

FORMAÇÃO DE PREÇOS NO TRANSPORTE DE CARGA*

Newton de Castro

Professor da Faculdade de Administração e Ciências Contábeis da UFRJ e pesquisador do Nemesis

Este artigo visa analisar os preços praticados em serviços de transporte de carga, no Brasil. A análise é efetuada por segmento representativo — tipo de carga, distância de transporte e modalidade — e abrange uma discussão da estrutura tarifária das empresas do subsetor rodoviário, por segmento relevante, tais como carga fracionada e carga inteira, e a estimação de funções de frete para três modais representativos, de forma a permitir a análise das relações entre o frete e as características operacionais dos serviços. Os resultados obtidos confirmam as referências teóricas de que os valores de frete tendem a apresentar uma ampla margem de variação, mesmo quando a competição força as tarifas a se alinhar com os custos marginais de longo prazo. Sendo o rodoviário o modal dominante em praticamente todo o território nacional, os demais modais ocupam nichos específicos, tarifando de acordo com as possibilidades permitidas pela demanda e pela concorrência intermodal. No tocante aos atributos operacionais, como distância e preço do óleo diesel, constataram-se não-linearidades e efeitos cruzados significativos, o que enfatiza as implicações para a política dos preços públicos de óleo diesel e de pedágios.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento dos determinantes da formação de preços e tarifas de transporte é essencial para uma compreensão maior do funcionamento e do grau de eficiência do sistema de transportes, bem como para a formulação e implementação de políticas públicas que visem incentivar uma operação de transporte mais próxima do socialmente desejável. Apesar do interesse público e privado nessa questão, há relativamente poucos estudos empíricos no que diz respeito ao caso brasileiro.

Essa escassez de estudos se explica, em parte, não só pela natureza proprietária dos dados de fretes praticados por transportadoras em mercados desregulamentados, como também pela inobservância das tarifas publicadas nos mercados regulamentados, pela prática de descontos, rebatimentos ou contratos diferenciados. No caso brasileiro, o predomínio do modal rodoviário, que quase sempre praticou tarifas livres de qualquer interferência pública, deve ter contribuído para inibir tais estudos.¹ Por outro lado, o interesse em examinar a estrutura dos fretes sem dúvida aumentou, recentemente, por causa da desregulamentação e da privatização de empresas de transporte de carga em vários países do mundo, criando incentivos e abrindo a possibilidade de disputas de mercados e reestruturação de serviços em benefício de embarcadores e empresas. No caso brasileiro, essas

* O autor agradece a um parecerista anônimo os valiosos comentários, que contribuíram para o aperfeiçoamento do texto. Os eventuais erros e omissões são, contudo, de responsabilidade do autor.

1. Há exemplos de interferência governamental em mercados de transporte rodoviários de carga no caso de derivados de petróleo, até a recente desregulamentação; no caso de aços planos, até 1990; e outros.

possibilidades se ampliam, passada a fase de reorganização das concessionárias ferroviárias, a partir da disputa dessas por novos serviços fora dos seus nichos usuais, bem como pela expansão da cabotagem, ensejada pela redução dos custos de movimentação portuária. Com efeito, a saúde financeira dos transportadores e as decisões de localização e produção empresarial dependem fortemente do melhor conhecimento da real possibilidade de competição entre esses modais.

A partir dessas motivações, este artigo visa analisar os preços praticados em serviços de transporte de carga, no Brasil. Essa análise é efetuada por segmento representativo: tipo de carga, distância de transporte e modalidade. O estudo abrange também uma discussão da estrutura tarifária das empresas do subsetor rodoviário, por segmento relevante, como carga fracionada e carga inteira, e a estimação de funções de frete para os três modais representativos no transporte interno brasileiro, possibilitando a análise das relações entre esses indicadores e as características operacionais dos serviços.

O artigo está dividido em seis seções, incluindo esta introdução. A Seção 2 apresenta uma síntese da teoria microeconômica básica de formação de preços no transporte de carga. A Seção 3 discute alguns modelos selecionados que foram empregados na análise de preços dos serviços de transporte de carga, e seus resultados mais relevantes. As Seções 4 e 5 descrevem os resultados para as bases de dados disponíveis no Brasil de preços do transporte para os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário interior. A Seção 6 apresenta a conclusão do trabalho.

2 A FORMAÇÃO DE PREÇOS NO TRANSPORTE DE CARGA

A análise da formação de preços no transporte de carga passa necessariamente pelo reconhecimento explícito de que a natureza da demanda por esses serviços é de segunda ordem ou derivada, isto é, surge do desejo de empresas e consumidores transacionarem produtos, na cadeia de produção-comercialização. Dessa forma, o estudo de fretes praticados no transporte de carga deve considerar, obrigatoriamente, a estrutura dos mercados de oferta e demanda do produto do qual deriva a demanda por transporte em questão. Outro fator a se considerar é a estrutura de mercado do próprio negócio de transporte e sua respectiva estrutura de custos. A estrutura de mercado da oferta de transporte irá permitir maior ou menor discriminação de preços por serviços ou segmentos do mercado, enquanto a estrutura de custos está relacionada com atributos do serviço, tais como distância, tamanho do lote, valor, densidade, requisitos de manuseio etc.

Seguindo Samuelson (1977), pode-se derivar um modelo teórico simples de determinação de frete para o caso de serviços prestados entre uma origem e um destino, por um transportador monopolista. Inicialmente, admite-se que, em cada localidade, haja muitos ofertadores e demandadores da mercadoria a ser transportada, caracterizados por uma função de oferta agregada $S(p)$ e demanda

agregada $D(p+t+l(q))$, respectivamente, onde p é o preço da mercadoria, t a tarifa de transporte, $l(q)$ o custo logístico adicional do usuário, vinculado ao transporte de uma unidade da mercadoria (igual para todos os consumidores), e $C(\cdot)$ o custo de produção do transportador. Supondo um comportamento maximizador de lucros por parte do monopolista de transporte, dado pela função

$$\pi = t \cdot D(p + t + l(q)) - C(D(p + t + l(q))) \quad (1)$$

pode-se mostrar que a tarifa de transporte será [ver Samuelson (1997)]:

$$t = dC/dD + p(1/e_D + 1/e_S) \quad (2)$$

ou seja, o transportador estabelece sua tarifa como sendo igual ao custo marginal de transporte mais o preço da mercadoria vezes a soma dos inversos das elasticidades da oferta (e_S) e da demanda (e_D), definidas como sendo ambas positivas.

A equação (2) mostra que quanto maior for o preço da mercadoria, maior será a tarifa; no mesmo sentido, quanto menor a elasticidade da demanda ou da oferta (isto é, quanto menos sensível forem essas duas curvas a variações de preço), maior a tarifa de transporte. Procedendo dessa forma, o transportador monopolista extrai um ganho extraordinário tanto dos ofertadores como dos demandadores, levando em conta as sensibilidades de ambos a variações nos preços na origem e no destino, respectivamente, dados pelo custo de transporte.

Duas situações alternativas derivam imediatamente da situação básica já descrita. A primeira considera muitas localidades de demanda, ao invés de uma única. Nesse caso, o transportador monopolista, servindo a um único ponto de demanda, não tem como afetar o preço da mercadoria no destino, percebendo para si uma elasticidade da oferta igual a infinito ($e_S = +\infty$). A tarifa de transporte, por sua vez, seria dada por:

$$t = dC/dD + p(1/e_D) \quad (3)$$

O segundo caso é análogo ao primeiro, com muitos pontos de oferta, cada um servido por um único transportador, que perceberia para si uma elasticidade da demanda igual a infinito ($e_D = +\infty$). A tarifa de transporte, por sua vez, seria dada por:

$$t = dC/dD + p(1/e_S) \quad (4)$$

Finalmente, teríamos o caso polar de competição perfeita na oferta de transporte, em que as tarifas seriam simplesmente determinadas pelo custo marginal de produção dos serviços.

Vários modelos intermediários e mais complexos, entre esses casos, podem ser elaborados, levando em consideração estruturas de mercado intermediárias entre o monopólio e a competição perfeita [ver Castro (1984)]. Não obstante, as conclusões sobre a formação dos preços de transporte seguem as seguintes regras [Samuelson (1977)]:

a) as tarifas de transporte tendem a aumentar com o valor unitário da mercadoria transportada;

b) as mercadorias que apresentam uma elasticidade maior de oferta ou de demanda tendem a pagar menores tarifas de transporte;

c) as estruturas de mercado da oferta e da demanda do bem transportado têm efeito sobre as tarifas de transporte pagas pelo bem; e

d) as tarifas de transporte, quanto mais próximas de uma estrutura de mercado de concorrência perfeita, mais se aproximarão dos custos marginais de produção.

A teoria exposta pressupõe um serviço de transporte único ou não-diferenciado e deve, portanto, ser agora reconciliada com a natureza multiproduto ou multiatributo dos serviços de transporte. Essa reconciliação permite, inclusive, reinterpretar teórica e empiricamente as diferenças de fretes observadas nos mercados, no sentido de representarem diferentes tipos de serviço, nas várias dimensões que caracterizam o produto de transporte. Nessa abordagem, as empresas de transporte deixam de atuar somente como estabelecedoras de preços em vez de nível de produção, passando a influir em atributos que, em última instância, definem as características do serviço e o nível de produção para uma dada capacidade produtiva.

A base teórica para essa reconciliação introduz a incerteza no modelo de produção de serviços, fazendo com que tanto o preço como a qualidade passem a ser variáveis de decisão da empresa de transporte [ver De Vany e Saving (1977), Castro (1984) e Beilock, Garrod e Milklius (1986)]. A qualidade de serviço, por sua vez, é determinada pela capacidade produtiva alocada à produção. Nesse contexto, um mercado competitivo de serviços de transporte pode apresentar as seguintes características:

a) os usuários pagam tarifas maiores para serviços de melhor qualidade, expressos por menor tempo de entrega, menor variabilidade do tempo de entrega, ou menor possibilidade de dano;

b) os usuários pagam tarifas maiores para serviços de transporte de mercadorias cujas características implicam maiores riscos de perdas e danos (por exemplo, bens perecíveis);

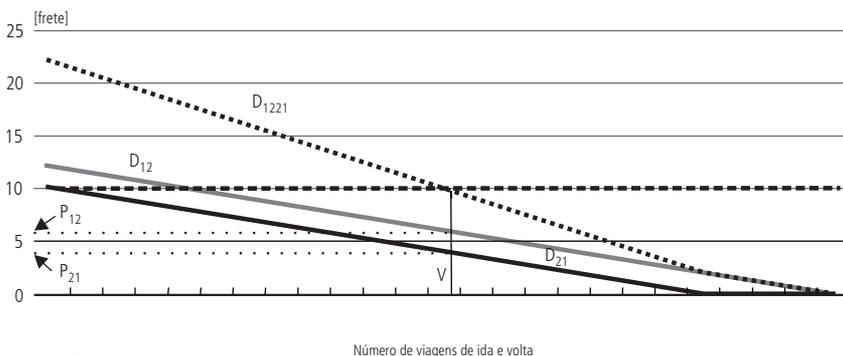
c) os usuários pagam tarifas maiores em rotas e/ou destinos com maiores riscos de atrasos e ocorrências imprevistas; e

d) os usuários pagam tarifas maiores em rotas e/ou destinos com menores probabilidades de o transportador encontrar frete de retorno ou equivalente.

Esse último quesito nos leva também a considerar a possibilidade de diferenciação de tarifas, mesmo em um ambiente determinístico, a partir da introdução de produtos conjuntos no modelo teórico. Nesse caso, cada viagem gera, necessariamente, dois serviços de transporte: um em cada sentido. Supondo uma demanda específica para cada serviço, D_{12} e D_{21} , tem-se a demanda combinada pela viagem completa dada pela soma dos dois, igual a D_{1221} [ver Boyer (1997)]. Para um custo de transporte de cada viagem completa, C , ou seja, uma função de oferta de serviços horizontal (igual a 10, no Gráfico 1), tem-se como solução um volume V de viagens e dois preços, P_{12} e P_{21} , de equilíbrio [Boyer (1997, p. 254)]. Note-se que, nesse caso, o transportador cobre exatamente os custos totais da viagem de ida e volta.

Extrapolando essa situação para uma malha mais complexa, pode-se imaginar uma situação, mesmo determinística, em que se observam múltiplos preços de equilíbrio entre pares de origem e destino.

GRÁFICO 1
DETERMINAÇÃO DE FRETES NO CASO DE SERVIÇOS CONJUNTOS DE TRANSPORTE



3 EXEMPLOS DE MODELOS SELECIONADOS DE FRETES

É interessante voltar um pouco no passado e caracterizar o tipo de estudo sobre tarifas que predominava até a fase de desregulamentação dos mercados de transporte, ocorrida a partir de meados da década de 1970. Com efeito, pode-se afirmar que a estrutura de oferta de serviços mais concentrada, em função da predominância ferroviária nos mercados de transporte terrestre, entre meados dos séculos XIX e XX, fez com que o foco dos estudos tarifários incidisse, em grande medida, sobre a prática de discriminação de preços dos transportadores. Assim, no contexto da teoria apresentada na seção anterior, as questões analisadas se concentravam em identificar e testar as diferenças entre os custos de produção e as tarifas, ou seja, no componente $p(1/e_D + 1/e_S)$ da equação (2), explicitada na seção anterior. Essa característica pode ser observada, por exemplo, no clássico da economia de transporte, de Meyer *et alii* (1959), no seu Capítulo VII, sobre tarifas de transporte e características da demanda.

A mudança do eixo da análise foi essencialmente motivada pelo aumento da competição na oferta de serviços de transporte, propiciada pela expansão dos modos rodoviário e dutoviário, particularmente nos Estados Unidos, conforme mostra a Tabela 1.

Nesse novo contexto, as variações entre as tarifas passaram a ser vistas e analisadas também do ponto de vista de variações nos níveis de serviço, uma vez

TABELA 1
PARTICIPAÇÕES MODAIS NO TRANSPORTE DE CARGA NOS ESTADOS UNIDOS^a

Ano	Ferrovia	Rodovia	Grandes lagos	Rios e canais	Oleodutos	Aéreo
1929	74,9	3,3	16,0	1,4	4,4	0,0
1939	62,4	9,7	14,0	3,7	10,2	0,0
1944	68,6	5,4	10,9	2,9	12,2	0,0
1950	56,2	16,3	10,5	4,9	12,1	0,0
1960	44,1	21,7	7,7	9,2	17,3	0,0
1970	39,8	21,3	5,9	10,5	22,3	0,2
1975	37,3	21,7	4,9	11,9	24,0	0,2
1980	37,5	22,3	3,9	12,5	23,6	0,2
1987	36,8	25,1	2,8	12,8	22,2	0,3
1988	37,0	25,2	2,8	12,7	21,9	0,4

Fonte: Winston *et alii* (1990).

^a Participações no mercado não-urbano, medidas em tku.

que tais variações são mais facilmente produzidas e ofertadas no caso do modal rodoviário. Winston *et alii* (1990), por exemplo, avaliam o impacto da desregulamentação dos setores de transporte rodoviário e ferroviário, nos Estados Unidos, através da comparação dos fretes praticados em 1977 e 1985. Nesse último ano, já dispondo de um mercado praticamente livre, os autores estimam equações lineares de frete para os dois modais. No caso rodoviário, o procedimento foi estimar equações reduzidas do frete médio cobrado por empresas (receita dividida por volume transportado, em tonelada) determinadas pelos preços dos insumos (preço do combustível, salário médio e despesas com prêmios de seguro por tonelada) e pelas características do serviço (distância média de transporte, tamanho médio do carregamento dos veículos, tamanho médio dos lotes dos embarcadores e percentual das receitas derivado das operações de carga fracionada; essas duas últimas variáveis apenas para as empresas que operam com carga fracionada). Winston *et alii* destacam ainda a tentativa de incluir o preço de capital na especificação, mas com resultados pouco significativos estatisticamente e de pequena magnitude.

A divisão em dois segmentos, para cargas inteiras e fracionadas, é recomendável pelas diferenças nas operações dos dois tipos de empresa, particularmente em relação às operações de coleta, triagem, consolidação e desconsolidação em terminais, típicas das empresas de carga fracionada. Estas, por sua vez, transportam tanto cargas fracionadas como inteiras.

Nos resultados apresentados na Tabela 2, os parâmetros têm os sinais esperados e magnitudes plausíveis. Muito embora os coeficientes da variável preço do combustível, para as duas equações, tenham magnitudes bem diferentes, as respectivas elasticidades são similares (0,11 para tarifas de carga inteira e 0,20 para carga fracionada). No caso de salários, essas elasticidades são 0,25 e 0,53, refletindo, em parte, a maior parcela do custo de mão-de-obra nas empresas de carga fracionada. Os resultados mostram ainda as tarifas aumentando, mas bem menos do que proporcionalmente em relação à distância média de transporte, e diminuindo com o tamanho médio do carregamento dos veículos, como também com o tamanho médio dos lotes.

No caso ferroviário, Winston *et alii* reconhecem que a desregulamentação teve um impacto significativo na forma de tarifação das ferrovias; e isso ocorreu em quase todos os segmentos do mercado ferroviário dos Estados Unidos, com exceção do transporte de carvão e grãos, que continuaram sob supervisão regulatória. A especificação da função de frete, nesse caso, incorpora dimensões da qualidade de serviço, tais como tempo de trânsito, desvio-padrão do tempo de trânsito e coeficiente de variação do tempo de trânsito.² Os resultados numéricos,

2. Coeficiente de variação definido como o desvio-padrão dividido pela média do tempo de trânsito.

TABELA 2
REGRESSÕES DE FRETE PARA CARGA INTEIRA E CARGA FRACIONADA

Variável	Inteira	Fracionada
Intercepto	17,5222 (5,5366)	-28,8057 (10,1245)
Preço do combustível	1,0439 (2,9023)	7,5965 (4,8127)
Salário médio	0,2459 (0,1267)	1,6142 (0,2093)
Despesa com seguros por tonelada	16,1945 (0,5566)	18,6840 (0,7713)
Distância média de transporte	0,0300 (0,0024)	0,0539 (0,0071)
Carregamento médio dos veículos	-1,2345 (0,1387)	-0,9980 (0,4092)
Tamanho médio dos lotes		-1,0675 (0,3283)
Receitas em carga fracionada (%)		0,2530 (0,0694)
R^2	0,75	0,83
Número de observações	737	350

Fonte: Winston *et alii* (1990).

Obs.: Os desvios-padrão estão entre parênteses.

no entanto, não foram revelados pelos autores, em virtude de restrições de confidencialidade dos dados.

No caso de estudos do mercado de fretes brasileiros, destacam-se as contribuições recentes de Correa Jr. (2001) e Teixeira Filho (2001). O primeiro focaliza os fretes do transporte de soja em grão em diferentes regiões. O modelo geral usado é dado por uma especificação que incorpora as variáveis distância, qualidade da rodovia utilizada, número de praças de pedágio e uma variável binária (*dummy*) que indica maior possibilidade de se obter carga de retorno em certos destinos. O modelo adota uma forma funcional linear, estimada para cada estado produtor (GO, MT e PR), para os períodos de safra e entressafra, e para os anos de 1998, 1999 e 2000.³ Os resultados reportados revelam um alto poder de expli-

3. Os dados de frete foram extraídos do Sistema de Informações de Fretes para Cargas Agrícolas (Sifreca), desenvolvido pela Esalq/USP.

cação do modelo, determinado essencialmente pelos termos constante e distância. Os parâmetros para as outras variáveis não são estáveis entre os casos relatados, em parte pela multicolinearidade entre as variáveis qualidade da rodovia e número de praças de pedágio. A seguir transcrevemos os resultados encontrados para Mato Grosso, em 1999, no período de safra, para o que há 272 observações disponíveis.

$$\begin{aligned} \text{Frete (R\$/t)} = & 13,662 + 0,036.\text{Distância} + -0,258.\text{Qualidade da via} + \\ & (7,652) \quad (22,401) \quad \quad \quad (-0,197) \\ & + 1,596.\text{N}^\circ \text{ de praças pedágio} + 1,682.\text{Dummy carga de retorno} \\ & (2,751) \quad \quad \quad (0,548) \end{aligned}$$

$R^2 = 0,8763$; valores das estatísticas-t entre parênteses.

Já o estudo desenvolvido por Teixeira Filho (2001) estima funções de frete para os modais rodoviário (carga fracionada) e ferroviário, adotando a mesma especificação em que o frete de uma origem até seu destino é determinado pelo valor total do lote, o peso total do lote e a distância percorrida. A partir de uma amostra de mais de 1.400 observações de fretes praticados entre janeiro e novembro de 2000 por 14 empresas transportadoras rodoviárias, os resultados do modelo linear para carga fracionada foram:

$$\begin{aligned} \text{Frete (R\$ por lote)} = & 13,815 + 0,00563.\text{Valor} + 0,07217.\text{Peso} + 0,0135.\text{Distância} \\ & (21,08) \quad (16,92) \quad \quad \quad (8,90) \quad \quad \quad (17,86) \end{aligned}$$

$R^2 = 0,80$; valores das estatísticas-t entre parênteses.

No caso ferroviário, a mesma especificação do modelo foi usada, e a forma funcional log-log revelou-se mais aderente aos dados. No caso, os resultados do modelo foram:

$$\begin{aligned} \text{Frete (R\$ por lote)} = & -1,9686 + 0,1368.\text{Valor} + 0,8457.\text{Peso} + 0,6253.\text{Distância} \\ & (-24,73) \quad (26,61) \quad \quad \quad (118,62) \quad \quad \quad (67,71) \end{aligned}$$

$R^2 = 0,926$; valores das estatísticas-t entre parênteses.

Observe-se que os coeficientes relativos ao tamanho do lote somam 0,9825, revelando uma insensibilidade a economias de tamanho de lote. Cabe notar que os fluxos de minério de ferro foram excluídos da amostra utilizada, o que, provavelmente, reduziu a expressão numérica desses ganhos. No mesmo sentido, não há como discriminar, nos dados utilizados, o tamanho do lote do tamanho do carregamento, para lotes acima de um trem unitário típico. Por outro lado, a

magnitude da elasticidade do frete em relação à distância está de acordo com os valores reportados em estudos semelhantes.

4 UM MODELO BÁSICO DE FRETE PARA O TRANSPORTE DE CARGA

4.1 A base de dados

A principal referência de dados de fretes efetivamente praticados no mercado de transporte brasileiro é o Sifreca, desenvolvido pela Esalq/USP:⁴

“Por meio dessa iniciativa, empresas associadas ao ramo de transporte, processamento e *trading* fornecem periodicamente valores de frete, por rota e para uma série de produtos agrícolas. A informação básica que vem sendo gerada diz respeito aos valores médios de fretes rodoviários, ferroviários e hidroviários praticados, por carga, por rota e por período, discriminando a eventual inclusão de impostos e seguros” [Caixeta-Filho (2001, p. 19)].

O arquivo utilizado de dados do Sifreca contém observações de janeiro de 1997 a julho de 2001, totalizando 55.477 registros. A estrutura original dos dados é de relatório, tendo sido tratada e reestruturada para a forma de banco de dados, possibilitando os tratamentos necessários. Dessa maneira, os dados originais de unidade da federação e município, uma vez verificados, receberam o código correspondente do IBGE. Os dados de produto e embalagem foram também codificados, resultando num total de 376 combinações de produto e embalagem. Foram adicionados campos referentes a ano, mês e modo de transporte.⁵ Os dados originais de distância, em quilômetros, e frete por tonelada (ou outra medida utilizada) foram também verificados.⁶

4.2 Especificação do modelo e resultados

Tendo em vista a dominância dos termos constante e distância na determinação do frete nos modais ferroviário e rodoviário detectada nos estudos revisitados, a primeira investigação consistiu em estimar a especificação mais simples, qual seja, $\text{Frete}/t = \beta_1 + \beta_2$. Distância, para todos os modais, testando apenas a segmentação dos dados por ano. Os resultados são apresentados na Tabela 3 e correspondem às expectativas em termos de poder de explicação do modelo, sinal, magnitude e significância estatística dos coeficientes. Somente a distância explica cerca de 50% da variância dos fretes em relação à respectiva média modal, em que pese o gran-

4. Para maiores detalhes sobre o Sifreca, ver Caixeta-Filho (2001) ou <http://sifreca.esalq.usp.br>

5 A estruturação e o desenvolvimento do banco de dados foram realizados por Paulo Celso Pinheiro, da Dersa, Superintendência de Planejamento.

6. Além do Sifreca, registra-se a disponibilidade de dados de frete ferroviário praticados até 1999. Nesse caso, os fretes são discriminados por concessionária do sistema ferroviário, produto, origem e destino.

TABELA 3
RESULTADOS PARA MODELO FRETE *VERSUS* DISTÂNCIA

Item	Modo		
	Ferroviário	Hidroviário	Rodoviário
Intercepto	6,0201	9,2595	9,5056
Estatística-t	16,0	10,3	66,8
Distância	0,0154	0,0328	0,0366
Estatística-t	32,1	38,9	274,2
R^2	0,49	0,54	0,61
Número de observações	1.085	1.280	47.068
Distância média	695	827	799

de número de observações e situações de transporte. A altíssima significância estatística de ambos os parâmetros indica um modo típico de formação de preço no transporte de carga, na forma de uma parte fixa por tonelada e outra variável com a distância.

A magnitude dos parâmetros é compatível com as estimações dos autores revisitados na seção anterior, com exceção do caso hidroviário, que surpreende por sua proximidade do rodoviário, tanto na parcela fixa como na variável. Esses resultados, embora possam causar algum desconforto, são tanto possíveis como explicáveis. Com efeito, o mercado de transporte que o Sifreca abrange opera em regime de concorrência. Mesmo o modal ferroviário que, em tese, tem suas tarifas sujeitas à regulação, na prática funciona sem restrições, uma vez que as tarifas de referência foram estabelecidas pelo poder concedente, nos editais de concessão, bem acima dos níveis de mercado, e são ainda corrigidas monetariamente a cada ano. Assim, a tendência dos modais ferroviário e hidroviário é orientar-se pelo modal dominante — o rodoviário — cobrando o máximo que os clientes aceitam pagar, até o limite de sua capacidade de transporte. Esse, por exemplo, é o tipo de comportamento detectado para a tarifação ferroviária no período subsequente à desregulamentação, nos Estados Unidos, no transporte de grãos. Nesse caso, a inflexibilidade imposta pela regulamentação anterior fazia com que as tarifas ferroviárias permanecessem relativamente constantes, enquanto as tarifas rodoviárias oscilavam ao sabor do mercado. Após a desregulamentação, observou-se um aumento significativo da co-variância (positiva) entre as séries de tarifas praticadas pelos dois modais [ver Wilson, Wilson e Koo (1988)].

No caso brasileiro, o que os resultados indicam é que os valores máximos que os clientes aceitam pagar na ferrovia e na hidrovia são significativamente

diferentes. Essa diferença pode refletir situações de mercado, de propriedade da operação, ou particularidades locais, refletidas na amostra utilizada.

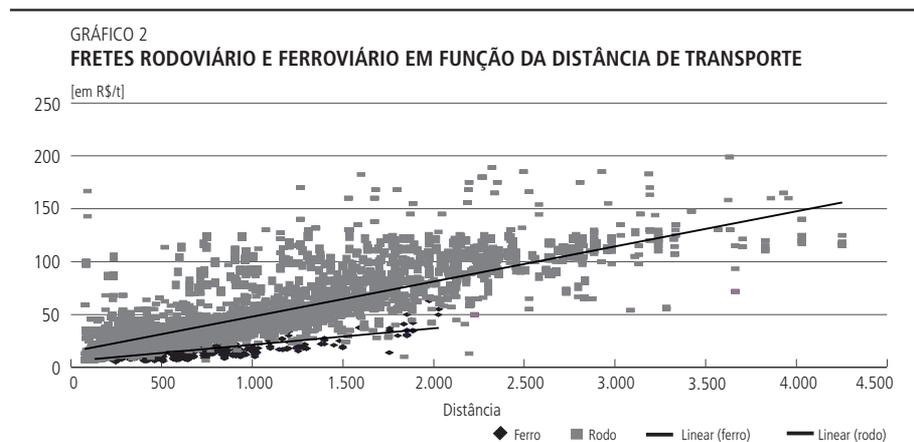
A magnitude dos parâmetros encontrados para o modal rodoviário também está alinhada com a “regra de bolso” dos caminhoneiros de cobrar o equivalente ao preço de um litro de óleo diesel por quilômetro percorrido, aplicando-se, eventualmente, um desconto para distâncias maiores, ou um acréscimo (ou até a duplicação da distância) para movimentos sem possibilidade de carga de retorno. Por exemplo, um caminhão semipesado com capacidade para 15 toneladas úteis, em uma viagem com a distância média da amostra (800 quilômetros), cobraria uma parte fixa de R\$ 143 e um adicional de R\$ 0,55 por quilômetro percorrido, totalizando R\$ $440 + 143 =$ R\$ 583 pela viagem. Note-se que o preço do óleo diesel no período compreendido pela amostra variou de R\$ 0,40 a R\$ 0,88 por litro, dependendo da região e do mês.

Nesse sentido, é interessante comparar os resultados para o modo rodoviário, segmentando-se os dados por períodos. Na Tabela 4, estão expostos os resultados para quatro períodos. Observe-se que há uma relativa semelhança na magnitude dos parâmetros para 1997 e 1998, e para 1999. Em 2000, nota-se uma duplicação da parte fixa do frete, que se reduz parcialmente em 2001. Nesse ano, entretanto, há um aumento substancial da parte variável com a distância, provavelmente motivada pelo aumento no preço do óleo diesel verificado em 2001. Ressalte-se também a redução do poder explicativo do modelo, ou da significância estatística do parâmetro da distância, gradativamente, desde 1997 e 1998 até 2001.

Um cotejo entre os fretes praticados pelos modais rodoviário e ferroviário pode ser extraído do Gráfico 2. Observe-se o aumento da diferença entre os fretes

TABELA 4
RESULTADOS PARA MODELO FRETE *VERSUS* DISTÂNCIA NO MODO RODOVIÁRIO POR PERÍODO

Item	1997 e 1998	1999	2000	2001
Intercepto	7,804	7,685	14,796	10,907
Estatística-t	51,3	35,0	61,7	18,7
Distância	0,03195	0,03692	0,03320	0,04588
Estatística-t	215,1	172,0	152,2	91,5
R^2	0,75	0,71	0,66	0,53
Número de observações	15.300	12.330	12.183	7.552
Distância média	765	764	845	851



desses modais com a distância, em função do menor coeficiente angular da equação ferroviária. Essa diferença — serve para medir, pelo menos em parte, a vantagem crescente do modal ferroviário, ante o rodoviário, com a distância de transporte. Ressalte-se, contudo, que o frete cobrado no *line-haul* é apenas um dos elementos do custo logístico das transferências; e o diferencial assinalado é o elemento que usualmente compensa os custos logísticos adicionais incorridos no modal ferroviário, ressaltando a importância da distância de transporte na competitividade desse sistema.

5 EXTENSÕES DO MODELO BÁSICO

A primeira extensão do modelo básico apresentado na seção anterior incorpora na especificação variáveis binárias (*dummies*), que indicam o tipo de embalagem ou acondicionamento do produto. Essa análise utilizou também a base de dados do Sifreca, porém, resultante de uma amostra diferente da anterior.⁷ Nesse caso, distinguiram-se, inicialmente, dez tipos de acondicionamento, cujas frequências relativas na amostra são apresentadas na Tabela 5. Note-se a predominância de granéis e sacarias, como seria esperado para o tipo de mercadoria agrícola que o Sifreca predominantemente abrange.

A hipótese subjacente ao uso de *dummies* para representar o impacto do acondicionamento é que esse efeito se dá preponderantemente sobre a parte fixa do frete, ou seja, uma vez acondicionadas as cargas, e o veículo em marcha, o tipo de embalagem pouco afeta o custo operacional e, conseqüentemente, a parte variável da tarifa. Reforça essa hipótese o fato de a limitação de capacidade dos veículos, nesse mercado, ser tipicamente em função do peso da mercadoria, em

7. Esse banco de dados foi elaborado pelas assistentes de pesquisa Fernanda Ricardo da Silva e Paula Yamamoto.

TABELA 5
TIPOS DE ACONDICIONAMENTO E FREQUÊNCIA NA AMOSTRA

Tipo	%
Sacas	25,3
Granel	57,2
Fardos	7,4
Ensacado	1,1
Contêineres	0,6
Embalagem cartão	0,1
Toretas	1,7
Enlatado	2,8
Tambores	0,5
Outros	3,2
Total	100

contraste com o volume, como ocorre mais freqüentemente no segmento de carga fracionada.

A estimação adotou granel como acondicionamento de referência, suprimindo a respectiva *dummy*. Assim, o modelo é estimado para o caso básico granel e os parâmetros das *dummies* dos demais acondicionamentos indicam o que seria pago a mais ou a menos para cada tipo, respectivamente. Os resultados expostos na Tabela 6 revelam um caso básico no limite inferior das estimações anteriores para as partes fixa e variável, o que se poderia esperar para granéis. A parte fixa do frete mais do que dobra para sacarias e contêineres, sendo ambas as *dummies* significativas estatisticamente. Para fardos e ensacados, os parâmetros não se diferenciam de 0 estatisticamente; já para os demais tipos de acondicionamento são positivos e altamente significativos. O aumento substancial do poder de explicação do modelo (R^2) estabelece a importância do tipo de acondicionamento na determinação do frete.⁸

A segunda extensão do modelo básico incorpora um termo quadrático em relação à distância, flexibilizando o comportamento da função de frete diante dessa dimensão. O termo quadrático permite determinar se há um efeito de declínio

8. Em relação à interpretação dos parâmetros das *dummies*, um parecerista anônimo ressalta, de forma pertinente, que há uma correlação entre o tipo de embalagem e o valor das mercadorias transportadas. Observa ainda que "o pallet pode ser usado com qualquer embalagem, aumentando a produtividade do veículo, com impacto no frete." Agradeço e subscrevo a observação.

TABELA 6
MODELO DE FRETE RODOVIÁRIO COM *DUMMIES* PARA TIPO DE ACONDICIONAMENTO

		Parâmetro	Estatística-t
Intercepto		5,624	26,0
DIST		0,030	172,0
DUM1	Sacas	6,790	24,3
DUM3	Fardos	0,552	0,8
DUM4	Ensacado	-1,561	-1,6
DUM5	Contêineres	6,392	20,2
DUM7	Toretas	11,926	3,4
DUM8	Enlatado	10,969	4,9
DUM9	Tambores	62,241	63,5
DUM10	Outros	41,740	50,8
R^2		0,89	
Número de observações		5.816	

(ou aumento) da parte variável com a distância.⁹ Com efeito, o resultado da estimação, detalhado na Tabela 7, confirma que há um leve declínio nessa dimensão, porém estatisticamente significativo. Nota-se também um pequeno aumento do parâmetro linear, enquanto os demais parâmetros das *dummies* permanecem estáveis. Por outro lado, não há aumento no poder de explicação do modelo.¹⁰

Focalizando o transporte ferroviário, utiliza-se, desta feita, uma nova base de dados desagregada de fretes para o ano de 1999. Esta, mais abrangente e detalhada que o Sifreca, nos permite testar a robustez dos resultados anteriores e a inclusão de mais variáveis explicativas. O primeiro teste é apresentado na Tabela 8 e consiste na aplicação do modelo básico da Seção 3 a uma nova amostra com 8.545 observações, tendo os resultados se mostrado muito robustos. O pequeno aumento observado nos parâmetros também se justifica pelos valores nominais maiores na segunda amostra. Já o coeficiente de determinação cai acentuadamente, tendo em vista a maior variância dos dados da nova amostra.

Um novo modelo, incorporando o volume transportado no mês da interseção das categorias produto, cliente, origem e destino, é estimado e apresentado

9. Esse tipo de procedimento de flexibilização da função de frete na dimensão distância, através da incorporação desse termo quadrático, é preferível a uma estratificação da amostra por faixa de distância, por permitir, simultaneamente, estimar e testar a não-linearidade da função nessa dimensão relevante.

10. Ressalte-se ainda que foram testadas outras formas funcionais, como, por exemplo, a "log-log", sem ganhos que as justificassem como alternativas.

TABELA 7
MODELO POLINOMIAL DE FRETE RODOVIÁRIO COM *DUMMIES* PARA TIPO DE ACONDICIONAMENTO

		Parâmetro	Estatística-t
Intercepto		4,6688	15,9
DIST		0,0323	62,7
DIST ²		-0,00000084	-4,8
DUM1	Sacas	6,9687	24,7
DUM3	Fardos	1,1002	1,6
DUM4	Enscado	-0,9651	-1,0
DUM5	Contêineres	6,259	19,8
DUM7	Toretas	12,0659	3,4
DUM8	Enlatado	11,0919	5,0
DUM9	Tambores	62,0021	63,3
DUM10	Outros	41,4218	50,4
R ²		0,89	
Número de observações		5.816	

TABELA 8
RESULTADOS PARA MODELO FRETE *VERSUS* DISTÂNCIA NO MODO FERROVIÁRIO — AMOSTRA 2

	Sifreca	Amostra 2 - 1999
Intercepto	6,0201	7,72414
Estatística-t	16,0	37,17
Distância	0,0154	0,01655
Estatística-t	32,1	69,36
R ²	0,4900	0,36
Número de Observações	1.085	8.545
Distância média	695	648

na Tabela 9. A hipótese é que, em face das significativas economias de densidade existentes na produção ferroviária, lotes mensais maiores seriam privilegiados com fretes menores. Os resultados confirmam essa hipótese: o coeficiente do volume transportado no mês é negativo e significativo, embora de magnitude muito pequena em módulo. Esse resultado é, até certo ponto, surpreendente ante as economias de densidade observadas no transporte ferroviário, o que levanta a possi-

TABELA 9
RESULTADOS PARA MODELO FRETE *VERSUS* DISTÂNCIA *VERSUS* VOLUME NO MODO FERROVIÁRIO — AMOSTRA 2

	Amostra 2 — 1999
Intercepto	7,8598
Estatística-t	37,58
Distância	0,01649
Estatística-t	69,13
Volume por mês	-1,9E-05
Estatística-t	5,13
R^2	0,36
Número de observações	8.545
Distância média (km)	648
Volume médio por mês (t)	5.090

bilidade de as tarifas dessas cargas mais volumosas incorporarem algum *markup* do tipo discutido na Seção 2.

A próxima extensão do modelo básico é incorporar o preço do óleo diesel como variável explicativa na regressão. No período compreendido pelos dados, de 1997 a 2001, observou-se uma estabilidade dos índices gerais de preço, comparados aos anos que antecederam o Plano Real. Não obstante, o preço do diesel mais do que dobrou nesse período,¹¹ conforme observado, o que proporciona, para o estudo, uma situação de variância ímpar para investigação da reação dos transportadores em termos de aumentos (ou reduções) de frete. Como o diesel é um insumo básico para o processo produtivo dos serviços de transporte para o qual há limitadas possibilidades de substituição, no curto prazo, a elasticidade do frete em relação a esse preço reflete, em grande medida, a fração do custo desse insumo no custo total de produção. Essa afirmação depende da velocidade de repasse de variações desses custos aos preços cobrados dos usuários. Em face das pequenas possibilidades de substituição desse insumo e do mercado competitivo que caracteriza o modo dominante — o rodoviário —, espera-se que esse repasse seja razoavelmente contemporâneo às variações de preço.

Outro aspecto interessante é a provável não-linearidade do impacto do preço do diesel no frete, em função do aumento da participação desse insumo no custo de produção com a distância de transporte. Estudos de custo de transporte, apoiados em modelos de ciclo do veículo, reportam que essa participação varia de 6% a 22%, sendo o limite inferior para distâncias de 50 quilômetros e o superior

11. De R\$ 0,40 para R\$ 0,88 por litro.

para distâncias acima de 1.000 quilômetros [ver Castro e Rodrigues (1998)]. Na especificação do modelo, essa não-linearidade será incorporada através de um termo quadrático para o preço do diesel e de um termo cruzado, produto da multiplicação desse preço pela distância.

Essa extensão do modelo básico ainda procura captar possíveis efeitos da concorrência intermodal nos fretes. No caso, o interesse se volta para detectar eventuais impactos da oferta de serviços ferroviários nos fretes rodoviário e hidroviário. Quer dizer, testa-se a hipótese de que a alternativa de serviço ferroviário possa exercer algum efeito em reduzir os fretes dos concorrentes intermodais. Destaque-se que, pelo menos no caso do modo rodoviário, este é oferecido de forma abrangente em todos os municípios da amostra, tanto de origem quanto de destino. Assim, captura-se a oferta de serviços ferroviários através da especificação de uma variável binária (*dummy*) que identifica a presença de estação ferroviária no município de origem (efa_o) ou de destino (efa_d).

A especificação do modelo linear que incorpora essas extensões é apresentada a seguir e os resultados são expostos na Tabela 10.

$$\text{Frete}/t = \beta_1 + \beta_2 \cdot \text{distância} + \beta_3 \cdot \text{distância}^2 + \beta_4 \cdot \text{preço diesel} + \beta_5 \cdot \text{preço diesel}^2 + \beta_6 \cdot \text{preço diesel} \cdot \text{distância} + \beta_7 \cdot \text{efa_o} + \beta_8 \cdot \text{efa_d} + \text{erro aleatório}$$

TABELA 10
MODELO COM PREÇO DO DIESEL E CONCORRÊNCIA INTERMODAL

Variável	Ferrovia		Hidrovia		Rodovia	
	Parâmetro	Estatística-t	Parâmetro	Estatística-t	Parâmetro	Estatística-t
Intercepto	11,60	2,82	202,97	6,02	27,98	10,78
Distância	-0,01	-2,56	-0,06	-3,00	0,03	38,72
Distância ao quadrado	0,00	6,63	0,00	-4,42	0,00	-20,90
Diesel	4,93	0,35	-654,27	-6,51	-100,18	-11,03
Diesel ao quadrado	-4,13	-0,35	513,14	6,45	93,21	12,07
Distância * diesel	0,02	5,85	0,13	5,20	0,03	25,46
efa_o	-3,85	-5,23	1,12	1,06	0,72	3,19
efa_d	-0,02	-0,04	4,49	4,08	4,44	18,33
R ²	1.044		1.310		46.951	
Número de observações	0,62		0,65		0,57	

Os resultados confirmam a importância do preço do diesel na formação dos fretes e seu impacto diferenciado em relação à distância de transporte, nos modos rodoviário e hidroviário. No caso do modo ferroviário, apenas o termo cruzado entre diesel e distância é significativo, mas com sinal que indica o aumento relativo do impacto do diesel sobre o frete com a distância.¹²

No caso das variáveis binárias que tentam capturar os efeitos da concorrência intermodal, o sinal dos parâmetros é positivo, contrariando as expectativas iniciais. Como os resultados parecem indicar, pode não haver efeito perceptível de concorrência do ferroviário para os outros modais. Por outro lado, a significância estatística dos parâmetros das *dummies* e a similaridade das magnitudes encontradas para os modos rodoviário e hidroviário parecem indicar um efeito locacional importante que gera aumento dos fretes praticados, tanto da origem como do destino dos fluxos de carga.

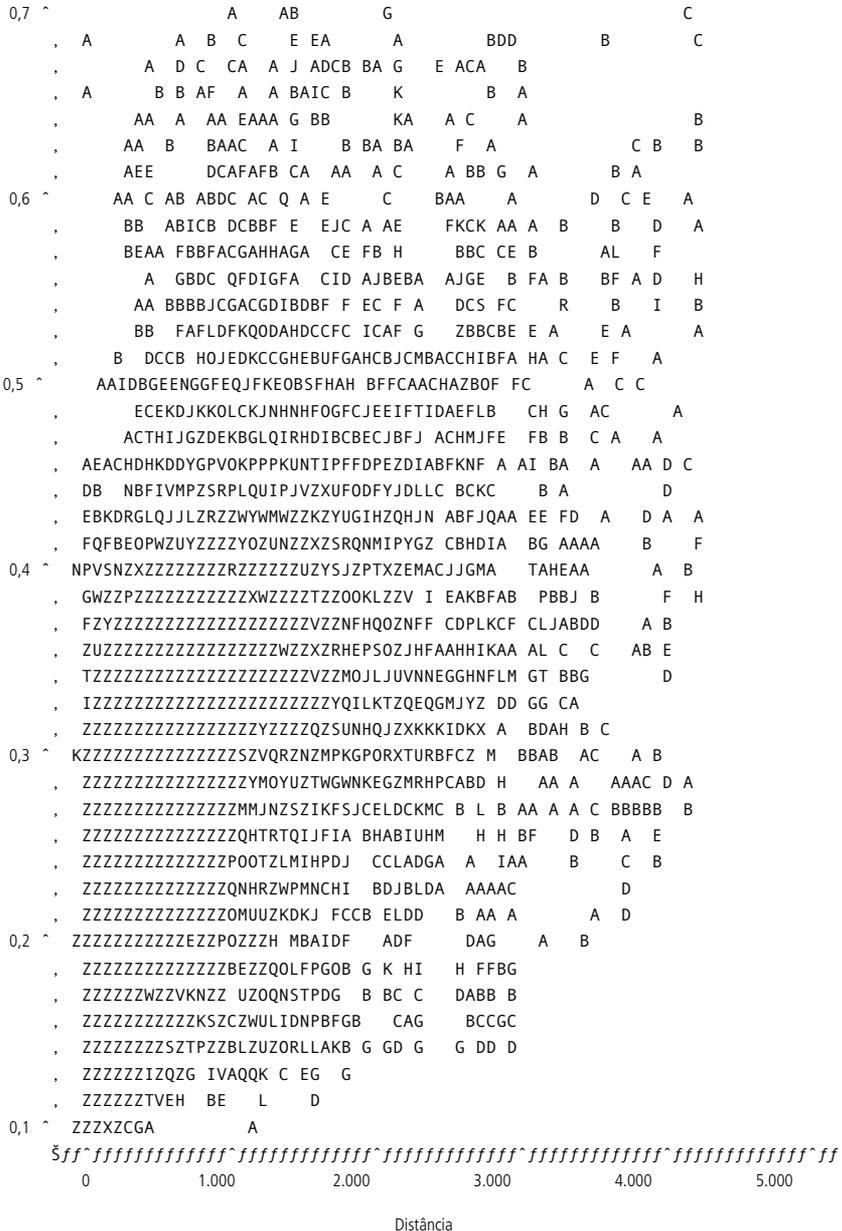
Uma explicação possível para o sinal positivo das *dummies* que indicam a presença de oferta ferroviária no município é que, nestas, a ferrovia captura os fretes de cargas com maior elasticidade-preço, ou seja, os carregamentos que impõem menores níveis de tarifa, deixando para a rodovia e a hidrovia fretes com maior tarifa unitária média. Nesse caso, as *dummies* estariam capturando um deslocamento do mercado servido por estes modais para fora do segmento de cargas ditas tipicamente “ferroviárias”. Nesse sentido, o resultado pode indicar um efeito concorrencial positivo da ferrovia sobre os demais modais, não exatamente reduzindo os fretes de fato pagos por esses serviços, mas deslocando-os na curva de demanda de serviços para os segmentos com menor elasticidade-preço, o que resulta em maiores valores de frete *vis-à-vis* localidades não servidas por ferrovias. Caso essa interpretação esteja correta, ela confirma o papel de modo dominante do transporte rodoviário e a relação concorrencial deste com os demais modais, expressa na formação dos preços desses serviços e nos respectivos mercados servidos.

No caso do preço do diesel, é apresentada, no Gráfico 3, a dispersão dos valores encontrados para a elasticidade do frete rodoviário em relação ao preço do diesel, plotado em função da distância de transporte.¹³ A fim de melhor representar essa relação, excluem-se os pontos extremos da amostra. Observe-se que 80% dos valores encontrados situam-se entre 0,10 e 0,70, sendo a média igual a 0,29. Esse valor acima daquele encontrado no modelo de ciclo do veículo pode ser

12. Cabe ressaltar que, no caso de modelos flexíveis, os valores encontrados para os parâmetros podem não corresponder individualmente às expectativas de sinal usuais. Isso porque as elasticidades derivadas desses modelos são geralmente dadas por expressões mais complexas e dependem não só de vários parâmetros, como também do valor das variáveis para cada observação. Esse aspecto será detalhado, mais adiante, no caso do impacto do preço do diesel sobre o frete.

13. Essa elasticidade é dada por: elasticidade do frete/diesel = $\beta_4 + 2\beta_5 \cdot \text{preço diesel} + \beta_6 \cdot \text{distância}$.

GRÁFICO 3
ELASTICIDADE DO FRETE RODOVIÁRIO EM RELAÇÃO AO PREÇO DO DIESEL



A = 1 observação, B = 2 observações etc.

explicado pelas condições ideais que este último representa, o que aumenta significativamente a fração relativa aos custos operacionais de capital (veículo), motorista e manutenção, em relação à fração do custo de combustível. Assim, o valor médio encontrado de 0,29 se situa mais próximo da estrutura de custos de transportadores autônomos, que operam com investimentos em veículos relativamente menores.

6 CONCLUSÃO

A análise da formação de preços do transporte de carga constitui um ferramental básico para a avaliação dos impactos de políticas públicas, voltadas para incrementar a eficiência desse setor, a modicidade de seus preços, a adequação dos investimentos e a equidade na distribuição dos seus custos entre agentes da sociedade.

Uma teoria de formação desses preços, exposta na Seção 2, revelou o comportamento empresarial orientado para uma tarifação que leva em conta as características da demanda, discriminando usuários por sua sensibilidade a preço. Mais ainda, mostrou que, sob incerteza, e levando em consideração as variações de nível de serviço, tanto o preço como a qualidade de serviço passam a ser variáveis de decisão da empresa de transporte. Como consequência, as observações de valores de frete tendem a apresentar uma ampla margem de variação, mesmo quando a competição força as tarifas a se alinhar com os custos marginais de longo prazo.

Os resultados obtidos confirmam essas proposições teóricas. Sendo o rodoviário o modal dominante em praticamente todo o território nacional e, com certeza, nas localidades que a amostra abrange. Os demais modais ocupam nichos específicos, tarifando de acordo com as possibilidades permitidas pela demanda e pela concorrência intermodal. Não obstante, a dispersão dos valores de frete encontrados e a significância estatística de atributos dos produtos transportados permitem aquilatar as enormes variações possíveis no mercado desses serviços.

No tocante aos atributos operacionais, tais como distância e preço do óleo diesel, constataram-se não-linearidades e efeitos cruzados significativos. Esses resultados têm importantes implicações para políticas de preços públicos de óleo diesel e de pedágios.

Aspectos importantes da formação de preços de transporte, porém, não foram aqui investigados e permanecem como sugestões para pesquisas futuras. Dentre estes está o aprofundamento da questão da discriminação de preços, através de um exame mais detalhado da variação dos fretes por produto e combinação de origem/destino. Outra questão palpitante concerne à dinâmica temporal dos preços

de transporte em resposta aos ciclos econômicos nacionais e regionais, bem como de resposta a variações exógenas de preço fundamentais, como o do óleo diesel.

ABSTRACT

The purpose of this article is to analyze freight transportation rates in Brazil. The broad database available allows a detailed investigation by mode, type of cargo, distance and market segment. The results confirm the theoretical references revisited in terms of the spectrum of variation found in rates, in spite of the competitive forces that prevail. The impact of the dominant trucking mode on the pricing possibilities of the rail and inland water modes are discussed. The freight rate functions estimated also confirm the importance of nonlinearity and of cross-effects of variables such as distance and diesel prices.

BIBLIOGRAFIA

- BAUMOL, W. J., VINOD, H. D. An inventory–theoretic model of freight transport demand. *Management Science*, Providence, v. 16, n. 7, p. 413–421, Mar. 1970.
- BEILOCK, R., GARROD, P., MILKLIUS, W. Freight charges variations in truck transport markets: price discrimination or competitive pricing. *American Journal of Agricultural Economics*, 1986.
- BOYER, K. *Principles of transportation economics*. New York: Addison-Wesley, 1997.
- CAIXETA-FILHO, J. V. Sistema de informações de fretes para cargas agrícolas: concepção e aplicações. In: CAIXETA-FILHO, J. V., GAMEIRO, A. *Sistemas de gerenciamento de transportes*. São Paulo: Ed. Atlas, 2001.
- CASTRO, N. de. Substituição entre modo de transporte e armazenagem e suas implicações. *Revista Brasileira de Armazenamento*, 1984 e *Anais do V Encontro da Sociedade Brasileira de Econometria*, 1984.
- CASTRO, N., RODRIGUES, B. *Modelo de custos rodoviários*. Facc/UFRJ, 1998, mimeo.
- CHIANG, S. J. W. *Economies of scale and scope in multiproduct industries: a case study of the regulated U.S. trucking industry*. Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1981 (Tese de Ph.D.).
- CHIANG, S. J. W., FRIEDLAENDER, A. F. Output aggregation, network effects, and the measurement of trucking technology. *The Review of Economics and Statistics*, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 267–282, May 1984.
- CORREA Jr., G. *Principais determinantes do preço do frete rodoviário para o transporte de soja em grãos em diferentes regiões brasileiras: uma análise econométrica*. Esalq/USP, 2001 (Dissertação de Mestrado).
- DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S. A. (DERSA). *Fundamentação social e econômica das estratégias do PDDT: preços, custos e subsídios no transporte de carga*. NGT/Consult, 2002 (Relatório Técnico).
- DE VANY, A., SAVING, T. Product quality, uncertainty and regulation: the trucking industry. *American Economic Review*, v. 67, n. 4, 1977.

- MEYER, J. R., PECK, M., STENANSON, J., ZWICK, C. *The economics of competition in the transportation industries*. Cambridge: Harvard University Press, 1959.
- SAMUELSON, R. *Modelling the freight rate structure*. MIT, 1977 (CTS Report, 77-7).
- TEIXEIRA FILHO, J. L. L. *Modelos analíticos de fretes cobrados para o transporte de carga*. IME, 2001 (Dissertação de Mestrado).
- WILSON, G. W. On the output unit transportation. *Land Economics*, Madison, v. 35, p. 266-276, Aug. 1959.
- WILSON, W., WILSON, W., KOO, W. Modal competition in grain transport. *Journal of Transport Economics and Policy*, Sep. 1988.
- WINSTON, C., CORSI, T., GRIMM, C., EVANS, C. *The economic effects of surface freight deregulation*. Washington, D. C.: The Brookings Institution, 1990.
- WYCKOFF, D. Factors promoting concentration of motor carriers under deregulation. *Transportation Research Forum*, 1974.

(Originais recebidos em abril de 2002. Revistos em junho de 2002.)

