

# **IMPACTO DOS INVESTIMENTOS SOBRE O VALOR DE FRETES RODOVIÁRIOS E FERROVIÁRIOS**

**Eduardo Dornelas Munhoz**

Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas

**Cícero Rodrigues de Melo Filho**

Empresa de Planejamento e Logística - EPL

**Geovana Lorena Bertussi**

Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas

## **RESUMO**

O estudo da qualidade e eficiência da infraestrutura de transportes é de vital importância para o planejamento de políticas públicas voltadas à exclusão de gargalos logísticos e promoção de crescimento econômico. Este trabalho propõe a análise do impacto dos investimentos, como um indicador de qualidade, sobre o valor de fretes nos modos rodoviário e ferroviário no período de 2013 a 2016 (rodoviário) e 2013 a 2017 (ferroviário). Os resultados encontrados indicam que (i) os investimentos públicos podem ajudar a diminuir o valor de fretes rodoviários; (ii) os investimentos públicos não possuem impactos significantes no valor do frete ferroviário; (iii) os investimentos privados podem ajudar a diminuir o valor do frete ferroviário.

## **ABSTRACT**

The study of the quality and efficiency of the transport infrastructure is vital for the planning of public policies aimed to exclusion of logistics bottlenecks and promotion of economic growth. This work proposes the analysis of the impact of investments, as a quality indicator, on the value of freight in road and rail modes between 2013 to 2016 (road) and 2013 to 2017 (rail). The results show that (i) public investments can help reduce the value of road freight; (ii) public investments do not have a significant impact on the value of rail freight; (iii) private investment can help reduce the value of rail freight.

## **1. INTRODUÇÃO**

A infraestrutura logística de um país é essencial para o seu desenvolvimento econômico por permitir, entre outras coisas, maior mobilidade de recursos produtivos entre países e/ou regiões subnacionais. Quanto maior a eficiência da infraestrutura, menores são os custos de transporte de mercadorias e, com isso, é possível observar maiores ganhos de produtividade das empresas e aumento de bem-estar para a população.

No trabalho de Ferreira e Malliagros (1997), estima-se a elasticidade do produto e da produtividade em relação aos investimentos e estoques de infraestrutura desagregados em setores para os anos de 1950 a 1995. Os autores encontram evidências de relação positiva entre produto de longo prazo e produtividade total dos fatores com a infraestrutura. Bertussi e Ellery (2012), por sua vez, estudaram o impacto dos gastos estaduais em transporte sobre a taxa média dos cinco anos à frente de crescimento do Produto Interno Bruto estadual. Como resultado, encontram efeitos positivos no crescimento econômico a nível estadual, com efeitos maiores em estados de menor desenvolvimento econômico.

Dados os efeitos positivos da infraestrutura sobre a economia, o estudo de sua qualidade e eficiência é de vital importância para o planejamento de políticas públicas voltadas à exclusão de gargalos logísticos e promoção de crescimento econômico. Portanto, este trabalho propõe o estudo do impacto dos investimentos, como um indicador de qualidade, sobre o valor de fretes nos modos rodoviário e ferroviário. Esses modos de transporte foram escolhidos pela sua

relevância no país, visto que representam aproximadamente 80% do transporte de cargas inter-regionais brasileiras (EPL,2016).

A análise empírica do estudo fez uso de dados em painel compreendendo uma série mensal de fretes entre janeiro de 2013 e dezembro de 2016 (para o modo rodoviário) ou janeiro de 2017 (para o modo ferroviário).

As seções seguintes buscam contextualizar o atual cenário para os transportes de carga rodoviário e ferroviário, assim como explicitar a metodologia utilizada e os resultados obtidos. As partes estão distribuídas do seguinte modo: Seção 2 - aborda os aspectos institucionais de ambos transportes estudados; Seção 3 - versa sobre a literatura de fretes de cargas rodoviário e ferroviário; Seção 4 - expõe a metodologia utilizada para a análise empírica; Seção 5 - explicita os resultados encontrados e as análises recorrentes; e a Seção 6 apresenta as considerações finais do estudo.

## **2. TRANSPORTE RODOVIÁRIO E FERROVIÁRIO**

### **2.1. Aspectos institucionais do modo rodoviário**

No Brasil, a malha rodoviária totaliza 1,72 milhões de quilômetros e o transporte é o mais utilizado, com uma representatividade de 65% em relação à matriz de transporte, totalizando 1.548 bilhões de toneladas quilômetros úteis (TKU) em 2015 (EPL, 2016). Não obstante a predominância do transporte de cargas por caminhões no Brasil, em pelo menos 58,2% da extensão das rodovias há algum tipo de deficiência na pavimentação, sinalização ou geometria da via (CNT, 2016). O alto grau de precariedade das vias brasileiras rendeu o 121º lugar (entre 140) no quesito “qualidade de infraestrutura rodoviária” do Ranking de Competitividade Global do Fórum Econômico Mundial.

### **2.2. Aspectos institucionais do modo ferroviário**

O modo ferroviário é o segundo maior no transporte de cargas inter-regional no Brasil (EPL,2016), sendo responsável por 15% do total e 356,8 bilhões de toneladas quilômetros úteis (TKU) em 2015. Devido à sua maior capacidade de carregamento (ante o modo rodoviário) e sua maior velocidade (ante o modo aquaviário – hidrovias e cabotagem), o transporte ferroviário é utilizado principalmente no transporte de minérios e granéis agrícolas. Ainda, a malha ferroviária, em 2015, atingiu 29.291 km (não contabilizando trens urbanos e de passageiros) (CNT, 2015).

O modelo de concessão ferroviário foi definido a partir do Decreto nº 1.832/1996. A concessão ferroviária era verticalizada, isto é, o operador de infraestrutura e o gestor de infraestrutura eram representados pela mesma pessoa jurídica. Em 2011, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) publicou três resoluções (3.694, 3.695 e 3.696) que mudavam o paradigma da concessão ferroviária no Brasil. O modelo apresentado era horizontal, isto é, o operador de infraestrutura era independente do gestor de infraestrutura. Contudo, tal modelo nunca entrou em operação prática em sua totalidade, dado que o Decreto 8.129/2013, que instituiu o novo modelo oficialmente, foi anulado pelo Decreto 8.875/2016.

Pelo modelo atual de concessão, a compra do serviço de transporte pode se dar por duas vias: contratos *take-or-pay* e mercado *spot*. O primeiro tipo, mais utilizado, normalmente abarca contratos de longo prazo e usuários investidores, isto é, usuários que incorporam capital

próprio no operador ferroviário para construção ou ampliação de um determinado trecho da malha. Já o frete *spot* é aquele feito normalmente sem contrato e é demandado devido a excessos temporários e não esperados de carga para ser transportada – logo, seus valores flutuam em decorrência da demanda e da oferta do período. (Oliveira e Caixeta-Filho, 2007)

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

A formação do frete é bastante complexa, pois, além dos custos operacionais, incorpora fatores locais e conjunturais. A seguir, serão analisados os principais fatores que influenciam os fretes, segundo a literatura, de forma a embasar o uso das variáveis presentes no estudo empírico. É necessário ressaltar que grande parte da literatura pesquisada faz referência aos fretes rodoviários devido ao seu importante papel na matriz de transporte brasileira.

Martins (2008) promove um interessante estudo econométrico e descritivo para determinar a complexidade e os fatores que permeiam a formação dos fretes rodoviários. Ressalta que o custo, por mais que relevante, não é o único na formação de preços – o comportamento dos consumidores e o ambiente de negócios também são fatores que afetam a determinação de preços. Soares e Caixeta-Filho (1997), ao estudarem, por meio de uma pesquisa descritiva, dados de fretes rodoviários, destacam a sazonalidade como um fator importante na formação do frete.

Constata-se que a distância é o principal fator de determinação dos fretes, pois afeta os custos variáveis (quilometragem rodada) do serviço, independentemente do modo utilizado. De modo geral, estudos que procuram identificar os determinantes dos fretes rodoviários são, primeiramente, dependentes das distâncias e, posteriormente, ajustados por outros fatores (Correa Júnior *et al.*, 2001).

Nascimento, Gallon e Beuren (2009), a partir do estudo de Ballou (2001), indicam sete aspectos que impactam a formação do preço do frete: distância; volume (cubagem), tipo de produto (cargas de difícil manuseio, por exemplo) e especificidade da carga do veículo; prazo de entrega; interligação (quando o transportador, do mesmo modo ou de outro, deve recorrer a outros transportadores para atender determinadas regiões); e taxas (impostos).

Caixeta-Filho (1998) argumenta que a fiscalização precária e a pouca quantidade de balanças rodoviárias permitem o tráfego de caminhões com excesso de peso, o que degradam as rodovias. Em tal cenário, o estado das vias rodoviárias afeta negativamente o consumo de combustível e lubrificantes, além do maior desgaste de pneus. A concessão à iniciativa privada das rodovias, segundo o autor, por mais que amenize tais efeitos negativos, também acrescentam uma carga alta aos custos do transportador, que muitas vezes prefere transitar por vias deprecadas a pagar pedágios.

Soares e Caixeta-Filho (1997) complementam as variáveis que afetam os fretes com a característica de mercado (carga para exportação, mercado interno, ou de importação) e o custo de oportunidade do veículo parado, isto é, o tempo perdido em filas de espera e carga e descarga. Ainda pelos mesmos autores, o reajuste de frete se dá proporcionalmente ao reajuste do óleo diesel, visto que esse é a principal rubrica de custos.

Já no que tange ao perfil de caminhões utilizados, a capacidade dos caminhões influi no valor conforme as rotas maiores (acima de 200 km). Hijjar (2007) também indica que, para alguns

tipos de caminhões, principalmente aqueles com maior presença de caminhoneiros autônomos, o preço médio pago pelo frete se encontra abaixo da curva teórica de custos. Tal fato se daria por uma margem de operação reduzida do transportador e/ou a existência de custos de transporte não sendo remunerados corretamente.

Wanke e Fleury (2012) promoveram um amplo estudo sobre variáveis que afetam o custo dos vários tipos de transporte de cargas. A respeito do transporte ferroviário, afirmam que os custos operacionais são, em maioria, custos fixos – nesses casos, os custos variáveis poderiam ser uma aproximação dos custos marginais. Logo, a conservação das vias é de vital importância para um frete competitivo. Ainda, de acordo com um estudo realizado pelo Bradesco (2017), os custos de produção do transporte ferroviário se dividem em custos de mão de obra (70,8%), combustíveis e lubrificantes (21,8%, devido às locomotivas brasileiras serem predominantemente do tipo diesel-elétricas) e mercadorias e materiais de reposição (7,4%).

#### 4. METODOLOGIA

Nesta seção do artigo, serão demonstrados os aspectos da análise empírica realizada. Primeiramente, discutem-se os dados utilizados e suas fontes. Em sequência, debatem-se aspectos acerca dos estimadores utilizados e testes de robustez realizados.

Kotler (2002) explicita que o frete de transporte é formado tanto pela demanda, que define o valor máximo, quanto pelos custos, que definem o valor mínimo a ser aplicado. A partir disso, esse trabalho assume o seguinte modelo teórico genérico a ser testado:

$$Frete_{i,t} = \alpha_i + \beta_1 Custos + \beta_2 Demanda + \beta_3 Tendência + u_{i,t} \quad (1)$$

A metodologia utilizada se baseia na regressão dos fretes de cada modo, transformadas para a unidade de reais por tonelada quilômetro útil (R\$/TKU), de modo a corrigir a distorção de curtas e longas distâncias sobre o valor. Uma importante implicação do uso da variável em R\$/TKU é a não necessidade de empregar a distância como variável de controle, ao contrário do que é normalmente feito na literatura (como em Castro, 2002; e Martins, 2008), pois a distância já é controlada no valor da variável dependente. Controlou-se também a especificação da carga, pois as análises concentram apenas em grãos sólidos agrícolas, cargas que compartilham, de modo geral, as mesmas condições de carga/descarga e equipamentos para transporte.

As variáveis independentes, por sua vez, buscam refletir os principais fatores que afetam o frete do modo, conforme a literatura explicitada anteriormente. Na modelo apresentado na equação (1), tais variáveis são elencadas como “Custos”, “Demanda” e “Tendência”, em que “Custos” e “Demanda” não representam apenas uma variável, mas um conjunto de itens.

No conjunto de “Custos”, fazem parte as variáveis de investimento e combustível. A variável de estudo, o montante de investimentos, foi adicionada para representar os custos fixos do setor, que afetam a produtividade do transporte. Tal argumento foi mostrado em Wanke e Fleury (2012), Eller, Sousa Junior e Curi (2011), Bozoky *et al.* (2014), entre outros. Para representar de custo variável, foi adicionada a variável do combustível, que tem um impacto significativo conforme mostrado em Soares e Caixeta-Filho (1997) e Castro (2002).

No que tange ao conjunto de “Demanda”, foram adicionadas variáveis de produtos internos de agropecuária e exportação. A utilização do índice de produto interno possibilita ainda captar a

sazonalidade, visto que o maior fluxo de transporte ocorre durante a safra das culturas, do interior para os portos (Martins, 2008). Além disso, também foram adicionadas variáveis de cotações de *commodities* agrícolas, complementando os efeitos de demanda presentes.

Todos os valores monetários utilizados foram corrigidos a preços de dezembro de 2014 por meio do índice IGP-DI, calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). O IGP-DI se relaciona com o setor de transportes e seu uso é feito na atualização de contratos de concessão ferroviária, como, por exemplo, Resolução nº 3738 da ANTT, além de também ser utilizado em outros estudos de custo como, por exemplo, em VALEC (2012).

#### **4.1. Análise empírica do modo rodoviário**

Os dados para a análise do frete rodoviário estão estruturados em painéis que abrangem, mensalmente, janeiro de 2013 a dezembro de 2016, período que mostrou uma disponibilidade satisfatória de dados.

Os dados de frete rodoviário de grãos sólidos agrícolas foram coletados na Associação dos Produtores de Soja e Milho de Mato Grosso (APROSOJA/MT) e se referem aos fretes interestaduais de soja e milho para rotas selecionadas. Os valores são isentos do Imposto sobre Consumo de Bens e Serviços (ICMS) e foram transformados para o valor de reais por tonelada quilômetro (R\$/TKU). As rotas fixas eram acompanhadas semanalmente pela APROSOJA e foram utilizadas como os grupos do painel. Para cada uma das 26 rotas analisadas, foi feita a média dos fretes quilométricos semanais para auferir o frete médio mensal. As rotas podem ser conferidas em APROSOJA (2017).

A utilização desses dados impacta de duas maneiras nos resultados. O primeiro se dá pelo fato de que o frete analisado faz relação apenas às cargas de milho e soja. O segundo, a utilização de rotas fixas específicas pode ser avaliada como análise pontual para o estado de Mato Grosso, o maior produtor de grãos do país. Tendo isso em vista, e o fato desses grãos representarem grande parte da produção agrícola nacional, os autores acreditam que esses pontos não invalidam os resultados encontrados.

Os preços ao consumidor do diesel S10 foram coletados no site da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Investimentos públicos em rodovias (manutenção e expansão) foram coletados a partir da base do Sistema Siga Brasil, disponibilizado pelo Senado Federal. Foram considerados apenas os investimentos feitos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) devido à sua majoritária participação nos investimentos de infraestrutura rodoviária.

O Produto Interno Bruto (PIB) mensal, e suas desagregações, são representados pelo Índice de Atividade Econômica (IAE), calculado pela Serasa Experian. Os preços de soja e milho foram coletados no site da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) e correspondem aos preços médios mensais ao produtor de Mato Grosso.

Ao final, a base de dados possui 1.248 observações divididas em 26 grupos de painel (balanceados) e 48 períodos de tempo. O uso de dados em painel possibilita controlar fatores idiossincráticos de cada grupo (rotas) do frete rodoviário e fatores que se alteram com o tempo, mas não com as rotas. Tais qualidades corrigem alguns erros estatísticos de regressões,

como, por exemplo, diminuem a presença de heterocedasticidade quando comparado a estimadores de séries temporais (Hsiao, 1986).

As principais técnicas utilizadas para análise de dados com essa estrutura são os estimadores de efeitos fixos (FE) e os estimadores de efeitos aleatórios (RE). De acordo com Johnston e Dinardo (1997), ambas as técnicas possuem a seguinte estrutura:

$$\begin{aligned} y_{i,t} &= X_{i,t}\beta + \epsilon_{i,t} \\ \epsilon_{i,t} &= \alpha_i + \eta_{i,t} \end{aligned} \quad (2)$$

em que  $\alpha_i$  é o *efeito individual*,  $\eta_{i,t}$  é um *termo de erro* não correlacionado com  $X_{i,t}$  e os índices  $i, t$  representam o  $i$ -ésimo indivíduo e o  $t$ -ésimo período. Ainda, as seguintes hipóteses são assumidas para ambas técnicas:

$$\begin{aligned} E[\eta] &= 0, E[\alpha_i, \alpha_j] = 0 \text{ para } i \neq j, E[\alpha_i, \eta_{i,t}] = 0, E[\alpha_i] = 0, E[n, n] = \sigma_n^2 I_{nT}, \\ E[\alpha_i, \alpha_i] &= \sigma_\alpha^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Contudo, as abordagens diferem pela hipótese de ortogonalidade ( $\text{corr}(\alpha_i | X_{i,t}) = 0$ ): enquanto que, no estimador de efeitos aleatórios, é válida a hipótese de ortogonalidade, no estimador de efeitos fixos tal hipótese é relaxada. A escolha de um ou outro método irá ser definida pelo teste de especificação de Sargan-Hansen (Greene, 2002), pelo fato de permitir modelos com presença de heterocedasticidade.

Foram utilizados, ao todo, seis variáveis de controle no modelo, além da estudada. A variável-alvo, de investimento público rodoviário (*Investimento Pub.*), é representada pelos dados logaritmos de investimento do DNIT. Intuitivamente, espera-se que essa variável apresente efeitos negativos no valor do frete, pois quanto maior o montante de investimentos em infraestrutura rodoviária, independentemente do tipo de obra, melhor as condições de rodagem e menor os custos do caminhoneiro. Destaca-se que não é possível analisar o investimento público realizado em cada rota estudada. Portanto, a variável se repete para cada grupo em um mesmo mês.

As variáveis de demanda (*PIB Agropecuária, PIB exportação*) são os valores logaritmos do IAE para os componentes de agropecuária e exportações, respectivamente. Foram escolhidos esses dois componentes por representarem os maiores mercados demandantes de fretes rodoviários para grãos sólidos agrícolas (soja e o milho). Esses grãos destinados ao mercado interno serão representados pela variável de agropecuária e o escoamento desses produtos para a exportação será capturado pelo produto de exportações. É esperado que ambas variáveis apresentem sinais positivos.

As variáveis de cotações mensais de soja e milho (*Cotação Soja, Cotação Milho*) foram utilizadas para capturar maiores demandas por exportação e, assim, uma maior demanda por fretes. O valor do diesel (*Diesel S10*) foi inserido por representar a maior parte do custo variável do caminhoneiro. Seu sinal esperado é positivo. Por fim, uma variável de tendência (*Tendência*) foi colocada como forma de representar uma tendência natural de oscilação do valor de frete e possíveis ganhos de escala com tecnologia. É esperado sinal negativo na variável de tendência, devido à recente desaceleração econômica e aos ganhos de produtividade do setor.

O modelo testado, portanto, assume a seguinte configuração:

$$\text{Frete}_{i,t} = \beta_1 \text{Diesel}_t + \beta_2 \text{Inv}_t + \beta_3 \text{Cotações}_t + \beta_4 \text{PIB}_t + \beta_t \text{Tendência}_t + \alpha_i + u_{i,t} \quad (4)$$

**Tabela 1:** Descrição de dados para análise do transporte rodoviário.

Variável	Observações	Média	Unidade	Desvio Padrão
<i>Frete Rodoviário</i>	1248	0,1457	R\$/TKU	0,0601
<i>Diesel S10</i>	1248	2,8819	R\$/Litro	0,5657
<i>Investimentos Públicos</i>	1248	6,7977	R\$ (milhões)	3,18*10 <sup>8</sup>
<i>PIB Exportação</i>	1248	281,3813	Número índice	14,4194
<i>PIB Agropecuária</i>	1248	198,3956	Número índice	6,4470
<i>Cotação Soja</i>	1248	61,3922	R\$/saca	13,2180
<i>Cotação Milho</i>	1248	20,1117	R\$/saca	8,0737

Utilizou-se o teste de ortogonalidade de Sargan-Hansen (Greene, 2002), em que foi possível inferir preferência pelo modelo de efeitos fixos. A verificação de autocorrelação serial foi realizada utilizando o teste de Wooldridge (2010). O teste suportou a hipótese de que existe autocorrelação serial de primeira ordem. Para verificar existência de heterocedasticidade, foi realizado um teste de verossimilhança por meio do método dos Mínimos Quadrados Generalizados (MQG) iterados, o qual mostrou evidências de que existe heterocedasticidade. Também foi utilizado o teste de Wald, que também suportou a existência do efeito. Para o teste de correlação *cross-section*, utilizou-se o teste de Pesaran (2004), que indicou presença de correlação do efeito.

Tendo em vista os problemas apresentados, optou-se pelo uso do estimador de efeitos fixos com erros padrões de Driscoll-Kraay (1998). De acordo com Hoehle (2007), o estimador de efeitos fixos nesse caso possui uma estrutura de erros heterocedástica, autocorrelacionada e possivelmente correlacionada entre os grupos de estudo (correlação *cross-section*) a partir de técnicas não-paramétricas. Ainda pelo o artigo, o programa do estimador possui uma forma de aproximar as defasagens de autocorrelação por meio de procedimento heurístico criado por Newey e West (1994) e descrito pela fórmula abaixo:

$$m(T) = \text{piso} \left( 4 \left( \frac{T}{100} \right)^{\frac{2}{9}} \right) \quad (5)$$

em que  $\text{piso}(x)$ ,  $x \in \mathbb{R}$ , é uma função que retorna o menor número inteiro arredondado de  $x$  e “T” é o número de períodos da amostra. O algoritmo utilizou três defasagens.

#### 4.2. Análise empírica para o modo ferroviário

Os dados para a análise do frete ferroviário estão estruturados em painéis que abrangem, mensalmente, o período de janeiro de 2013 a janeiro de 2017. O período foi estendido por um mês em comparação com o modo rodoviário pois, como será discutido, foram utilizadas variáveis defasadas no modelo ferroviário, o que acarretaria a perda de um período da amostra.

Os dados de produto agropecuário, produto exportador e preços do diesel ao consumidor são os mesmos utilizados para as análises do modo rodoviário. O investimento público no setor também foi coletado no Siga Brasil e compreende investimentos da VALEC e DNIT.

Os dados de frete ferroviário têm como fonte a ANTT. Os fretes utilizados correspondem ao frete médio mensal por malha, em R\$/TKU, somada à tarifa acessória mensal por malha em R\$/TKU de fretes com carregamentos de grãos sólidos agrícolas (não limitado à soja e

milho). Os dados de investimento privado também foram coletados na ANTT e constituem a soma dos investimentos de manutenção e ampliação de via e equipamentos para todas as malhas ferroviárias no mês. Tal agregação só foi feita por causa do investimento público não estar especificado por malha, o que constitui uma limitação empírica do estudo.

Ao final, construiu-se um painel balanceado com 343 observações, sete grupos de painel e 49 períodos temporais. Os grupos representam sete malhas ferroviárias. Outras malhas foram excluídas para que se pudesse construir um painel balanceado.

Ressalta-se que o modo ferroviário tem a especificidade dos contratos de longo prazo, que são majoritários no setor. Com isso, o valor do frete realizado em um mês é parcialmente explicado pelo valor do frete do mês anterior. Para capturar esse aspecto, foi utilizado o termo defasado da variável explicada. Apenas um *lag* de defasagem foi necessário, visto que maiores defasagens não se mostraram significantes estatisticamente.

Os dados desse modo diferem do rodoviário por não apresentarem interceptos específicos para cada malha, isto é, a variância do intercepto individual é zero ( $\alpha_i = 0$ ), mas o intercepto do modelo,  $\beta_0$ , é comum a todos os grupos do painel. Dado isso, o teste de Sargan-Hansen indica o estimador de Mínimos Quadrados Agrupados (MQA ou *pooled OLS*) ou o estimador de efeitos aleatórios, já que, nesse caso, ambos geram as mesmas estatísticas e são igualmente eficientes.

O modelo econométrico testado para as análises do modo ferroviário foi:

$$Y_t = \beta_0 + \theta Y_{t-1} + \beta X_t + u_t \quad (6)$$

O estimador de MQA ignora a estrutura de painel da amostra e computa as estatísticas como um Mínimo Quadrado Ordinário (MQO), assumindo, portanto, as hipóteses do modelo clássico de regressão, como erros homocedásticos identicamente e independentemente distribuídos em torno de uma distribuição normal com média zero e ausência de correlação serial ou contemporânea (Johnston e Dinardo, 1997). Ainda, a variável explicada não apresentou raiz unitária, o que garante  $|\theta| < 1$  e estacionariedade da série.

A variável explicada (*Frete Ferroviário*) é o frete unitário do transporte em R\$/TKU adicionada de tarifas acessórias, nas situações em que essas tarifas foram verificadas. Foi adicionada a variável defasada (*Frete Ferroviário Defasado*) como variável explicativa. Tendo em vista que a principal função dessa variável é relacionar a fixação de preços pelos contratos *take-or-pay* aos fretes, é esperado que seu sinal fosse positivo.

As variáveis de interesse, investimento público e privado, foram adicionadas ao modelo em valores logaritmos e com defasagens de um período (*Investimento Pub. Defasado*, *Investimento Priv. Defasado*). As defasagens de investimento são usadas pela complexidade de obras ferroviárias, que demoram mais tempo para serem produzidas do que trechos rodoviários. Portanto, o autor não viu razões para colocar a variável de investimento em tempo presente. A conclusão é suportada pelo fato de apenas o primeiro *lag* ser estatisticamente significativo. O sinal esperado é negativo. As variáveis de demanda adicionadas foram os logaritmos do PIB da agropecuária e de exportações (*PIB agropecuária*, *PIB exportações*). Espera-se que essas variáveis apresentem sinais positivos.



De modo a representar os custos, foi utilizado o valor do Diesel S10, visto que a maioria das locomotivas brasileiras o utiliza como único ou principal combustível. Espera-se, portanto, valor positivo dessa variável. Por fim, não foi adicionada a variável de cotações de soja e milho, pois, como explanado anteriormente, os dados do transporte ferroviário utilizados fazem referência a várias *commodities*.

**Tabela 2:** Descrição de dados para análise do modo ferroviário.

Variável	Observações	Média	Unidade	Desvio Padrão
<i>Frete Ferroviário</i>	343	0,0936	R\$/TKU	0,0359
<i>Frete Ferroviário defasada</i>	336	0,0929	R\$/TKU	0,0349
<i>Investimentos Pub. defasados</i>	336	346	R\$ (milhões)	$3,87 \cdot 10^8$
<i>Investimentos Priv. defasados</i>	336	511	R\$ (milhões)	$2,12 \cdot 10^8$
<i>PIB Exportação PIB</i>	343	281,8578	Número índice	14,6643
<i>Agropecuária Diesel S10</i>	343	198,5611	Número índice	6,4900
	343	2,9018	R\$/Litro	0,5774

Assim como no modo rodoviário, foram estruturadas rotinas para aferir possibilidade de inconsistências nos dados. A hipótese de heterocedasticidade é suportada pelo teste de Wald. A hipótese de correlação *cross-section* dos erros é estatisticamente significativa de acordo com o teste do multiplicador lagrangeano de Breusch-Pagan (1980). Por fim, o teste de autocorrelação AR(1) de Wooldridge (2010) apresentou indícios de autocorrelação serial dos erros.

Foi utilizado o estimador de MQA com erros padrões de Driscoll-Kraay para corrigir os problemas listados anteriormente. Preferiu-se o MQA pelo fato dos erros padrões de Driscoll-Kraay comportarem esse estimador e não comportarem o estimador de efeitos aleatórios.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Modo rodoviário

A estatística F, que mede a significância conjunta dos dados, atingiu 15,13 e suportou que o modelo é significativo a 95% de confiança. As variáveis de investimento público, diesel e de tendência se mostraram significantes a 95% de confiança e a variável de demanda para exportação se mostrou significativa a 90% de confiança. Todas as variáveis citadas anteriormente apresentaram sinais conforme esperado. As variáveis de demanda agropecuária e cotações de soja e milho não se mostraram significantes nem a 90% e apenas a variável da cotação de soja mostrou sinal diferente daquele esperado.

O *output* da regressão é mostrado na tabela abaixo.

**Tabela 3:** Resultados para o transporte rodoviário.

Frete Rodoviário	Coefficiente	Erro Padrão
<i>Tendência</i>	-0,0039***	0,0010
<i>Investimento Pub.</i>	-0,0059**	0,0028
<i>Cotação Soja</i>	-0,0004	0,0004
<i>Cotação Milho</i>	0,0008	0,0006
<i>PIB agropecuária</i>	0,0518	0,1153
<i>PIB exportações</i>	0,0924*	0,0496
<i>Diesel S10</i>	0,1080***	0,0274
Constante	1,7890	1,1773

Número de observações utilizadas: 1248

Estatística F (7,13) = 15,54 (p-valor: 0,00)

R<sup>2</sup> = 0,1631

Significância: (\*) p-valor < 10%; (\*\*) p-valor < 5%; (\*\*\*) p-valor < 1%.

Os resultados corroboram com a hipótese de que maiores investimentos em infraestrutura do setor rodoviário reduzem o frete cobrado – mais especificamente, a cada 1% a mais de investimento, ocorre uma redução de R\$ 0,006 /TKU ou R\$ 6 /1000\*TKU, *ceteris paribus*. Tal valor, comparado ao valor médio do frete rodoviário no período analisado (Tabela 1), equivaleria a aproximadamente 4,11% do valor do frete original. Percebe-se ainda que o preço do diesel possui o maior impacto sobre o valor do frete, como é esperado, e que o modo tem uma tendência significativa de queda do valor do frete, em conformidade com os motivos elencados na seção 4.1.

Nota-se que o produto da agropecuária, uma das variáveis de demanda utilizadas, não apresentou resultado estatisticamente significativo nem a 90% de significância, ao contrário do produto das exportações. É possível que tal resultado ocorra por conta de as rotas terem como origem o Mato Grosso, o maior estado exportador de soja e milho do país.

## 5.2. Modo Ferroviário

O resultado da regressão é mostrado a seguir:

**Tabela 4:** Resultados para o transporte ferroviário.

Frete Ferroviário	Coefficiente	Erro Padrão
<i>Tendência</i>	-0,0002	0,0002
<i>Frete defasado</i>	0,9503***	0,0245
<i>Investimento Pub. defasado</i>	-0,0009	0,0008
<i>Investimento Priv. defasado</i>	-0,0040**	0,0019
<i>PIB agropecuária</i>	0,0650	0,0281
<i>PIB exportações</i>	0,0331*	0,0180
<i>Diesel S10</i>	0,0069	0,0051
Constante	-0,3429	0,2449

Número de observações utilizadas: 336

Estatística F (7,47) = 483,49 (p-valor: 0,00)

R<sup>2</sup> = 0,8815

Significância: (\*) p-valor < 10%; (\*\*) p-valor < 5%; (\*\*\*) p-valor < 1%.

As variáveis estatisticamente significantes a 95% de confiança foram a defasagem do frete e a defasagem do logaritmo do investimento privado, todas as variáveis com sinais esperados. As variáveis que não se mostraram estatisticamente significantes nem a 90% de confiança foram a tendência, PIB agropecuária, valor do diesel, a constante e a defasagem do logaritmo do investimento público, por mais que seu sinal seja negativo.

Uma possível causa para o efeito não significativo dos investimentos públicos nos fretes ferroviários é o menor valor absoluto de investimentos feitos pelos entes públicos e o fato de que investimentos federais em ferrovias são feitos geralmente em trechos não-operacionais, isto é, em trechos que não impactam na formação do frete. Ao contrário do modo rodoviário, em que o Estado é responsável pela conservação da maior parte da malha viária e que, portanto, o investimento público é muito mais presente, toda a malha ferroviária brasileira é concedida e recebe tanto investimentos privados quanto públicos.

A análise estatística da regressão suporta a hipótese de que investimentos privados reduzem o valor do frete ferroviário. No caso, a cada aumento de 1% nos investimentos privados, há uma redução de R\$ 0,0040/TKU ou R\$ 4,00/ 1000\*TKU, *ceteris paribus*. Ao se comparar a magnitude do efeito à média do frete ferroviário no período (Tabela 2), o valor corresponde a 4,27% do frete ferroviário.

## 6. CONCLUSÃO

Foram utilizados recursos estatísticos e econométricos para avaliar como a melhora da infraestrutura rodoviária e ferroviária impacta na redução de custos e, como consequência, em menores valores de fretes. Para isso, utilizou-se dados de investimento em cada setor e o valor dos fretes, de modo a formar um painel com dados mensais de janeiro de 2013 a dezembro de 2016 (rodoviário) ou janeiro de 2017 (ferroviário).

Em relação à literatura consultada, o trabalho se distingue ao utilizar variáveis de controle novas, como Produto Interno Bruto (exportação e agropecuária) para os transportes ferroviário e rodoviário, e variáveis de controle de fatores de mercado para cada modo. Contudo, são limitações do trabalho: a análise para apenas um tipo de produto transportado (granéis agrícolas), o período de análise restrito e o uso apenas de rotas rodoviárias partindo do estado do Mato Grosso.

Os resultados apresentados pelas regressões indicam que os investimentos públicos em rodovias e o investimento privado em ferrovia diminuem os custos operacionais e, por consequência, o valor dos fretes realizados em uma magnitude de 4,11% a 4,27% do frete original. Ou seja, quanto maiores são os investimentos, menores são os fretes cobrados pelos ofertantes de transporte rodoviário e ferroviário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APROSOJA (2018) *Fretes Interestaduais da Soja*. 2017. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/historico-cotacao/fretes-interestaduais-da-soja>>. Acesso em: 06 jul. 2018.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE DE CARGAS (NTC) (2001) *Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas*. São Paulo, 56 p.
- Ballou, R. H (2001) *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- Bertussi, G. L.; Ellery, R. (2012) Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no Brasil. *Journal of Transport Literature*, vol. 6 n° 4, pp. 101-132, out. 2012.
- Bozoky, M. J. *et al.* (2014) Análise do modo ferroviário no transporte de soja do centro-oeste aos portos. *Inovae*

- *Journal Of Engineering And Technology Innovation*. São Paulo, p. 50-6
- BRADESCO. (2017) *Transporte Ferroviário*. DEPEP-BRADESCO. Disponível em: [https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_transporte\\_ferrovuario.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_transporte_ferrovuario.pdf). Acesso em: 06 set. 2017.
- Breusch, T. S.; Pagan, A. R. (1980) The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*. p. 239-253.
- Caixeta-Filho, J. V. *Sobre a competitividade do transporte no agribusiness brasileiro*. p. 1-11. 1998. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/281208676\\_Sobre\\_a\\_Competitividade\\_do\\_Transporte\\_no\\_Agribusiness\\_Brasileiro](https://www.researchgate.net/publication/281208676_Sobre_a_Competitividade_do_Transporte_no_Agribusiness_Brasileiro) >. Acesso em: 05 set. 2017.
- Castro, N. (2002) *Formação de preços no transporte de carga*. Disponível em: <http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/viewFile/89/64>. Acesso em: 30 mai. 2017.
- CNT. (2017) *Boletim estatístico*. Brasília: Confederação Nacional dos Transportes (CNT). Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Boletim/boletim-estatistico-cnt>. Acesso em: 05 set. 2017
- CNT. (2015) *Pesquisa CNT de Ferrovias*. Brasília: Confederação Nacional dos Transportes (CNT). 239 p.
- CNT. (2016) *Pesquisa CNT de rodovias 2016*. Confederação Nacional dos Transportes (CNT), Brasília. Disponível em: <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/>. Acesso em: 05 set. 2017.
- Correa Júnior, G.; Rezende, M. L.; Martins, R. S.; Caixeta-Filho, J. V. (2001) Fatores determinantes do valor do frete e o caso das centrais de cargas. In: CAIXETA-FILHO, J. V.; MARTINS, R. S. *Gestão logística do transporte de cargas*. São Paulo: Atlas.
- Driscoll, J. C.; Kraay, A. C. (1998) Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Panel Data. *The Review of Economics And Statistics*. p. 549-560.
- Eller, R. A. G.; Sousa Junior, W. C.; Curi, M. L. C. (2011) Custos do transporte de carga no Brasil: rodoviário versus ferroviário. *Revista de Literatura dos Transportes*. p. 50-64.
- EPL. (2016) *Transporte inter-regional de carga no Brasil*. Brasília: Empresa de Planejamento e Logística. Disponível em: <http://www.epl.gov.br/transporte-inter-regional-de-carga-no-brasil-panorama-2015>. Acesso em 16 de maio de 2017.
- Ferreira, P. C. G.; Malliagos, T. G. (1997) O impacto da infraestrutura sobre o crescimento da produtividade do setor privado e do produto brasileiro. *Ensaio Econômico*, nº 315.
- Greene, W. (2002) *Econometric Analysis*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- Hijjar, M. F. (2007) *Preços de Frete Rodoviário no Brasil*. Rio de Janeiro: Cel/Coppead.
- Hoechle, D. (2007) Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. *The Stata Journal*. P. 281-312.
- Hsiao, C. *Analysis of Panel Data*. Cambridge University Press, 1986.
- Johnston, J.; Dinardo, J. (1997) *Econometric Methods*. 4. ed., McGraw-Hill.
- Kotler, P. (2000) *Administração de marketing: a edição do novo milênio*. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall.
- Martins, R. S., (2008) Study of freight rate determination and potential negotiation conflicts in supply chains in the Brazilian agribusiness. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, Lavras, v. 10, n. 1, p. 73-87.
- Nascimento, S.; Gallon, A. V.; Beuren, I. M. (2009) Formação de Preços em Empresa de Transporte Rodoviário de Cargas. *Pensar Contábil*. Rio de Janeiro, p. 20-28.
- Newey, W.; West, K. (1994) Automatic Lag Selection in Covariance Matrix Estimation. *Review of Economic Studies*. p. 631-653.
- Oliveira, A. M. K.; Caixeta-Filho, J. V. (2007) Potencial da logística ferroviária para exportação de açúcar em São Paulo: recomendações de localização para armazéns intermodais. *RER*. Rio de Janeiro, p. 823-853.
- Pesaran, M. H. (2004) General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *University of Cambridge*. <https://doi.org/10.17863/CAM.5113>
- Soares, M. G.; Caixeta-Filho, J. V. (1997) Caracterização do mercado de fretes rodoviários para produtos agrícolas. *Gestão & Produção*; p. 186-204.
- VALEC (2012) *Elaboração de estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA) para implantação de trechos ferroviários da EF-151*. Recife. (VOLUME 2 – MEMÓRIA JUSTIFICATIVA). Disponível em: <http://www.valec.gov.br/download/GEPROG/EVTEA/2011-2012/EVTEA-Itumbiara-Goiania/Segmento2/Vol2-EstudosTecnicos/Volume2-Segmento2-OrcamentoDetalhado.pdf>. Acesso em: 05 set. 2017.
- Wanke, P.; Fleury, P. F. (2006) Transporte de cargas no Brasil: estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos. In: DE NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. (Org.). *Estrutura e Dinâmica do Setor de Serviços no Brasil*. Brasília: IPEA, p. 409-464.
- Wooldridge, J. M. (2010) *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge: Mit Press.
-