

A IMPORTÂNCIA DOS TRANSPORTES PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE ECONOMÉTRICA DOS CUSTOS DE FRETE DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Antonio Armando Santos Menezes¹ | Fábio Rodrigues De Moura² | Tácito Augusto Farias³ | Paulo Jardel Leite Araujo⁴

Economia



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

O presente trabalho apresenta a situação do transporte de cargas brasileiro, destacando especificamente a influência de algumas variáveis na composição do custo de frete do modal rodoviário. Enfoque especial é dado à supremacia da modalidade rodoviária no cenário nacional e regional. Dentro desse contexto, o trabalho é desenvolvido com o objetivo de apresentar de forma clara e sucinta o percurso histórico do transporte rodoviário, sua evolução diante dos investimentos realizados e desenvolvimento ao longo dos anos. Os resultados levantados a partir da aplicação do modelo de regressão linear clássico mostraram a influência do fator distância bem como da possibilidade de carga de retorno e da especificidade da carga a ser transportada na composição dos custos de frete, tornando possível a evidência de aspectos que influenciam na sua escolha e utilização. Para o conjunto de dados utilizados, um custo fixo de aproximadamente R\$ 85,17 por tonelada e um custo variável de aproximadamente R\$ 0,05 por distância percorrida. O modelo sinaliza ainda uma redução no custo do frete diante da especificidade da carga a ser transportada, ou seja, para cargas transportadas a granel a redução no custo do frete é de aproximadamente R\$ 5,99 e na possibilidade de carga de retorno para o transportador uma redução de aproximadamente R\$ 54,96. Os resultados apresentados comprovam de forma empírica a influência das variáveis apresentadas no modelo na composição do custo de frete rodoviário.

PALAVRAS-CHAVE

Transporte. Modal. Custos.

ABSTRACT

This paper presents the situation of freight transport in Brazil, highlighting the influence of some variables in the generation of the cost of freight transport by road. This study focuses on the road transport modality since it is the most important in the national and regional scenario. In this basis, we present a clear and succinct treatment about the historical path of the road transport modality. The results obtained from the application of the classical linear regression model demonstrate the influence of the following factors in the freight costs composition: distance, return cargo possibility, and cargo type. For the data set used, a fixed cost of approximately R\$ 85.17 per tonne and a variable cost of approximately R\$ 0.05 per distance traveled. The model also indicates a reduction in the cost of shipping on the specificity of cargo to be transported, i.e. for cargo transported in bulk to reduce the cost of shipping is approximately R\$ 5.99 and the possibility of return cargo for carrier a reduction of approximately R\$ 54.96. The results presented demonstrate empirically the influence of the variables presented in the model in the composition of the cost of road freight.

KEYWORDS

Transport. Road Modal. Costs.

1 INTRODUÇÃO

Durante muitos anos o transporte de cargas vem destacando-se no cenário nacional e internacional, como condição para o desenvolvimento econômico. No Brasil, as cargas são transportadas utilizando-se as modalidades rodoviária, ferroviária, aquaviária, dutoviária e aérea. Dessas, destaca-se a modalidade rodoviária com mais de 60% das cargas transportadas e em seguida, a modalidade ferroviária, responsável atualmente por pouco mais de 20% das cargas movimentadas (FLEURY, 2002).

Diante dessa situação, a hegemonia do modal⁵ rodoviário e a pouca utilização das outras modalidades de transporte, vêm dificultando o escoamento produtivo em diversas regiões brasileiras. O problema vem sendo observado de forma clara em todo território nacional. Fica evidenciado, que em períodos de safra e entressafra, a maioria dos transportadores rodoviários, na busca por melhores condições de carregamento, e principalmente melhores fretes, altera suas rotas, provocando uma redução na oferta dos serviços, e consequentemente prejuízos para os produtores e consumidores, ocasionados pela elevação dos custos, pertinente a expedição dos produtos, aumentos exorbitantes nos fretes e utilização de outras modalidades de transporte.

Assim, este trabalho apresenta uma análise econométrica dos custos do transporte rodoviário com base na tabela de fretes do Sistema de Informações de Frete (Sifreca), para o

⁵ - Modal é relativo a modo ou modalidade. Denominação dada ao tipo de transporte.

período de 25/12/2004 a 21/01/2005, enfocando o importante papel dos transportes para o desenvolvimento e progresso econômico brasileiro.

2 TRANSPORTES E ECONOMIA

Ao longo dos anos, o transporte vem assumindo um papel essencial e estratégico no desenvolvimento das nações e corporações. Um dos maiores destaques se refere à qualidade de serviços, tempo de entrega de mercadorias, agregando valor aos serviços prestados e diminuindo custos operacionais. Para Martins e Caixeta-Filho (2001), a possibilidade de disponibilidade de bens anteriormente não oferecidos a consumidores, assim como, a possibilidade de expansão dos mercados merece destaque, pelo fato de promover a integração entre sociedades produtoras.

Ainda neste contexto, o transporte viabiliza a racionalidade produtiva, potencializando o mercado e permitindo produções de escala para esses grandes mercados. É função ainda dos transportes, promover a especialização regional da produção, gerando vantagens e lucros, por meio da operacionalidade dos fluxos inter-regionais. Nessas circunstâncias, pode se afirmar que os transportes interferem direta e indiretamente nos custos da comercialização dos produtos, produzindo vantagens e desvantagens para os produtores em geral.

Segundo levantamento efetuado pelo Centro de Estudos em Logística, Coppead – UFRJ, 60% das cargas no Brasil circulam por meio de pneus. Os pontos que norteiam o transporte rodoviário de cargas brasileiro estão associados a valores de frete, condições de negociação no que se refere à procura e oferta, assim como, extensão da malha rodoviária brasileira e tipo de cargas transportadas (RIVA et al, 2003).

O que vem acontecendo no Brasil é algo bem distante do ideal. A realidade mostra sistemas de infraestrutura inadequados, que comprometem as atividades econômicas e seladas por um alto custo operacional. Esse sistema falho dificulta a competitividade interna e externa, criando barreiras exógenas ao processo produtivo que, por mais que seja eficiente na sua produção, não consegue destacar-se no aspecto relativo a comercialização. Uma das funções da infraestrutura é inter-relacionar os interesses de comunidades e empresas, isto é, proporcionar as comunidades níveis mais favoráveis de emprego e renda e às empresas, condições para a realização de processos produtivos geradores de lucros.

Dentro dessa visão, o transporte pode ser observado como parte vital da infraestrutura. Para tanto, faz-se necessários a alocação de investimentos que possibilitem o seu pleno e crescente desenvolvimento, proporcionando o alcance dos objetivos traçados para o desenvolvimento do setor. Os investimentos direcionados ao sistema de transporte devem, no entanto, apresentar funcionalidade econômica, destinando-se diretamente aos projetos mais produtivos. Por outro lado, o desenvolvimento do sistema ideal de transporte é influenciado por fatores relativos ao alcance de metas de ordem econômica e não econômica.

3 ANÁLISE ECONOMÉTRICA

Para a realização da análise econométrica foi utilizado o modelo de regressão linear clássico (MRLC), especificado para K variáveis explicativas, também conhecidas como variáveis independentes, onde:

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i, \text{ onde}$$

Y = variável dependente

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_k$ = parâmetros do modelo

X_{2i}, X_{3i}, X_{ki} = variáveis explicativas

μ_i = erro de estimativa ou perturbação estocástica

O modelo de regressão foi aplicado para a modalidade de transporte rodoviário. Segue abaixo a equação utilizada para obtenção dos resultados:

$$Y_R = \beta_1 + \beta_2 X + \mu_i, \text{ onde:}$$

Y_R = valor real do frete rodoviário, em reais por tonelada;

$\beta_1 + \beta_2$ = coeficientes a serem estimados;

X = distância percorrida, em quilômetros;

μ_i = erro de estimativa

O modelo apresentado na equação procura mostrar a influência do fator distância sobre o valor do frete praticado para o modal de transporte rodoviário. O termo do erro pode ser interpretado como um conjunto de fatores que afetam a variável dependente Y , mas que o modelo não consegue captar. Dentre as fontes do erro pode-se citar: imprecisão da teoria, indisponibilidade de dados, variáveis *proxy* fracas e forma funcional errada.

Mede-se por meio deste trabalho, o impacto das variáveis qualitativas “possibilidade de carga de retorno e especificidade da carga transportada” sobre o preço de frete do transporte. Segundo Correia Jr. e outros autores (2001), havendo a possibilidade, no destino da carga, dos transportadores firmarem novos contratos de transporte para outras localidades e dependendo da especificidade da carga que será transportada, o preço global do frete será menor. A fim de verificar se a existência de tal circunstância afeta ou não o preço de frete das mercadorias aqui analisadas, utilizar-se-á, pois, do conceito de variáveis binárias (*dummy variables*).

Dados os seguintes pressupostos clássicos do modelo de regressão múltipla:

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + e_i, \quad i = 1, \dots, n$$

$$E(y_i) = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik}$$

$$E(e_i) = 0$$

$$\text{var}(y_i) = \text{var}(e_i) = \sigma^2$$

$$\text{cov}(y_i, y_s) = \text{cov}(e_i, e_s) = 0$$

Os valores de x_{ik} não são aleatórios nem são perfeitamente correlacionados

$$y_i \sim N(\beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik}, \sigma^2)$$

$$e_i \sim N(0, \sigma^2)$$

De acordo com o primeiro pressuposto, cada parâmetro β_k do modelo é igual para toda e qualquer observação dentro da amostra. Observe que:

$\beta_k = \partial E(y_i) / \partial x_{ik}$ = variação em $E(y_i)$ dada uma variação unitária em x_i (todas as demais variáveis permanecem constante).

Sendo assim, para cada observação da amostra $i = 1, 2, 3, \dots, n$, o incremento de uma unidade em x_i gerará o mesmo efeito sobre $E(y_i)$. Por outro lado, se em algum momento da mostra isso não for verdade, ou seja, se cada parâmetro não se mantém o mesmo ao longo de todas as observações, então o processo de estimação por mínimos quadrados não será muito claro. Nesse sentido, utiliza-se das variáveis binárias, ou variáveis *dummy* para expressar tal circunstância.

As variáveis binárias são variáveis explanatórias utilizadas para expressar características qualitativas no modelo, que não podem ser expressas numericamente, como, por exemplo, o sexo dos indivíduos, a existência ou não de período de guerra ou mesmo se as casas de determinada vizinhança possuem ou não piscina. Neste caso, percebe-se que as variáveis *dummy* descrevem eventos que têm apenas dois resultados possíveis, quais sejam, a existência ou não de determinada característica. Por este motivo, as variáveis binárias são também chamadas de dicotômicas, pois assumem apenas dois valores, expressos geralmente por 0 e 1.

Tendo isso em mente e tomando a equação de regressão aqui tratada,

$$Y_R = \beta_1 + \beta_2 X + \mu i \tag{1}$$

analisa-se a hipótese já exposta de que a existência de uma carga de retorno e a especificidade da carga a ser transportada⁶ reduzem o preço total do frete, alterando assim o intercep-

⁶ - Especificidade da carga transportada – a carga pode ser transportada fazendo uso de embalagens, também conhecida como carga seca ou na forma granel.

to da função de regressão. De fato, a possibilidade ou não de haver tal carga de retorno e o tipo de mercadoria a ser transportada (granel ou carga seca) se traduzem em variáveis qualitativas e, portanto, são expressas por meio das variáveis *dummy* D_i e D_j , ou seja, variáveis artificiais, que tem como função indicar a presença ou não de um atributo. No referido modelo, estas variáveis assumem os valores de 1 e 0, tal que:

$$D_i = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

1 – Havendo carga de retorno

0 – Caso contrário

$$D_j = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

1 – Se a carga for do tipo granel

0 – Caso contrário

Acrescentando as variáveis dummies ao modelo juntamente com os novos parâmetros δ_1 e δ_2 temos,

$$Y_R = \beta_1 + \delta_1 D_i + \delta_2 D_j + \beta_2 X + \mu_i \quad (2)$$

Ademais, utilizando-se do terceiro pressuposto do modelo clássico $E(\mu_i) = 0$, obter-se-á:

$$E(Y_i) = \begin{cases} (\beta_1 + \delta_1 + \delta_2) + \beta_2 X & \text{quando } D_i = 1 \text{ e } D_j = 1 \\ (\beta_1 + \delta_1) + \beta_2 X & \text{quando } D_i = 1 \text{ e } D_j = 0 \\ (\beta_1 + \delta_2) + \beta_2 X & \text{e } D_i = 0 \text{ e } D_j = 1 \\ \beta_1 + \beta_2 X & \text{e } D_i = 0 \text{ e } D_j = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Como se supõe que a existência das características reduzem o valor do frete supor-se-á, por consequência, que $\delta_1 < 0$ e $\delta_2 < 0$ a fim de que:

$$(\beta_1 + \delta_1 + \delta_2) < \beta_1$$

$$(\beta_1 + \delta_1) < \beta_1$$

$$(\beta_1 + \delta_2) < \beta_1$$

Ou seja, havendo possibilidade de carga de retorno, $D_i = 1$, e sendo a característica da carga a ser transportada do tipo granel, $D_j=1$, o intercepto será menor do que não havendo tais possibilidades ($D_i = 0$ e $D_j=0$), o que expressa a redução no valor do frete.

Como as propriedades do estimador de mínimos quadrados não são afetadas por se introduzirem variáveis explanatórias que assumem apenas os valores 0 ou 1, o teste de significância e hipótese de δ_1 e δ_2 seguem o mesmo rito daqueles dos demais parâmetros, sendo, nesse caso, um teste monocaudal⁷:

$$\begin{cases} H_0 : \delta_1 \geq 0 \\ H_1 : \delta_1 < 0 \end{cases}$$

$$t_1 = (\delta_1 - \delta_1) / \sigma' \delta_1' \quad (4)$$

$$\begin{cases} H_0 : \delta_2 \geq 0 \\ H_1 : \delta_2 < 0 \end{cases}$$

$$t_2 = (\delta_2 - \delta_2) / \sigma' \delta_2' \quad (5)$$

3.1 ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MODELO

O método mais usual de estimação dos parâmetros do modelo é o dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), que tem como princípio a minimização da soma dos erros. A fórmula geral para a obtenção dos parâmetros do modelo para k variáveis explicativas, é definida como:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_k x_{ki} \quad (6)$$

3.1.1 Medida de ajuste do modelo: determinação R^2

É possível determinar o grau de ajuste do modelo de regressão, ou, em outras palavras, o seu poder explicativo. Essa medida é feita pelo coeficiente de determinação R^2 que pode ser definido como:

$$R^2 = \frac{\sum(x_i y_i)^2}{\sum x_i^2 \sum y_i^2} \quad (7)$$

⁷ - A lógica dos testes unilaterais ou monocaudais é idêntica a dos testes bilaterais ou bicaudais. A estatística do teste é a mesma diferença, com a diferença que a região de rejeição encontra-se em apenas uma das caudas da distribuição t-Student, além da diferença no cálculo dos valores-p (Hill et al.,2006).

O coeficiente R^2 pode assumir valores entre 0 e 1. No caso do R^2 assumir o valor 0, não existe nenhuma relação entre a variável explicativa e a variável dependente. No outro limite, um R^2 com valor 1 implica que, em termos percentuais, 100% da variável dependente é explicada pela variável(s) explicativa(s).

3.1.2 Teste de significância dos coeficientes: teste T

O coeficiente R^2 mede a explicação da variável dependente Y dada pelo conjunto de variáveis explicativas. Todavia, em um modelo de regressão com K variáveis explicativas, podem existir variáveis que não contribuam efetivamente para a explicação do modelo. Um teste para diagnosticar a significância estatística do parâmetro de uma variável explicativa qualquer, é dado pelo teste t , que é definido como: $t = \beta / \text{desvio-padrão}\beta$.

O teste t está baseado na hipótese que o valor do parâmetro b é igual a zero. Essa hipótese deve ser rejeitada na medida em que, o resultado, em módulo, do teste t , for maior que o t crítico, definido em função do número de variáveis explicativas e a um nível de significância de 5%. Assim, uma variável possui significância estatística, quando: $t = \beta / \text{desvio-padrão}\beta > t$ crítico.

O resultado do teste t pode ser facilmente interpretado a partir da seguinte regra prática: a um nível de significância de 5% e com um número de observações maior que 120, pode-se afirmar que uma variável possui significância estatística quando o valor t (em módulo) for maior que 1,645.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A variável dependente (Y_R), especificada como valor de frete rodoviário, em reais por tonelada (R\$/tn), praticado em função da distância percorrida, especificidade da carga e possibilidade de carga de retorno é baseada em um conjunto de dados composto por 199 observações, referente o transporte rodoviário de diversos produtos (adubos, fertilizantes, óleos, calcário, madeira, algodão, soja, dentre outros) levantados no Sistema de Informações de Frete SIFRECA-2005 referente ao período de 25/12/2004 a 21/01/2005. O Guia Quatro Rodas 2004, foi utilizado para verificação da distância entre diversas cidades.

Tabela 1 – Estatística de Regressão

Variáveis	Coefficientes	Stat t	Valor-P	Erro
Interseção	85,1709	18,9332	4,7461E-46	4,4984
Distância	0,0457	19,5466	8,0045E-48	0,0023
Especif. da Carga	-5,9853	-2,2226	0,0273	2,6928
Possib. Carga de Retorno	-54,9557	-15,3026	3,0404E-35	3,5912

Tabela 2 - Resultados do Modelo Econométrico

Variáveis	Coeficientes	Stat t	Valor-P
Interseção	85,1709	18,9332	4,7476E-46
Distância	0,04571	19,5466	8,0045E-48
Especif. da Carga	-5,9853	-2,2226	0,0273
Possib. Carga de Retorno	-54,9557	-15,3026	3,0404E-35

Os resultados obtidos com a estimação do modelo de regressão linear (tabela 2) apresentam para o transporte rodoviário um custo fixo de R\$ 85,17 por tonelada transportada e um custo variável de R\$ 0,046 por distância percorrida. O modelo apresenta, ainda, por meio das variáveis *dummy*, que, quando a carga a ser transportada é do tipo granel o custo apresentado sofrerá uma redução de R\$ 5,99 e existindo ainda a possibilidade de carga de retorno para o transportador o custo reduzirá em mais R\$ 54,96. O exemplo acima confirma a influência de outros fatores na composição do custo de frete (CAIXETA-FILHO et al, 2001).

Os resultados obtidos demonstram que a variável explicativa distância, assim como as variáveis qualitativas, especificidade da carga e possibilidade de carga de retorno apresenta significância estatística para a regressão estimada, ou seja, possuem poder explicativo sobre o custo do frete de transporte rodoviário. O poder explicativo do modelo apresentado pelo R^2 foi de 0,84 conforme tabela 1.

Pode-se afirmar que os resultados expostos no modelo são os esperados diante das condições atuais da malha rodoviária brasileira. A falta de infraestrutura e de investimentos voltados à recuperação da malha, entre outros fatores, coloca a malha rodoviária brasileira em condições precárias de utilização. Diante destas circunstâncias, o custo fixo incorporado ao preço dos fretes cobrados pelos transportadores encarece o serviço prestado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de transporte brasileiro teve sua evolução traçada a partir de diversos ciclos históricos percorridos ao longo das últimas décadas. O transporte rodoviário de cargas, também, merece destaque dentro deste contexto evolutivo. A história desta modalidade de transporte no Brasil está calcada em fortes investimentos públicos aplicados na implantação de infraestrutura. A partir da instituição do Fundo Rodoviário Nacional (FRN), a malha rodoviária nacional começou a expandir-se notavelmente. O surgimento de uma forte indústria de transportes rodoviário de cargas ajudou a expansão de toda essa infraestrutura. Este crescente desenvolvimento conduziu o transporte rodoviário de cargas a marca de 60% na matriz de serviços de transporte já nos anos 1960.

Diante dessa situação, procurou-se analisar mais precisamente os custos do frete rodoviário, valendo-se da aplicação de um modelo de regressão linear clássico, procurando identificar a influência do fator distância na composição dos fretes de variados produtos, bem como a influências das variáveis qualitativas, especificidade da carga transportada e possibilidade de carga de retorno, partindo de diversas cidades do País.

Os resultados obtidos indicam, para o conjunto de dados utilizados, um custo fixo de aproximadamente R\$ 85,17 por tonelada e um custo variável de aproximadamente R\$ 0,05 por distância percorrida. O modelo sinaliza ainda uma redução no custo do frete diante da especificidade da carga a ser transportada, ou seja, para cargas transportadas a granel a redução no custo do frete é de aproximadamente R\$ 5,99 e na possibilidade de carga de retorno para o transportador uma redução de aproximadamente R\$ 54,96.

Os resultados apresentados comprovam de forma empírica a influência das variáveis apresentadas no modelo na composição do custo de frete rodoviário. É importante salientar que, além das variáveis expostas e discutidas no trabalho, uma série de outras podem influenciar essa composição de custo, dentre elas podem-se citar os custos operacionais, a sazonalidade da demanda, pedágios e fiscalização, prazo de entrega, aspectos geográficos e tempo de carga e descarga.

6 REFERÊNCIAS

CAIXETA-FILHO, J. MARTINS, R. **Gestão Logística do Transporte de Cargas**. São Paulo: Atlas, 2001.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE e COPPEAD/UFRJ. **Transporte de Cargas no Brasil**: Ameaças e Oportunidades para o Desenvolvimento do País, 2002.

FLEURY, P. **Gestão Estratégica do Transporte**. Centro de Estudos em Logística, COPPEAD/UFRJ. Rio de Janeiro. Disponível em: <www.cel.coppead.ufrj.br>. Acesso em: 29 out. 2005.

RIVA, J. *et al.* **Cadeias Logísticas de Transporte**. Bahia *Análise & Dados*, v. 13, n. 2, Salvador, 2003, p.179-186.

Data do recebimento: 19 de dezembro de 2013

Data da avaliação: 18 de janeiro de 2014

Data de aceite: 21 de janeiro de 2014

1. Bacharel em Economia pela UFS/SE e estudante do Curso de Engenharia Civil da UNIT. E-mail: aasm.armandomenezes@gmail.com
2. Doutorando em Economia USP/SP. E-mail: fabirosplash@yahoo.com.br
3. Doutor em Economia USP/SP. E-mail: tacitoaugusto@yahoo.com.br
4. Doutor em Engenharia Química UNICAMP/SP. E-mail: jardelunit@gmail.com