

# **TOMADA DE DECISÃO EM NÍVEL ESTRATÉGICO ESTRATÉGICO ENTRE TRANSPORTE RODOVIÁRIO OU TRANSPORTE INTERMODAL PARA O ESCOAMENTO DE CARGA GERAL NO BRASIL**

**Brunno Santos Gonçalves<sup>1</sup>**

**Maria Beatriz Berti Costa<sup>2</sup>**

Programa de Engenharia de Transportes

Universidade Federal do Rio de Janeiro

## **RESUMO**

Este artigo tem como objetivo apresentar o procedimento desenvolvida a partir da Técnica de Preferência Declarada (TPD), para modelar os atributos utilizados para a tomada de decisão em nível estratégico quando da escolha do transporte rodoviário ou o transporte intermodal para o escoamento de carga geral no Brasil.

Parte-se da premissa de que este tipo de escolha incorre no *trade-off* entre os atributos custo logístico e nível de serviço e a fator subjetivo relacionado à “cultura rodoviária brasileira”, ou seja, a tendência natural do embarcador em utilizar preferencialmente opções rodoviárias de transporte.

A partir do modelo de divisão modal calibrado, realiza-se análise de sensibilidade dos atributos custo logístico, confiabilidade e tendência modal, verificando seus possíveis impactos sob o nível de utilização de alternativas de transporte rodoviárias e intermodais.

## **ABSTRACT**

This article presents a Stated Choice Procedure developed to model logistic decision making on a strategic level to select road or intermodal alternatives for general load transport in Brazil.

It is a premise that the choice on a strategic level of a logistic alternative to transport general load, face the trade-off between the attributes logistic cost and service level and subjective factors related to the "brazilian road culture", in other words, the natural tendency of the board to use road transport options.

From the modal split model calibrated, is possible to evaluate the relative importance of the attributes logistic costs, reliability and modal tendency, verifying their possible impacts at the utilization level of road and intermodal transport.

## **1. INTRODUÇÃO**

Vieira (2005) caracteriza a carga geral, como mercadorias diversas que podem ser acondicionadas em volumes próprios, ou não, embarcadas em de toneladas diversas e de valor unitário variável. Alguns exemplos de carga geral são mercadorias que podem ser acondicionadas em contêineres, paletes, sacos, caixotes.

No Brasil o uso da intermodalidade para o transporte de carga geral ainda é incipiente. Estudos realizados pela Agência Nacional de Transportes Terrestre (ANTT, 2004) apontam que aproximadamente 87% da carga geral é transportada por modo rodoviário. Sendo a ferrovia, o transporte marítimo de cabotagem e o transporte hidroviário modos de transporte com menores custos unitários do que os do transporte rodoviário, mudanças na matriz de transporte brasileira fariam com que as mercadorias chegassem ao consumidor final com custo menor, podendo atingir, assim, preços menores de venda.

Este artigo tem como objetivo apresentar um procedimento desenvolvido a partir da Técnica de Preferência Declarada (TPD), para identificar critérios utilizados para a tomada de decisão em nível de planejamento estratégico quando da escolha do transporte rodoviário ou do transporte intermodal para o escoamento de carga geral no Brasil. Este procedimento procura avaliar, na opinião de especialistas em logística e planejamento de transporte de carga, qual a importância relativa de atributos selecionados para a escolha de diferentes alternativas logísticas para o escoamento de carga geral em nível de planejamento estratégico.

O estudo busca verificar a hipótese de que existe um potencial intermodal não explorado para o transporte de carga geral no Brasil. Para avaliar esta hipótese parte-se da premissa de que os atributos para análise e escolha das alternativas logísticas para o escoamento de carga geral em nível de planejamento estratégico incorrem no *trade-off* entre os atributos custo logístico e nível de serviço e atributo subjetivo relacionado à “cultura rodoviária brasileira”, ou seja, a tendência natural do embarcador em utilizar preferencialmente opções rodoviárias de transporte.

No item 2 do artigo, contextualiza-se o estágio atual do uso da intermodalidade no transporte de carga geral no Brasil, especialmente no transporte ferroviário e marítimo de cabotagem. O item 3 traz a metodologia escolhida para a abordagem do problema, enfatizando o enfoque comportamental para modelagem da demanda de transporte, as vantagens da TPD e a modelagem matemática a ser utilizada. No item 4 apresenta-se o procedimento desenvolvido a partir da TPD para a realização da pesquisa piloto, cujos resultados obtidos e considerações finais encontram-se respectivamente nos itens 5 e 6.

## **2. A INTERMODALIDADE NO TRANSPORTE DE CARGA GERAL NO BRASIL**

Uma vez que 87% da carga geral brasileira é transportada pelo modo rodoviário, para se intensifique o uso da intermodalidade na movimentação deste tipo de carga, os sistemas de transporte ferroviário e marítimo de cabotagem podem ser considerados como alternativas potenciais.

Algumas das vantagens do transporte ferroviário, se comparado com o transporte rodoviário são os menores custos logísticos totais obtidos por meio dos ganhos de escala de transporte e a maior segurança da carga no que tange a possíveis furtos, acidentes, perdas e avarias. No entanto, segundo Gonçalves (2005), a confiabilidade do modo ferroviário, no que tange ao cumprimento dos prazos de entrega acordados, ainda é um fator de desconfiança para alguns embarcadores.

Observa-se uma tendência em intensificar o transporte de carga geral nas ferrovias brasileiras, o que pode ser constatado pelo incremento na movimentação de contêineres no período pós-privatização da operação ferroviária. De acordo a ANTF (2007), no ano de 1997 as ferrovias brasileiras movimentaram cerca de 3.460 *twenty equivalent units* (TEU's), enquanto em 2006 esta movimentação foi de 205.370 TEU's, o que mostra um incremento de 5835% na movimentação deste tipo de carga.

As principais operadoras ferroviárias no transporte de carga geral no Brasil são a América Latina Logística (ALL), a Vale Logística e a Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN). Projetos intermodais em situações específicas vêm sendo implantados por estas empresas para incrementar os fluxos de carga geral. A Tabela 1 apresenta resumidamente aspectos de projetos intermodais selecionados como exemplo das atividades desenvolvidas por estas empresas para o transporte de produtos siderúrgicos, alimentos e bebidas.

Analisando a Tabela 1, nota-se que a implantação de uma operação intermodal pode proporcionar vantagens aos embarcadores, as quais normalmente englobam redução de custos logísticos e/ou melhoria nos níveis de serviço, seja pela redução do tempo de atendimento aos clientes ou redução dos índices de avaria e roubo de carga. Ressalta-se que para a efetivação dos projetos de utilização do transporte intermodal apresentados, se fez necessário a interação

entre operadores logísticos e embarcadores em todas as etapas do projeto: elaboração, implantação, acompanhamento dos resultados e busca de melhorias.

O transporte marítimo de cabotagem pode ser outra alternativa viável de transporte para compor a cadeia de suprimentos de determinados setores no Brasil. Segundo a Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ, 2007), a movimentação de cargas no transporte marítimo de cabotagem brasileira ainda é incipiente. Em 2007 esta movimentação foi de aproximadamente 44,8 milhões de toneladas. Deste total, aproximadamente 23% da movimentação diz respeito aos embarques e desembarques de carga geral. Atualmente, o principal porto concentrador de carga geral para o transporte marítimo de cabotagem é o Porto de Santos, concentrando cerca de 25% das operações de cabotagem. Outros portos que se destacam nesse tipo de operação são Paranaguá (13,3%), São Francisco do Sul (12,6%), Suape (10,5%), Itaguaí (10,3%) e Manaus (8,4%).

**Tabela 1 - Exemplos de projetos intermodais implantados**

EMPRESA	CARGA	ORIGENS	DESTINOS	TIPO DE CARRAGAMENTO	OPÇÃO INTERMODAL	VANTAGENS
SLC Alimentos	Arroz Beneficiado	Beneficiadores de São Borja (RS), Alegrete (RS) e Carmaquã (RS)	Pontos de Venda dos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais	Carga paletizada acondicionada em vagões ferroviários	RODO - FERRO - RODO	Redução de custos logísticos
CSN	Produtos Siderúrgicos	Fábrica Volta Redonda (RJ)	Clientes do Rio Grande do Sul	Cargas fracionadas acondicionadas em vagões plataforma	FERRO - RODO	Redução de Custos logísticos e melhor nível de serviço (redução do tempo de atendimento aos clientes)
Coca-Cola	Latas de Refrigerante	Fábrica Fortaleza (CE)	Centros de Distribuição de Teresina (PI), Crato (CE) e Salvador (BA)	Carga paletizada acondicionada em vagões ferroviários	RODO - FERRO - RODO	Melhor Nível de Serviço (redução dos índices de avaria e roubos)
AMBEV	Engradados de Cerveja	Fábrica Fortaleza (CE)	Centros de Distribuição de São Luiz (MA)	Carga paletizada acondicionada em vagões ferroviários	RODO - FERRO - RODO	Melhor Nível de Serviço (redução dos índices de avaria e roubos)
	Vasilhame de Cerveja Vazio	Centro de Distribuição de São Luiz (MA)	Fábrica de Fortaleza (CE)	Carga paletizada acondicionada em vagões ferroviários	RODO - FERRO - RODO	Melhor Nível de Serviço (redução dos índices de avaria e roubos)

Legenda: RODO: transporte rodoviário; FERRO: transporte ferroviário.

Fonte: [www.all-logistica.com](http://www.all-logistica.com), [www.cfn.com.br](http://www.cfn.com.br), [www.mrs.com.br](http://www.mrs.com.br), adaptado pelos autores.

De acordo com ANTT (2004), os dois principais operadores logísticos atuando no transporte marítimo de cabotagem no Brasil são a Aliança Navegação e Logística Ltda. e a Mercosul Line Navegação e Logística Ltda., que oferecem serviço porta-a-porta atuando nos principais portos do Brasil e América do Sul. Estas operações contemplam, por um lado a transferência de produtos alimentícios, químicos, papel e material de construção do sul e do sudeste do país para o norte e o nordeste e por outro lado o transporte de produtos eletrônicos e embalagens de bebidas da Zona Franca de Manaus e produtos siderúrgicos e químicos provenientes de Salvador, Recife e Fortaleza para o sudeste e sul do país.

### 3. PROCEDIMENTO ESTRUTURADO PARA ABORDAGEM DO PROBLEMA

Segundo Novaes (1986), os modelos comportamentais procuram relacionar as motivações básicas dos usuários com os atributos do sistema de transporte. Para o autor, o enfoque comportamental permite aprofundar a análise do processo de decisão do usuário, procurando dar respostas a questões não abrangidas nos modelos convencionais como, por exemplo, se o usuário vai ou não optar por um serviço.

Para o autor, uma das premissas do enfoque comportamental é que o indivíduo estabelece subjetiva ou objetivamente um elenco de opções alternativas na ordem de preferência, escolhendo sempre a mais desejável, dado o conjunto de gostos pessoais e devido a condicionantes de ordem econômico-financeira e das oportunidades disponíveis. Uma segunda premissa pressupõe que os indivíduos, embora incorporando fatores subjetivos às suas decisões, mantêm o mesmo padrão comportamental ao longo do tempo. Em outras palavras, supõe-se que os padrões comportamentais, mesmo subjetivos em parte, não são erráticos ou totalmente aleatórios, mas se conservam dentro de determinadas condições. Outra premissa utilizada nos modelos comportamentais de previsão de demanda em transportes é a de que o produto que o consumidor ou usuário adquire não é algo simples e único, mas sim um pacote de opções.

O procedimento a ser desenvolvido nesse estudo, tem como principal instrumento de análise, o modelo comportamental desagregado do tipo Logit Multinomial (MLM), ajustado a partir de função utilidade calibrada por meio da Técnica de Preferência Declarada (TPD).

Segundo Schmitz (2001), a TPD pode ser definida como um conjunto métodos para obter informações sobre o comportamento dos indivíduos ou possíveis alterações em suas preferências mediante a apresentação de alguns cenários hipotéticos.

Para o autor uma das principais características da TPD é a possibilidade de lidar com a expectativa de comportamento dos entrevistados ao invés de seu comportamento real, o que ocorre porque os entrevistados são estimulados a demonstrar suas preferências frente a cenários reais e/ou hipotéticos pré-definidos pelo pesquisador. Estes cenários informam aos entrevistados sobre as implicações mais relevantes das opções que são propostas, com intenção não apenas de se criar ambientes realistas, mas também de explorar ao máximo os *trade-offs* associados às escolhas feitas.

Segundo Schmitz (2001), as principais vantagens da TPD são:

- A percepção do valor atribuído pelos usuários a diferentes fatores ou atributos em análise;
- A possibilidade de avaliar variáveis qualitativas como, por exemplo, a confiabilidade, a periculosidade etc;
- A possibilidade de avaliar alternativas, cenários ou situações ainda inexistentes.

As preferências dos usuários, que são os consumidores e planejadores de transporte, podem ser quantificadas e equacionadas por meio de uma função utilidade, que pode ser calibrada a partir dos resultados de uma pesquisa que aplique a TPD. A função utilidade normalmente assume a forma de modelos aditivos compensatórios, já que se pode melhorar um atributo piorando outro, e assim, manter o mesmo nível de utilidade. Esta função apresenta como configuração geral a equação.

$$U_i = a \cdot X_{1i} + b \cdot X_{2i} + \dots + c \cdot X_{ni} \quad (1)$$

Onde:  $U_i$ : Utilidade da alternativa 'i';

$X_{1i} \ X_{2i} \ \dots X_{ni}$  : atributos relacionados à alternativa 'i';

$a \ b, \dots, c$ : coeficientes do modelo.

Os coeficientes do modelo (a, b, ... , c) podem ser utilizados para várias finalidades, entre as quais, determinar o peso relativo de cada atributo incluído no modelo.

Uma vez calibrada a função utilidade, obtém-se a base de dados necessária para a utilização do MLM, apresentando na equação 2, a partir do qual é possível especificar a probabilidade de escolha de cada alternativa nos modelos de previsão de demanda e analisar a sensibilidade dos atributos avaliados, verificando suas elasticidades e impacto sob a demanda por transporte.

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum^n e^{U_j}} \quad (2)$$

Onde  $P_i$ : probabilidade da alternativa 'i' ser escolhida;

$U_i$ : utilidade da alternativa 'i'

$U_j$ : utilidade das 'j' alternativas consideradas;

$e$ : é o número de Neper (2,78182).

#### 4. PESQUISA PILOTO

O procedimento a ser desenvolvido a partir da TPD tem como objetivo avaliar, na opinião de especialistas em logística e planejamento de transporte de carga, qual a importância relativa de determinados atributos para a escolha, em nível de planejamento estratégico, de diferentes alternativas logísticas para o escoamento de carga geral. Para tal desenvolveu-se pesquisa piloto, cujo delineamento encontra-se descrito na seção 4.1.

##### 4.1. Delineamento da Pesquisa Piloto

A primeira etapa do delineamento de um experimento que utilize a TPD envolve a escolha dos atributos a serem avaliados e analisados. Este é um passo fundamental na modelagem, uma vez que os atributos devem incorporar os principais aspectos a serem avaliados no problema em questão.

Baumol e Vinod (1970) explicaram como a escolha de transporte é feita por embarcadores, bem como ocorre sua demanda total por serviços de transporte. Os autores demonstram que a escolha ótima de transporte envolve o *trade-off* entre taxas de frete, velocidade, confiabilidade (expressa pelas variações na velocidade operacional) e prejuízos no percurso, sendo todos estes atributos passíveis de serem englobados em um único atributo, o custo logístico total.

Vieira (1996), analisando o processo de exportação de produtos containerizados pelos portos de Santa Catarina, verificou a importância relativa para embarcadores de carga geral dos atributos custos terrestres, frete marítimo, frequência de navios, tempo porta a porta, segurança portuária atendimento portuário e porto de origem. Em sua pesquisa, o autor constatou que os atributos custo terrestre frete marítimo e tempo são os atributos mais relevantes para os embarcadores quando da escolha dos canais logísticos para exportação de seus produtos.

Effron e Rose (2003) investigaram a partir de Pesquisa de Preferência Declarada os atributos relevantes na escolha entre os modos rodoviário e ferroviário para o embarque de carga geral na Argentina. Nesse estudo, analisou-se a influência de onze atributos: escala do produto,

frequência, segurança, tarifa, confiabilidade, tempo, informação, serviço de pós-venda, operação de documentação, grau responsabilidade sobre acidentes e avarias, imagem do prestador de serviço perante o cliente. Dentre esses fatores, apresentaram maior relevância na opinião dos embarcadores: escala do produto, frequência, segurança, tarifa, confiabilidade e tempo.

Stanton e Senna (2003) utilizaram *Quality Function Deployment* (QFD) para identificar os atributos relevantes à utilização do modo marítimo de cabotagem para os embarcadores de carga geral do sul do Brasil, e a pesquisa de Preferência Declarada para avaliar a importância relativa destes atributos. Os fatores que se mostraram mais importantes nesse estudo foram: o cumprimento do prazo de entrega, frequência de navios, gerenciamento de risco, serviço de atendimento ao cliente e preço.

Novaes *et al* (2006) elaboraram a partir da TPD metodologia para a modelagem da demanda de cargas de alto valor agregado brasileiras, buscando verificar na opinião de embarcadores e especialistas em logística, qual a importância relativa dos atributos frete, confiabilidade, tempo, intervalo entre embarques e segurança, quando da escolha entre os modos de transporte, rodoviário, ferroviário ou marítimo de cabotagem. Os resultados desta pesquisa apontaram os atributos frete e confiabilidade do modo de transporte, como os principais fatores observados na escolha do modo de transporte a ser utilizado para o escoamento das cargas em análise. Os autores concluem o artigo, salientando a necessidade de se investigar a importância relativa desses atributos, frete e confiabilidade, quando da análise dos critérios de escolha modal.

Ballou (2006) segue a mesma linha de raciocínio de Baumol e Vinod (1970), uma vez que considera os atributos preço, o tempo médio de viagem, a variabilidade do tempo de trânsito e as perdas e danos como os atributos mais importantes na escolha modal, considerando a possibilidade de englobá-los em um único atributo representativo de custo logístico total.

A Tabela 2 apresenta a relação dos atributos avaliados pelos diferentes autores pesquisados. Estes autores de maneira geral consideram a análise da escolha modal uma série de atributos que normalmente incorrem em Custo, Tempo, Confiabilidade Disponibilidade, Segurança, Tamanho do Lote de Embarque e Serviços Oferecidos. Nas diversas operações logísticas que podem ser dimensionadas para o transporte de carga geral, todos estes atributos são relevantes em maior ou menor grau na escolha modal, conforme propõem Baumol e Vinod (1970) e Ballou (2006) e podem ser agrupados em um único atributo, o custo logístico.

Além disso, no Brasil, país onde carga geral é transportada predominantemente pelo modo rodoviário, observa-se na prática que naturalmente os embarcadores tendem a optar pelo modo rodoviário como primeira opção para o transporte de mercadorias, fato que torna relevante considerar nesta modelagem atributo não considerado em nenhum dos artigos pesquisados, o atributo Tendência Modal.

Sendo assim, partindo das análises realizadas por Baumol e Vinod (1970) e Novaes (2006) e da premissa de que os critérios para análise e escolha das alternativas logísticas para o escoamento de carga geral incorrem necessariamente no *trade-off* entre os atributos custo logístico e nível de serviço e a atributo subjetivo relacionado à “cultura rodoviária brasileira”,

ou seja, a tendência natural do embarcador em utilizar preferencialmente opções rodoviárias de transporte, optou-se por delinear experimento com os seguintes atributos:

- Custo logístico: soma dos custos de transportes, estoques, movimentação e armazenagem desde a origem até o destino final da carga;
- Confiabilidade: retrata o nível de confiança mútua (embarcador e transportador) com relação aos acordos e prazos firmados;
- Tendência modal: busca retratar a tendência de escolha pelo modo rodoviário quando existem serviços intermodais idênticos quanto aos demais atributos em análise;

**Tabela 2:** Atributos avaliados pelos diferentes autores

Atributos	Autores					
	Baumol (1970)	Vieira (1996)	Efron e Rose (2003)	Staton e Senna (2003)	Novaes et (2006)	Ballou (2006)
Custo	Frete/Custo Logístico	Custo Terrestre/Frete Marítimo	Tarifa	Preço	Frete	Preço/Custo Logístico
Tempo	Velocidade	Tempo porta a porta	Tempo	x	Tempo	Tempo médio de viagem
Confiabilidade	Variabilidade do tempo em trânsito	x	x	Cumprimento dos prazos de entrega	Confiabilidade	Variabilidade do tempo em trânsito
Disponibilidade	x	Frequência de Navios	Frequência	Frequência de Navios	Intervalo entre Embarques	x
Segurança	Prejuízos no Percorso	Segurança portuária	Segurança	x	Segurança	Perdas e Danos
Tramanho do Lote de Embarque	x	x	Escala	x	x	x
Serviços Oferecidos	x	Atendimento Portuário  Porto de Origem	Informação Serviço de Pós-Venda Operação de Documentação Informação Imagem do Prestador de Serviço Perante o Cliente	Serviço de Atendimento ao Cliente  Gerenciamento de Risco	x	x

Para o atributo custo logístico, optou-se por estabelecer dois níveis de variação, uma vez que para cada modo de transporte já existe diferenciação com relação aos valores de custo logístico, enquanto para o atributo confiabilidade atribuiu-se três níveis de variação, pois se entende que independentemente da alternativa logística, rodoviária ou intermodal, variações nos níveis de confiabilidade podem ocorrer na mesma magnitude. Os valores de custo logístico referem-se a uma operação hipotética avaliada de transporte de café containerizado da região sul de Minas Gerais para o Porto do Rio de Janeiro. Os índices de confiabilidade estabelecidos foram abalizados por operadores logísticos atuando no mercado brasileiro. Os atributos selecionados e seus respectivos níveis de variação são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3:** Seleção e nível dos atributos.

ATRIBUTO	ALTERNATIVA LOGÍSTICA	
	RODOVIÁRIA	INTERMODAL
Tendência Modal	1. Opção pela Alternativa Rodoviária	1. Opção pela Alternativa Intermodal
Custo Logístico	1. 125,00 R\$/t 2. 120,00 R\$/t	1. 120,00 R\$/t 2. 105,00 R\$/t
Confiabilidade	1. 5% das cargas com atraso 2. 10% das cargas com atraso 3. 30% das cargas com atraso	1. 5% das cargas sem atraso 2. 10% das cargas com atraso 3. 30% das cargas com atraso

A combinação do nível dos atributos para cada uma das alternativas logísticas, resultou em 12 alternativas logísticas possíveis (Tabela 4), as quais foram agrupadas 3 a 3 gerando 4 grupos de 3 alternativas (Tabela 5). O agrupamento das alternativas foi realizado de modo a garantir na comparação entre as alternativas de cada bloco, o *trade-off* entre os atributos analisados.

**Tabela 4:** Alternativas possíveis

Alternativa	Modo	Custo Logístico (R\$/t)	Confiabilidade
1	Rodoviário	125,00	5% das cargas com atraso
2	Rodoviário	125,00	10% das cargas com atraso
3	Rodoviário	125,00	30% das cargas com atraso
4	Rodoviário	120,00	5% das cargas com atraso
5	Rodoviário	120,00	10% das cargas com atraso
6	Rodoviário	120,00	30% das cargas com atraso
7	Intermodal	120,00	5% das cargas com atraso
8	Intermodal	120,00	10% das cargas com atraso
9	Intermodal	120,00	30% das cargas com atraso
10	Intermodal	105,00	5% das cargas com atraso
11	Intermodal	105,00	10% das cargas com atraso
12	Intermodal	105,00	30% das cargas com atraso

**Tabela 5:** Bloco de alternativas

Bloco	Alternativas
A	1 5 12
B	2 6 9
C	4 7 11
D	3 8 10

Optou-se por realizar um experimento do tipo *Best-Worst Question* (BWQ), ou seja, apresenta-se ao entrevistado um cenário com três alternativas logísticas, e este deve apontar a melhor e a pior das alternativas em sua opinião. Segundo Louviere (2006), as pessoas tendem a opinar mais precisamente quando tem que optar por alternativas extremas, ou seja, a melhor e a pior alternativa, do que quando tem que ordenar alternativas preferenciais.

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

No total foram realizadas nove entrevistas, sendo cinco destas entrevistas realizadas com analistas de logística, duas com embarcadores de carga geral e duas com consultores em transporte e logística. Estas entrevistas geraram 72 escolhas, o que foi suficiente para obter resultados estatisticamente válidos e a calibração da função utilidade.

### 5.1. Calibração da Função Utilidade

Para calibrar a função utilidade utilizou-se o *software* LMPC, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6:** Resultados da pesquisa piloto

ATRIBUTO	Coeficiente	t - student	Rho Quadrado
Tendência Modal (TM i)	5,0644	1,2175	0,3994
Custo Logístico (CLi)	-46,228	-1,6563	
Confiabilidade (Conf i)	4,2343	2,2216	



Em uma primeira análise, verificou-se que os sinais dos coeficientes foram condizentes com o esperado, ou seja:

- Atributos diretamente proporcionais à utilidade (sinal positivo): tendência modal e confiabilidade;
- Atributos inversamente proporcionais à utilidade (sinal negativo): custo logístico.

Os valores obtidos para o teste *t-student* mostraram que todos os coeficientes dos atributos foram significativos a um nível de significância de 98%, se considerado teste bicaudal com (n-2) igual a 70. Outra estatística importante é o *Rho Quadrado* que apresentou o valor de 0,3994, que pertence ao intervalo aceitável, que compreende os valores entre 0,2 e 0,4 segundo Louviere (2000). Assim, considerou-se calibrada estatisticamente a função utilidade apresentada na equação 3.

$$U_i = 5,0644.TM_i - 46,228.CL_i + 4,2343.Conf_i \quad (3)$$

Em que  $U_i$  - Utilidade da alternativa logística 'i';

$TM_i$  – Tendência Modal da alternativa logística 'i';

$CL_i$  – Custo Logístico da alternativa logística 'i';

$Conf_i$  - Confiabilidade da alternativa logística 'i'.

## 5.2. Aplicação do Modelo Logit Multinomial

Embora o procedimento desenvolvido permita a análise de mais de duas alternativas por meio do MLM, aplicou-se nas análises subsequente Modelo Logit Binomial (MLB), considerando duas alternativas logísticas para o escoamento de carga geral, transporte rodoviário ou transporte intermodal. Sendo assim, a partir da função utilidade calibrada e aplicando o MLB, construiu-se cenário referencial que considera as seguintes situações hipotéticas para os atributos analisados:

- Tendência Modal: tem-se a percepção de que o transporte rodoviário é mais eficiente do que o transporte ferroviário, de modo que quando oferecidos serviços iguais em termos de custo logístico e confiabilidade, a tendência é que se opte pelo modo rodoviário.
- Custo Logístico: considera-se que os custos logísticos intermodais em determinada operação de transporte de carga geral são 5% menores do que os custos logísticos rodoviários.
- Confiabilidade: o nível de confiabilidade do transporte rodoviário é mais elevado do que o transporte intermodal, que incorre em 25% a mais de atrasos do que o transporte rodoviário.

A Tabela 7 apresenta a comparação entre os valores de divisão modal encontrados no estudo realizado na pela ANTT (2004), com os valores de divisão modal encontrados considerando o Cenário Referencial. Nota-se uma variação percentual absoluta de 11% entre estes valores, mostrando que para o modelo calibrado e nas condições do Cenário Referencial o modo rodoviário tem uma atratividade mais acentuada do que a observada na prática.

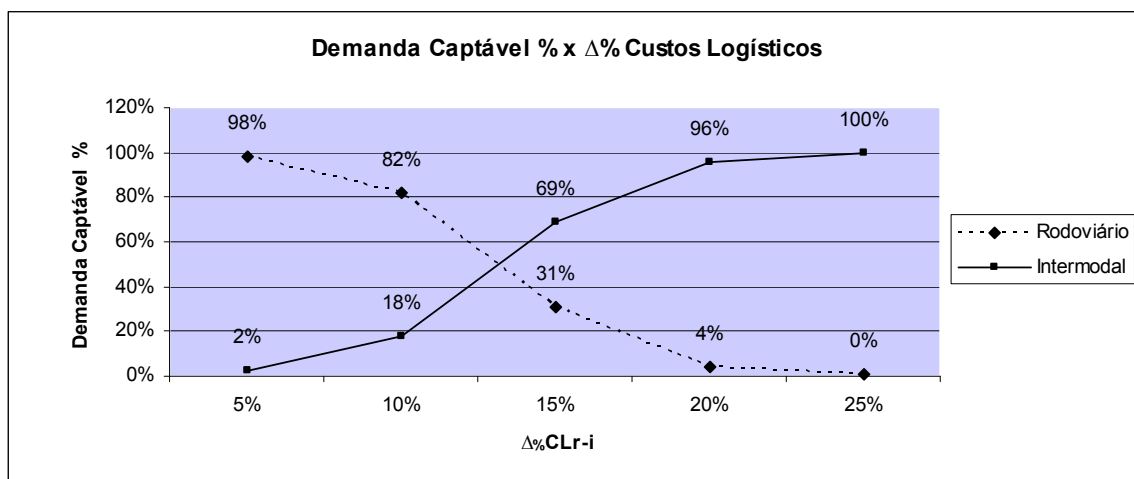
**Tabela 7:** Comparação da divisão modal: ANTT (2004) X Cenário Referencial.

ALTERNATIVA	DIVISÃO MODAL		
	ANTT (2004)	CENÁRIO REFERENCIAL	Var Abs (%)
RODOVIÁRIA	87%	98%	11%
INTERMODAL	13%	2%	11%

### 5.3. Análise de Sensibilidade

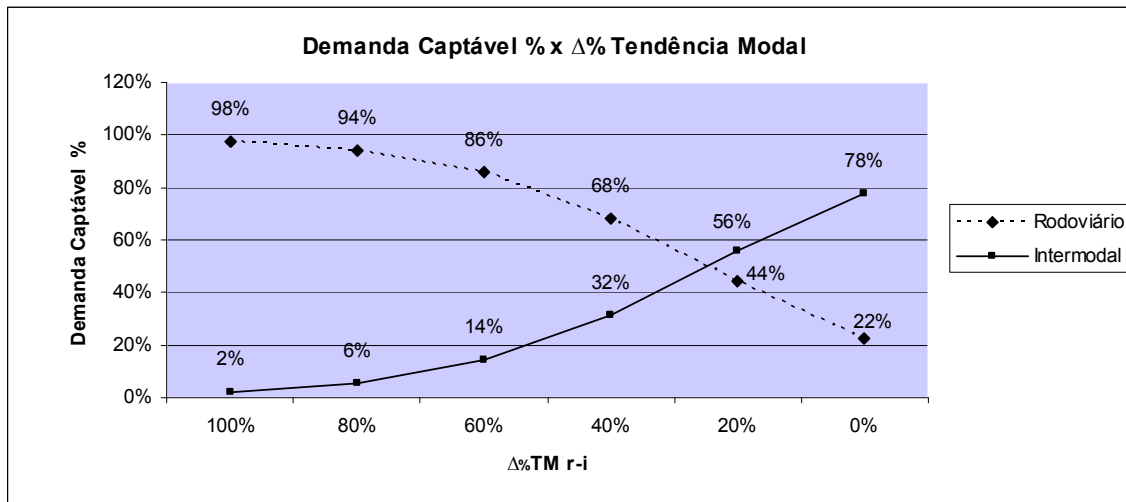
Finalmente, procedeu-se a análise de sensibilidade dos atributos da função utilidade calibrada, verificando a influência relativa de cada um no nível de utilização das opções de transporte rodoviária e intermodal. Partindo do Cenário Referencial descrito no item 5.2, para a análise de sensibilidade de cada atributo, efetuou-se variações apenas nos valores do atributo em análise.

Dentre os atributos considerados na modelagem, custos logísticos apresentou o maior impacto quando da escolha de determinada alternativa logística. Como pode ser analisado na Figura 1, uma operação intermodal com custo logístico 25% menor que os custo logístico de uma operação rodoviária, tem potencial de captar 100% da demanda.



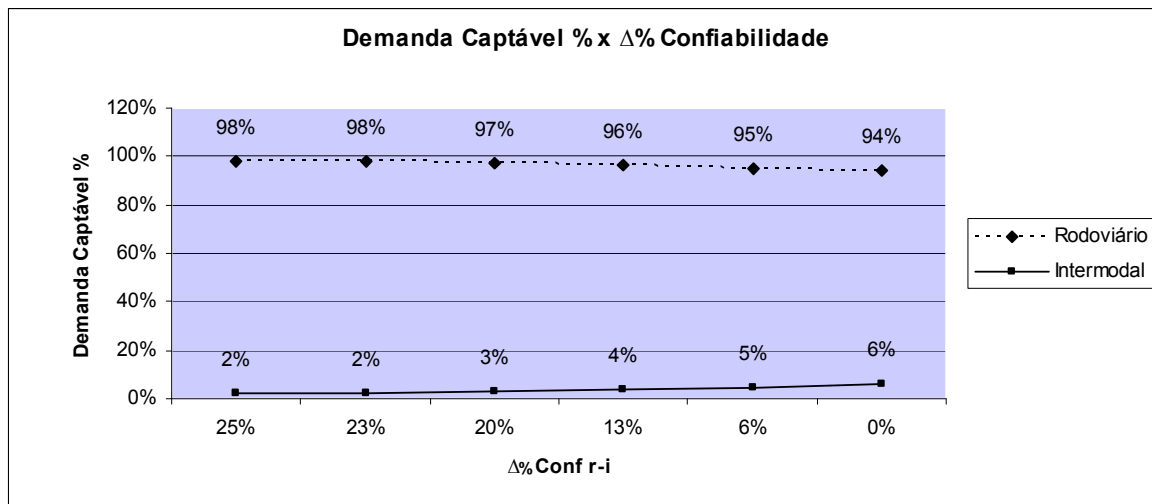
**Figura 1:** Análise de sensibilidade do atributo custo logístico.

A tendência modal também se mostrou como um atributo altamente significativo quando da escolha de uma alternativa logística. O incremento da utilização da intermodalidade rodoviária, e a melhoria da qualidade destes serviços, poderão influenciar na percepção dos embarcadores de carga geral quanto à viabilidade de se optar por esta alternativa intermodal para o transporte de suas mercadorias. A melhoria gradativa do índice de percepção da viabilidade da opção intermodal rodo-ferroviária de modo que os tomadores de decisão se tornem indiferentes às características intrínsecas às operações rodoviárias ou intermodais, passando a optar apenas em função de fatores como custo logístico e confiabilidade elevariam a participação da intermodalidade para 78% contra 22% da alternativa rodoviária, o que pode ser verificado na Figura 2.



**Figura 2:** Análise de sensibilidade do atributo tendência modal.

Aumentos nos níveis de confiabilidade dos serviços intermodais oferecidos não apresentaram grande impacto sobre a participação do transporte intermodal. A Figura 3 mostra que se os níveis de confiabilidade de alternativa intermodal atingirem os níveis de confiabilidade de uma alternativa rodoviária, esta alternativa tem potencial de captar apenas 6% da carga geral em análise.



**Figura 3:** Análise de sensibilidade do atributo confiabilidade

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que a proposta inicial do artigo, de apresentar um procedimento desenvolvido a partir da TPD, para modelar os critérios utilizados para a tomada de decisão em nível estratégico quando da escolha do transporte rodoviário ou o transporte intermodal para o escoamento de carga geral no Brasil, tenha sido alcançado.

Entende-se que o atributo custo logístico é o principal fator relevante quando da escolha entre o transporte rodoviário ou intermodal para o transporte de determinada carga geral, o que foi atestado por meio da pesquisa.

A análise de sensibilidade dos atributos custos logísticos, confiabilidade e tendência modal mostraram que a atributo custo logístico é o principal fator relevante na escolha em nível estratégico da logística a ser utilizada para o transporte de carga geral.

O atributo tendência modal, embora represente um atributo subjetivo, pode ser medido a partir da pesquisa, e demonstrou ter importância significativa quando da realização da escolha modal.

A confiabilidade do serviço apresentou pouca significância no modelo calibrado, pois segundo os entrevistados a falta de confiabilidade advinda de atrasos, pode ser equacionada com maiores estoques de segurança, os quais podem ser contemplados no custo logístico, fator preponderante de acordo com a análise realizada, na escolha modal para o transporte de carga geral.

Espera-se que a pesquisa realizada tenha contribuído para reforçar a importância da análise de custos logísticos no planejamento de novos serviços intermodais para o transporte de carga geral no Brasil que, uma vez implantados venham a contribuir para modificar gradativamente a “cultura rodoviária” brasileira, possibilitando assim a construção de uma matriz de transporte mais equilibrada e eficiente.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTAQ (2007) *Anuário Estatístico Portuário 2007*, consultado em [www.antaq.gov.br](http://www.antaq.gov.br).
- ANTF (2007) *Estatísticas do Transporte Ferroviário*, consultado em [www.antf.com.br](http://www.antf.com.br).
- ANTT (2004) *Logística e Transporte para Produtos de Alto Valor Agregado no Contexto Brasileiro*. Estudo não divulgado.
- BALLOU, R. H. (2006) *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial*. 5 ed. Porto Alegre: Bookman.
- BAUMOL, W.J., VINOD, H. D. (1970), An Inventory Theoretic Model of Freight Transport Demand, *Management Science*, n.16, p. 413-421.
- EFRON, A., ROSE, J. (2003) Truck or Train? A Stated Choice Study on Intermodalism in Argentina. *Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte*, ANPET, 2003.
- LOUVIERE, J.J., HENSHER, D.A. (2006) What you don't know might hurt you: some unresolved issues in the design analysis of discrete choice experiments. *Environmental & Resource Economics*, 34, pages 173-188.
- LOUVIERE, J.J., HENSHER, D.A. (2000) The use of mixtures of market and experimental choice data in establishing guideline weights for evaluating competitive bids in a transport organization. *Transport Policy*, 7, p. 279-286.
- GONÇALVES, B. (2005) *Uma Contribuição Metodológica à Modelagem da Demanda de Transporte de Carga de Alto Valor Agregado no Brasil*. Dissertação de Mestrado, UFSC.
- NOVAES, A. G. N. ; GONÇALVES, B. ; COSTA, M. B. ; SANTOS, S. (2006) Rodoviário, Ferroviário ou Marítimo de Cabotagem: O Uso da Técnica de Preferência Declarada para Avaliar a Intermodalidade no Brasil. *Transportes* (Rio de Janeiro), v. XIV, p. 11-17, 2006.
- NOVAES A. G (1986), *Sistemas de Transporte – Volume 1: Análise da Demanda*. Edgard Blücher, São Paulo.
- SCHMITZ, R. (2001) *Uma contribuição Metodológica para a Avaliação da Tarifa de Pedágio em Rodovias*. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis.
- SENNA, L. E STATON (2003). Aplicação de QFD e Preferência Declarada no Transporte de Cabotagem. *Transportes*, volume XI, número 1, junho de 2003.
- VIERA, G. B. (2005), *Transporte Internacional de Cargas*, 2ª edição, Editora Aduaneiras, São Paulo.
- VIEIRA, H.F. (1996). *Uma visão empresarial do processo de exportação de produtos containerizados catarinenses e a análise do nível de serviço logístico*. Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis.

#### CONTATOS

<sup>1</sup> **Brunno Santos Gonçalves**  
E-mail: [brunno@pet.coppe.ufjf.br](mailto:brunno@pet.coppe.ufjf.br)

<sup>2</sup> **Maria Beatriz Berti Costa**  
E-mail: [beatriz@pet.coppe.ufjf.br](mailto:beatriz@pet.coppe.ufjf.br)