (confiabilidade) para o Caso 3

Confiabilidade (Nível 2)	Pontualidade	Perdas e danos	Informação ao cliente	Vetor prioridade N2 - 2
Pontualidade	1	1/5	3	0,19
Perdas e danos	5	1	7	0,72
Informação ao cliente	1/3	1/7	1	0,08
			IC	0,03
			RC	0,06

Tabela 60: MCP do nível 3 para o Caso 3

Subcritério: Acessibilidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 1
Opção Rodoviária	1	7	0,88
Opção Ferroviária	1/7	1	0,13

Subcritério: Flexibilidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 2
Opção Rodoviária	1	7	0,88
Opção Ferroviária	1/7	1	0,12

Subcritério: Oferta de instalações logísticas	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 3
Opção Rodoviária	1	1	0,50
Opção Ferroviária	1	1	0,50

Subcritério: Pontualidade	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 4
Opção Rodoviária	1	7	0,88
Opção Ferroviária	1/7	1	0,13

Subcritério: Perdas e danos	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 5
Opção Rodoviária	1	1	0,50
Opção Ferroviária	1	1	0,50

Subcritério: Informação ao cliente	Opção Rodoviária	Opção Ferroviária	Vetor prioridade N3 - 6
Opção Rodoviária	1	1/4	0,20
Opção Ferroviária	4	1	0,80

7.3.2 Informações para o cálculo do custo logístico do contêiner, distância média

Tabela 61: Custo rodoviário direto do Caso 3

Item	Valor [R\$/cntr]	Fonte/Comentário
Frete peso rodoviário direto	1.728	Cotações com base de dados do Sifreca.
Pedágio ida	333	Roteirizador Via Fácil. Considera caminhão com 7 eixos, transportando 38,5 eixos. 7 eixos: 7 vezes pedágio de veículo de passeio. Divide por carga do caminhão.
Pedágio volta	222	Assume pedágio bidirecional. Caminhão volta vazio com 2 eixos levantados. 5 eixos: 5 vezes o pedágio de veículo de passeio. Divide por carga do caminhão.
Custo financeiro do estoque em trânsito	12	Produto do tempo de trânsito, por rendimento diário, por valor da carga.
CUSTO LOGÍSTICO TOTAL	2.295	

Tabela 62: Custo intermodal do Caso 3

Item	Valor [R\$/t]	Fonte/Comentário
Frete peso intermodal (inclui ponta rodoviária, transbordo e frete ferroviário)	1.868	Cotação com operador logístico brasileiro de cargas containerizadas
Custo financeiro do estoque em trânsito	201	Produto do tempo de trânsito, por rendimento diário, por valor da carga.
CUSTO LOGÍSTICO TOTAL	2.069	

Tabela 63: Premissas para análise de custos do Caso 3

Item	Valor	Unidade	Fonte/Comentário
Distância rodoviário direto	351	km	Roteirizador Via Fácil
Distância ponta rodoviária	20	km	Estipulado no exemplo
Tempo de trânsito rodoviário	0,375	Dias	Plano de Desenvolvimento e Expansão do Porto de Santos, 2009
Tempo de trânsito intermodal	4,9	Dias	Entrevista a operador logístico de cargas containerizadas
Valor da carga	150.000	R\$/cntr	Valor médio, informado por entrevista
Custo de oportunidade diário	0,027%	% a.d.	Rendimento diário de SELIC, 10,5% a.a., com 365 dias no ano. Fonte: BACEN.
Carga de caminhão	1	cntr/ viagem	Entrevista a operador logístico de cargas containerizadas