

TEXTOS PARA DISCUSSÃO
GRUPO DE ENERGIA
Nº XXI

"Análise da Demanda por
Insumos das Empresas Pro
fissionais de Transporte
Rodoviário de Cargas".

Antonio Edmundo de Rezende

Setembro de 1984

IPEA/INPES
Serv. de
Documentação

IPEA
08-84

Tiragem: 100 exemplares

Trabalho elaborado em: Maio 1984

Instituto de Pesquisa do IPEA
Instituto de Planejamento Econômico e Social
Avenida Presidente Antonio Carlos, 51 - 139/179 andar
20020 Rio de Janeiro, RJ.
Tel.: (021) 210-2423



Este trabalho é da inteira e exclusiva responsabilidade de seu Autor. As opiniões nele emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista da Secretaria de Planejamento da Presidência da República.

SUMÁRIO

	Página
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 – A política energética e o transporte rodoviário de cargas.....	2
1.2 – O problema energético e a proposta do estudo.....	6
1.3 – Sumário dos resultados e organização do texto.....	8
Notas.....	10
2. <u>ESTRUTURA DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS</u>	11
2.1 – Introdução.....	11
2.2 – O processo de produção do transporte rodoviário...	12
2.3 – Transporte rodoviário de cargas: estrutura do mercado.....	14
Notas.....	23
3. <u>A FUNÇÃO DE CUSTO</u>	25
3.1 – Introdução.....	25
3.2 – Tecnologia de produção de transporte.....	28
3.2.1 – Preâmbulo.....	28
3.2.2 – A fronteira de produção e a função de custo: comentários.....	29
3.2.3 – Elasticidade de substituição.....	31
3.3 – Função de custo translog.....	32
3.3.1 – Aspectos da estimação da função de custo..	35
3.3.2 – Elasticidade parcial de substituição de Allen.....	35
3.4 – Base de dados.....	36
3.4.1 – Introdução.....	36
3.4.2 – Variáveis da amostra.....	37
. Toneladas-quilômetro (tkm).....	37
. Despesas dos fatores.....	38
3.4.3 – Índices de preços.....	39
3.5 – Análise dos resultados do modelo de custo.....	40
3.5.1 – Apresentação dos resultados.....	40
3.5.2 – Discussão das elasticidades-preço dos insumos.....	42

Notas.....	54
4. <u>A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO: DESCRIÇÃO E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS</u>	57
4.1 – Introdução.....	57
4.2 – Função de produção translog.....	61
4.3 – Base de dados.....	62
4.4 – Análise comparativa.....	65
4.4.1 – Apresentação dos resultados.....	65
4.4.2 – Análise comparativa das elasticidades.....	67
. Capacidade autônoma.....	70
. Capital e energia.....	70
4.5 – Comentários.....	71
Notas.....	77
5. <u>RESULTADOS E CONCLUSÕES</u>	79
5.1 – Resultados.....	80
5.2 – Comentários e conclusões.....	84
Notas.....	88
Anexo A – Função agregativa de insumos.....	90
Anexo B – Elasticidade parcial de substituição de Allen....	92
Anexo C – Cálculo dos índices de preço dos fatores.....	96
C.1 – Índice de preço do serviço de capital.....	96
C.2 – Índice de preço da mão-de-obra.....	98
C.3 – Índice de preço da energia.....	99
C.4 – Índice de preço de materiais não energéticos e de autônomos.....	101
Notas.....	103
Anexo D – Nota sobre a variável informante da amostra.....	105
Anexo E – Modelo de produção translog.....	106
Notas.....	110
Anexo F – Cálculo da variação nas proporções de despesa devido à variação do preço da energia.....	111
Anexo G – Cálculo da variação do valor do frete devido à variação do preço da energia.....	113
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	116

LISTA DAS TABELAS

Página

Tabela 1.1	- Evolução do consumo de óleo diesel nos transportes.....	3
Tabela 1.2	- Participação percentual dos energéticos no setor de transporte rodoviário.....	4
Tabela 2.1	- Composição das indústria do transporte rodoviário de cargas.....	16
Tabela 2.2	- Frota nacional de caminhões.....	17
Tabela 2.3	- Percentual da frota cadastrada na especialização de transporte por tipo de transportadora.....	18
Tabela 3.1	- Frota de caminhões das empresas de transporte rodoviário de cargas.....	46
Tabela 3.2	- Fatores de aproveitamento e velocidade médias dos veículos de carga.....	47
Tabela 3.3	- Estimativas das toneladas-quilômetro (1979).	48
Tabela 3.4	- Despesas anuais das empresas de transporte rodoviário de cargas.....	49
Tabela 3.5	- Proporções das despesas com insumos.....	50
Tabela 3.6	- Índices de preço dos insumos.....	51
Tabela 3.7	- Coeficientes estimadas da função de custo translog.....	41
Tabela 3.8	- Elasticidades parciais de substituição de Allen para Santa Catarina.....	43
Tabela 3.9	- Elasticidades-preço para Santa Catarina.....	43
Tabela 3.10	- Proporções das despesas com insumos para Santa Catarina.....	43
Tabela 3.11	- Estimativas das elasticidades parciais de substituição de Allen.....	52

Tabela 3.12 – Estimativas das proporções das despesas com insumos.....	53
Tabela 4.1 – Nível de produção e características operacionais médias de empresas regionais e inter-regionais.....	63
Tabela 4.2 – Proporções estimadas de despesas no custo total das empresas de transporte rodoviário de cargas.....	64
Tabela 4.3 – Coeficientes da função de produção translog.	66
Tabela 4.4 – Elasticidades parciais de substituição de Allen da função de produção.....	68
Tabela 4.5 – Elasticidades-preço de demanda dos insumos..	69
Tabela 5.1 – Percentagens das despesas com insumos em cada transportadora típica: resultados simulados.....	82

AGRADECIMENTOS:

- . a Superintendência do INPES/IPEA e a direção da COPPE/UFRJ que possibilitaram a execução do trabalho;
- . a Otávio Tourinho pelos vários comentários e sugestões que muito contribuíram para a elaboração do trabalho;
- . a Michal Gartenkraut e Hamilton Tolosa pelas sugestões e apoio;
- . a Newton de Castro, pelas sugestões e discussões sobre a estrutura produtiva das Empresas Rodoviárias de Transportes de Carga;
- . a Victor Bandeira de Mello, pelo valioso auxílio na estimação da função de custo;
- . a Garrone Reck e Luiz Boluda, pelo auxílio na estimação da função de produção das transportadoras;
- . a Jack Schetchman pelo constante incentivo ao trabalho;
- . a Diva Mattos, pela paciência com as minutas e pelo excelente trabalho de datilografia.

"ANÁLISE DA DEMANDA POR INSUMOS DAS EMPRESAS PRO-
FISSIONAIS DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS"

Antonio Edmundo de Rezende

1. INTRODUÇÃO

As intervenções governamentais no transporte rodoviário de cargas são normalmente no sentido do anticonsumo de energia e, via de regra, sua eficácia é medida pelo potencial de redução do consumo de combustível (diesel) no setor. Há, entretanto, uma diferença fundamental entre os resultados esperados pelo Governo e o comportamento das empresas transportadoras face à intervenção. Enquanto o Governo deseja reduzir o consumo de energia, a transportadora deseja reduzir o custo total. Ela reage aos preços de mercado de acordo com sua tecnologia de produção e só substitui combustível por outras fontes energéticas e/ou insumos produtivos se o saldo financeiro das realocações dos insumos for positivo, isto é, se a substituição promover a redução dos custos totais.

Contudo, a redução do consumo de combustível, que acompanha a redução de custo nas empresas e satisfaz a meta do Governo, pode ser antieconômica: se, a preços reais, o valor do combustível economizado pelas medidas for inferior ao valor das despesas realizadas para substituí-lo, o saldo econômico das substituições será negativo. Nesse caso, haverá uma redução do excedente social, embora o saldo energético tenha sido positivo, como queria o Governo. Assim, como o saldo energético nada revela dos custos sociais nem dos impactos distributivos das intervenções, ele também não serve para orientar economicamente decisões sobre política de energia, re-presentando apenas a variação líquida do consumo de combustível. Todavia, o peso que ainda recebe no plano político das decisões é indevidamente elevado.

Buscando-se os meios para elaborar uma análise multivariada dos impactos de preços, procurou-se nortear a concepção do estudo pela tecnologia de produção das transportadoras, pois são elas que decidem como produzir de acordo com os sinais que recebem do

mercado. Este capítulo inicia descrevendo a orientação da política energética e segue como comentários sobre a discutida dependência energética, finalizando com um sumário dos principais resultados do estudo e a organização do texto.

1.1 – A política energética e o transporte rodoviário de cargas

A produção de petróleo do Brasil, que em 1982 equivalia a 26% do consumo doméstico, atualmente está em cerca de 55%. Esse aumento de produção implica uma igual redução no volume das importações, contribuindo favoravelmente para o balanço das nossas contas comerciais.

A preocupação em controlar o balanço de pagamentos face aos acréscimos do preço internacional do petróleo nos últimos anos, em particular no período que vai de 1979 a 1983, provocou a reorientação política da estratégia energética nacional. Nesse quadro de preços, a redução das importações de petróleo aparecia como a forma mais efetiva de estancar o dreno de divisas, vital para assegurar a viabilidade financeira dos nossos compromissos externos. E assim foi. De forma compatível com essa meta, todos os setores da economia nacional foram mobilizados na busca de alternativas domésticas para substituir derivados de petróleo, a fim de aliviar, a curto prazo, a pressão do consumo de energia nas importações de óleo bruto.

Nesta cena energética, o setor dos transportes teve destaque devido à sua importância no consumo de derivados, como se demonstra nas estatísticas a seguir. A energia do petróleo consumida nos transportes foi 44% da oferta interna bruta de petróleo em 1982, equivalente a 19,2% do consumo final energético do Brasil. No mesmo ano, o óleo diesel consumido nos transportes representou 75% do consumo nacional, dos quais 68,3% foram consumidos no transporte rodoviário [Brasil, Ministério de Minas e Energia (1983)], ou seja, 91% do diesel consumido nos transportes. Segundo Oliveira (1981), o transporte de cargas responde por 89% do consumo do diesel rodoviário e o transporte coletivo pelos 11% restantes. A evolução do consumo nacional de energia nos transportes pode ser avaliada nas Tabelas 1.1 e 1.2, que apresentam respectivamente, o consumo de diesel

Tabela 1.1 – Evolução do consumo de óleo diesel nos transportes

Modo	%							
	(10 ³ TEP) ^a							
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Rodoviário	87,7 ^b (7.577)	89,0 (8.214)	89,1 (8.865)	88,5 (9.447)	90,5 (10.274)	90,6 (10.045)	91,8 (10.557)	91,8 (10.575)
Ferrovieário	5,9 (512)	5,4 (501)	5,1 (503)	5,2 (552)	5,0 (573)	5,0 (553)	4,7 (533)	4,7 (541)
Hidroviário	6,4 (551)	5,6 (513)	5,8 (575)	6,3 (672)	4,5 (506)	4,4 (487)	3,5 (401)	3,5 (405)
Total nos transportes	76,0 ^c (8.640)	75,5 (9.228)	74,6 (9.943)	73,9 (10.671)	73,3 (11.353)	73,6 (11.099)	74,1 (11.496)	75,9 (15.187)

FONTE: Brasil, Ministério das Minas e Energia (1983).

^a10³ toneladas equivalentes de petróleo (TEP).

^bPercentagem do consumo total de diesel do transporte.

^cPercentagem do consumo nacional de diesel para fins energéticos.

Tabela 1.2 – Participação percentual dos energéticos no setor de transporte rodoviário

	(Em %)							
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Diesel	40,98	44,01	43,96	44,88	49,29	50,30	50,45	50,81
Gasolina	58,33	53,46	50,50	47,27	41,33	41,05	37,31	32,04
Alcool	0,69	2,53	5,54	7,85	9,38	8,65	12,24	17,15

FONTE: Brasil, Ministério das Minas e Energia.

por modo de transporte e os percentuais do consumo de diesel, gasolina e álcool do setor rodoviário no período 1976/83. Salienta-se nesse período o decréscimo da participação da gasolina no consumo rodoviário em 26,3% e os acréscimos do óleo diesel em 9,8% e do álcool em 11,5%.

Pela relevância dessas estatísticas, o setor dos transportes tem sido alvo constante de transformações importantes. Com o programa do álcool iniciou-se a primeira grande intervenção. O perfil da frota de automóveis modificou-se para que se consumisse álcool em vez de gasolina do petróleo, a ponto de hoje em dia existir um excedente exportável do derivado. Posteriormente, quando se verificou que a gasolina não determinava mais o volume do petróleo refinado, as atenções da política energética (conservação e produção) voltaram-se para o diesel, que para todos os efeitos passara, nesse momento, a ser considerado o "gargalo" mais importante das importações. A despeito da existência desse questionável "gargalo", o fato é que historicamente foram desenvolvidos esforços para resolver o "problema do diesel" em duas direções: aumentar a oferta e reprimir a demanda.

O aumento da oferta foi sempre equacionado pelo lado da mudança do perfil de refino para que se obtivesse mais diesel por barril de petróleo. Como exemplo desse fato fala-se muito atualmente nas excelentes perspectivas de sucesso do diesel B, uma nova mistura de resíduos desenvolvida na PETROBRÁS.¹ Quanto às medidas para contenção da demanda, vem-se investindo na pesquisa de fontes alternativas para o diesel (álcool aditivado, ésteres de óleos vegetais, etc.) e de motores compatíveis, havendo ainda a preocupação em tornar a frota de caminhões "mais adequada" às dificuldades energéticas do momento. De modo geral, essas medidas do lado da demanda têm experimentado dificuldades: por um lado, as excelentes propriedades energéticas do óleo diesel e o seu preço no mercado internacional ainda não permitiram que se encontrasse uma fonte alternativa economicamente viável para substituí-lo no transporte rodoviário de cargas;² e, por outro, as preocupações com o perfil adequado para a frota de caminhões ainda não parecem bem equacionadas e merecem mais reflexão.

Se, por um lado, os 500 mil barris/dia, recém-atingidos pela PETROBRÁS, aliviam a presença de sucesso na busca de fontes

alternativas, pois diminui-se o risco de vir a faltar diesel, por outro, não basta incentivar o uso de veículos pesados para substituir energia por capital se não existir demanda de transporte que os justifique economicamente. Via de regra, a indústria já utiliza veículos pesados nos fluxos que lhes asseguram economicidade, restando, portanto, pouco espaço para mudanças substanciais na frota a curto prazo. Assim, a orientação das políticas de preço que estão procurando promover mudanças na frota, justificada por um argumento de curto prazo, deve ser revista, dando-se peso essencialmente às características produtivas da economia. A forma relevante de promover modificações econômicas na frota de caminhões é, naturalmente, através do adensamento espacial dos fluxos de transportes, criando-se um potencial de demanda para justificar veículos rodoviários de porte maior ou até mesmo outros modais. Cabe ressaltar que, se a frota viesse a ser modificada por sinais artificiais de preços e se tornasse incompatível com a demanda, ela não seria economicamente utilizada, impondo custos à sociedade.

1.2 - O problema energético e a proposta do estudo

As preocupações dos últimos anos com o tema energético desenvolveram-se ao inusitado aumento das despesas com energia nos custos de produção e ao receio de que uma interrupção súbita no abastecimento de petróleo estivesse sempre por ocorrer.

Essas preocupações constituem duas classes de problemas: uma relaciona-se à dependência do Brasil aos países produtores e a outra está ligada à variação dos preços relativos dos derivados.³ A dependência subordina-se à avaliação do nosso risco de ficar nas mãos dos produtores, que detêm o poder de monopólio do petróleo.⁴ Dependendo do mal-estar doméstico, por assim dizer, causado pela nossa percepção de risco, seria justificável procurar reduzir a dependência (risco) até mesmo consumindo-se fontes alternativas mais caras que o petróleo. Entretanto, deixa-se claro, esta seria uma solução estratégica para um problema estratégico, uma espécie de seguro contra o cartel de produtores que a nossa sociedade (ou alguns dos seus setores) estaria querendo comprar.

O outro problema mencionado - a variação dos preços rela

tivos dos derivados — tem a ver com a substituição de insumos nos processos produtivos. Nessa classe de problemas a energia é um recurso escasso como outro qualquer que, ao sofrer uma alteração de preço no mercado, será realocada no processo produtivo, em um novo equilíbrio de custo total mínimo. Trata-se unicamente de um problema de alocação (eficiente) de insumos na produção. Nada além disso. Há de se considerar nessa análise que os insumos energéticos podem ser mais ou menos substituíveis por outros — energéticos ou não —, dependendo da tecnologia do setor. E, em função dessas características tecnológicas, os impactos do preço poderão ser sentidos mais ou menos num setor do que em outro, havendo sempre por isso interesse em identificá-los, setorialmente, para fins de política. Enquanto as causas que modificam os preços dos insumos variam, o processo de alocá-los eficientemente (na produção) é inalterável, ou seja, independe de que preço é modificado ou das causas da modificação, sô estando sujeito à tecnologia e ao comportamento otimizador das empresas. Assim, se os preços dos combustíveis fossem alterados por motivo de dependência ou outro qualquer, sô as características (médias) de substituição na transportadora típica interessariam para avaliar os impactos nas despesas com insumos e no preço do frete para o usuário. Nesta concepção reside a importância de se investigar o processo produtivo (tecnologia) de transporte.

O objetivo do presente trabalho é o de investigar a demanda de insumos nas transportadoras rodoviárias de bens que prestam serviços a terceiros. Basicamente, espera-se que os resultados alcançados sirvam para avaliar políticas de intervenção nos preços dos insumos, através da análise dos rearranjos nas quantidades consumidas dos insumos da transportadora. Para chegar a esses resultados será estimada a função de custo das transportadoras, calculando-se, a partir dela, as elasticidades-preço dos insumos, com as quais será possível quantificar as variações (marginais) nas relações de despesa causadas pela modificação de um preço qualquer. Optou-se por uma função de custo translog cujas propriedades condizem com o potencial de análise que se quer do estudo, isto é, com a capacidade de captar as acomodações técnicas entre todos os insumos do processo produtivo da transportadora face ao aumento de preço de um deles. Estimou-se no estudo a função de custo das Empresas de Transporte Rodoviário de Cargas (ETC) que predominam em carga geral. Ela foi especificada com os seguintes insumos: capi

capital (caminhões), energia, mão-de-obra, material não energético e capacidade autônoma (carreteiros), todos obtidos da publicação intitulada Empresas de Transporte Rodoviário, do IBGE, com dados agregados a nível estadual. Em paralelo, foi estimado um modelo de produção para as ETC, com uma amostra de empresas individuais obtida na Associação Nacional das Empresas de Transportes Rodoviários de Carga (NTC), com o mesmo objetivo. Essa amostra foi subdividida em empresas regionais e inter-regionais.

1.3 – Sumário dos resultados e organização do texto

Os principais resultados obtidos dos modelos estimados foram:

- . a transportadora utiliza a capacidade autônoma para substituir sua capacidade própria;
- . a substituição tende a ser mais intensiva nas transportadoras que operam em rotas de longa distância;
- . a demanda de combustível apresentou-se inelástica em relação ao preço, na amostra do IBGE;
- . o aumento no preço da energia, ou do capital, incidirá mais no preço do frete das empresas regionais do que no das inter-regionais, na amostra da NTC; e
- . capital e energia apresentaram-se como substitutos na amostra agregada do IBGE e como complementares na amostra de transportadores individuais da NTC (modelo de produção).

Recomendou-se, a partir dos resultados, que deveriam ser criados mecanismos de interação entre as empresas transportadoras (ETC) e os ofertadores de capacidade autônoma, o que permitiria à ETC concentrar-se nas atividades específicas de coleta, distribuição e consolidação de fretes, com repercussões favoráveis para o adensamento dos fluxos de mercadorias e economicidade do setor.

O trabalho está dividido em cinco capítulos. O Capítulo 2 descreve o transporte rodoviário de cargas (TRC) apresentando algumas estatísticas do setor, os aspectos técnicos do serviço de transporte e as características do mercado do TRC. Seu intuito é

transmitir ao leitor uma visão prática do setor, situando-o quanto à relevância dos resultados que se referem as transportadoras profissionais.

No Capítulo 3 apresentam-se a função de custo das ETC, com uma breve introdução à teoria de produção, e a especificação da função translog adotada no estudo, estimada com os dados do IBGE obtidos de empresas agregadas por Estado, e cujos resultados são sujeitos a várias críticas, devido às características da amostra. A formação dos índices de preço e o conceito da elasticidade parcial de substituição são revistos em anexos ao capítulo.

No Capítulo 4 apresenta-se a função de produção das ETC, estimada com uma base de dados de transportadoras individuais. Sua finalidade é a mesma do modelo de custo, qual seja, conhecer as elasticidades parciais de substituição da tecnologia de transporte. As variáveis foram as mesmas do modelo de custo, mas com uma base amostral que permitiu a utilização de dados desagregados a nível da transportadora individual. A inclusão deste capítulo no texto deveu-se ao resultado conflitante entre as elasticidades de substituição de energia por capital dos dois modelos. Tendo sido as duas pesquisas desenvolvidas em paralelo, na mesma época, esses resultados não poderiam ser ignorados. Na seção final do capítulo procurou-se distinguir os pontos fundamentais que poderiam ter causado a diferença dos dois resultados.

No Capítulo 5 apresentam-se um sumário dos principais resultados do estudo, um quadro comparativo das proporções de despesa, simuladas para um aumento de preço da energia e do capital, respectivamente, e, finalmente, uma recomendação para o setor com base na relação de substituição entre a capacidade própria das ETC e a capacidade autônoma de transporte.

Notas:

¹O diesel B, obtido adicionando-se ao diesel universal frações de derivados médios resultantes do craqueamento catalítico, do craqueamento dos resíduos de vácuo, das sobras de nafta, etc., é a mais recente alternativa proposta pela PETROBRÁS para poder elevar, ainda em 1986, o percentual do diesel tirado do barril de petróleo (de 32 para 60%). Embora ainda não tenha sido testado, ele já recebeu apoio tácito do TRC, que é abertamente favorável à sua utilização como o combustível mais apropriado ao transporte de cargas.

²A dieselização da frota de caminhões foi uma decorrência da elevação geral dos preços dos derivados, que passou a dar vantagem comparativa à tecnologia do diesel. Cabe salientar também que, a pesar da recessão e do elevado preço do diesel no mercado doméstico, que atualmente situa-se em cerca de 50% acima do preço internacional, o consumo total nos transportes (particularmente no rodoviário) tem aumentado, crescendo em 1981 e 1982 e mantendo-se estável em 1983 (Tabela 1.1).

³Rezende e Castro Jr. (1984).

⁴Se o preço do petróleo sô refletisse a sua escassez relativa, não existiria problema de dependência.

2. ESTRUTURA DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS

2.1 - Introdução

O transporte de carga presta serviços à produção e à distribuição de bens de uma economia, fazendo chegar os insumos às fábricas, às áreas agrícolas, etc., e os produtos aos centros consumidores. A demanda por transporte de carga nasce do processo de produção e distribuição, sendo por isso uma demanda derivada da intensidade do consumo.

Cada setor produtivo necessita de uma capacidade de transporte para atender às imposições do consumo, na fase produtiva e na fase de distribuição dos produtos acabados. As peculiaridades de cada processo produtivo, que depende das características dos insumos (tamanho do lote, densidade, etc.) e do consumo (tipo de produto, valor, etc.), determinam os requerimentos do serviço de transporte.

O insumo transporte, consumido por quem produz bens, é ofertado por um mercado normalmente competitivo, mas com peculiaridades que o fazem complexo. Por exemplo, o transporte que uma fábrica de alimentos consome tem características distintas daquele que é demandado por uma firma de mineração, pois o tempo e a confiabilidade do serviço são atributos que têm pesos diferentes no transporte de produtos perecíveis em relação ao de minério. Assim, os serviços de transporte ofertados para atender demandas com diferentes atributos constituem mercados independentes que, no Brasil, via de regra, não são vulneráveis à competição dos outros modos de transportes.

O transporte rodoviário de carga (TRC) responde por grande parte da movimentação de mercadorias no País (cerca de 60% do total, segundo fontes oficiais). Considerando que a possibilidade de mudança do sistema básico de transporte é pequena, pois requeria maciços investimentos, inviáveis a médio prazo, o TRC ainda de verá permanecer como modo preponderante por um período longo. Muito embora a participação do transporte ferroviário venha crescendo em mercadorias a granel (soja, trigo, minério, etc.), é pouco provável que venha a competir com o rodoviário na carga geral, devido à fragmentação da carga. Além disto, sendo a rede ferroviária ra

refeita, o transporte rodoviário é a única opção na maior parte do território nacional para atender aos setores produtivos.

O TRC é uma indústria constituída de transportadoras profissionais prestadoras de serviços a terceiros (ETC), de transportadoras vinculadas a processos produtivos (ECP) e de carreteiros ofertados da capacidade autônoma de transporte (TRA), que normalmente possuem um sô caminhão e prestam serviços sem vĩnculo empregatĩcio, diretamente às transportadoras ou às firmas produtoras da mercadoria.

Este capítulo descreverã a tecnologia do TRC (Seção 2.2) e apresentará a estrutura de mercado (Seção 2.3), repensando a que existe atualmente numa estrutura futura mais provável, que deverá ser mais competitiva e eficaz na medida em que se dê mais transparência aos mercados de frete, criando mecanismos para difundir informação sobre os fretes.

2.2 - O processo de produção do transporte rodoviário

O processo de produção do transporte de carga depende do tipo de serviço, que pode ser, a grosso modo, dividido em carga geral e carga completa, o primeiro constituído de cargas fracionadas e o segundo de cargas que utilizam toda a capacidade do caminhão em viagens de ponto-a-ponto (uma origem e um destino).

As empresas de transporte de cargas estão restritas à conformação da rede viária e às particularidades do mercado onde operam. As operações com rotas de longa distância requerem equipamentos, mão-de-obra e frota diferentes dos que são exigidos nas operações com rotas de curta distância. A distância da viagem, o tamanho do lote, a divisibilidade das cargas e a intensidade e uso de terminais qualificam os tipos de operação de transporte. As economias de escala e de densidade das empresas que operam predominantemente com rotas de longa distância, por exemplo, não são as mesmas das que operam com rotas de curta distância.

A carga geral requer terminais de consolidação, serviços de coleta e entrega de encomendas e um planejamento operacional pormenorizado das rotas e da frota de veículos. A qualidade geren-

cial é essencial nas operações de cargas fracionadas. Em transporte de carga completa, o planejamento operacional da empresa depende sobretudo das condições da demanda do serviço. O transporte de produtos agrícolas, por exemplo, está sujeito à sazonalidade da produção e o de produtos industriais à conjuntura econômica.

A substituição entre fatores de produção é sempre tecnicamente possível numa empresa de transporte. A utilização de dois motoristas, por exemplo, que se alternem na direção do veículo ao longo da viagem, reduz o tamanho da frota da empresa nas rotas de longa distância. Esta redução da frota pelo aumento de mão-de-obra de tráfego caracteriza uma substituição de capital por trabalho, o que, no entanto, é dificultado por peculiaridade do setor. No caso do carreteiro autônomo, o apego do proprietário ao veículo parece ser o fator de resistência a que ele compartilhe a direção com outro motorista. No caso das empresas, que curiosamente também não incentivam a operação compartilhada, as razões alegadas são as dificuldades com o controle da responsabilidade de uso do equipamento e com a legislação do trabalho.¹

As empresas de transporte rodoviário de cargas normalmente contratam o serviço de carreteiros autônomos para as operações de longa distância. A substituição de frota própria (capital) pela frota autônoma parece ser mais acentuada nos fretes de longa distância do que nos de curta. As empresas rodoviárias de carga procuram sempre manter o carreteiro autônomo cadastrado, oferecendo serviços de apoio a fim de cativá-lo, durante os períodos de excesso de oferta de transporte, para assegurar sua vinculação à empresa nos períodos de excesso de demanda por transporte, quando ele tem opção de escolha de serviços.²

A substituição de energia (combustível) por capital pode ser caracterizada pela troca de veículos movidos a gasolina por outros movidos a diesel, ou pela troca de veículos de capacidades diferentes utilizando o mesmo combustível. Ela pode ser provocada pela modificação dos preços relativos entre insumos ou pelo rearranjo da demanda.³

Em suma, a visão das possibilidades de substituição de insumos numa transportadora ressalta a importância da caracterização do tipo de operação da transportadora nos estudos de produção, pois

as reações aos preços dos insumos variam com o perfil da demanda a tendida pela transportadora.

2.3 – Transporte rodoviário de cargas: estrutura do mercado

O transporte rodoviário de cargas (TRC) é composto por em presas que prestam serviços a terceiros e por empresas que fazem transporte de mercadoria própria, vinculadas a uma atividade produ tiva. Atualmente, o DNER classifica os prestadores de serviço de transporte⁴ em:

- . Empresas de Transporte Rodoviário de Cargas (ETC), que têm por objetivo o transporte profissional rodoviário de cargas, com capacidade de carga útil superior a 60 t;
- . Empresas Frotistas de Transporte Rodoviário de Cargas (EFC), que fazem transporte mediante afretamento de seus veículos a empresas de Transporte Rodoviário de Cargas (ofertadora de capacidade autônoma);
- . Empresas de Carga Própria (ECP), que realizam transporte de carga própria e, eventualmente, afretam seus veículos a em presas de transporte;
- . Transportadores Autônomos (TRA), que, sendo proprietários ou co-proprietários de um sô veículo automotor, prestam serviço de transporte rodoviário de cargas (afretamento com em presas de carga própria ou contratação direta com os usuã- rios – ofertador de capacidade autônoma;
- . Transportadores Individuais de Carga Própria (TCP), que fa zem o transporte de sua própria carga em veículo próprio; e
- . Empresas de Entrega, Coleta e Distribuição (EDE), que pres- tam serviço profissional de transporte rodoviário de curta distância em veículos de até sete toneladas de carga útil em serviço: entre municípios limítrofes ao da sede; entre municípios integrantes de uma mesma região metropolitana; e entre municípios integrantes de uma mesma microrregião homo gênea do IBGE.

Abaixo discutem-se os dados apresentados nas estatísticas oficiais, que são incompletos ou imprecisos, pois a maior parte dos autônomos não é registrada e muitas empresas não estão classificadas corretamente. A empresa de carga própria, por exemplo, que só pode existir vinculada a uma atividade produtiva, pode ser substituída por uma ETC que na prática exerça a mesma função da ECP, mas que aparecerá nas estatísticas como ETC.

A Tabela 2.1 mostra a composição da indústria do transporte rodoviário de cargas em 1980, 1981 e 1982. O crescimento da quantidade de firmas e do tamanho da frota foi mais devido à agilitação do cadastramento do que ao crescimento do setor. Segundo o DNER, há cerca de 400 mil autônomos ainda não registrados que operam veículos comerciais leves nas áreas urbanas.

A frota de caminhões por categoria, de acordo com os dados do SERPRO apresentados na Tabela 2.2, tem mais caminhões do que a frota do RTRC. Segundo o SERPRO, os dados da frota de 1983 foram mais acurados do que os anteriores. As duplas contagens de veículos registrados mais de uma vez foram eliminadas, assim como os registros de veículos que não renovaram a TRU por mais de três anos consecutivos. Tem-se a ressaltar que a redução da frota existente dos veículos movidos a gasolina, por via do sucateamento sem reposição, foi uma consequência da alta do preço do petróleo, que dieselizou a frota rodoviária. A política de preços relativos dos combustíveis contribuiu para acelerar de tal forma o processo que, virtualmente, hoje não se produz mais veículos comerciais movidos a gasolina nas montadoras nacionais.

A Tabela 2.3 apresenta as percentagens da frota alocada a cada especialização de serviço, por tipo de empresa transportadora. Como o DNER permite que uma empresa transportadora se cadastre, simultaneamente, em mais de uma especialização de serviço, os dados da tabela referem-se à frota potencial e não à utilizada efetivamente em cada tipo de especialização de transporte. Somente através de observações diretas nos fluxos de transporte seria possível constatar a participação efetiva dos tipos de empresa em cada tipo de especialização. Todavia, interpretando os dados da tabela como o limite superior da participação de cada tipo de empresa nas especializações apresentadas, há evidências de que um tipo de empresa

Tabela 2.1 - Composição da indústria de transporte rodoviário de cargas

Categoria	Número de Firmas			Frota (Número de Veículos)			Número Médio de Veículos por Empresa		
	08/80	10/81	10/82	08/80	10/81	10/82	1980	1981	1982
ETC	5.087	5.854	5.999	78.304	92.471	98.515	15,4	15,8	16,4
EFC	7.086	8.381	8.681	19.310	24.204	26.019	2,7	2,9	3,0
ECP	18.758	30.728	35.397	148.877	235.062	282.801	7,9	7,7	8,0
TRA	106.264	146.063	156.791	112.619	152.372	159.031	1,1	1,0	1,0
TCP	4.444	13.370	19.041	10.259	25.603	34.790	2,3	1,9	1,8
Total	-	-	-	369.369	529.712	601.336	-	-	-

FONTE: DNER, Relatório Estatístico do RTRC (ago.1980, out.1981, out.1982).

Nota: O crescimento da frota de 1981 e 1982 em relação a 1980 foi devido ao cadastramento de novas empresas.

Tabela 2.2 – Frota nacional de caminhões

(Nº de veículos)

Categoria	Gasolina			Diesel			Alcool	
	1981	1982	1983	1981	1982	1983	1982	1983
Leve	55.094	59.285	52.391	109.994	111.922	121.587	86	94
Médio	141.381	162.230	119.714	409.972	428.130	419.346	1.205	1.317
Semipesado	971	2.933	2.164	142.625	142.981	145.866	10	35
Pesado	-	-	-	77.520	25.584	81.479	-	-
Superpesado	-	-	-	10.529	6.490	7.578	-	-
Total								

FONTE: DNER/SERPRO

Notas: 1 < leve 10 ≤ CMT (capacidade máxima de tração)
 10 < médio 20 ≤ CMT
 20 < semipesado ≤ 30 CMT
 30 < pesado ≤ 40 CMT
 40 < superpesado

Tabela 2.3 – Percentual da frota cadastrada na especialização de transporte por tipo de transportadora¹

Especialização	ETC ^{2,3}	TRA	ECP	TCP	Total
Carga geral	21,0	30,0	44,0	5,0	100
Granel sólido	15,9	21,6	55,5	6,9	100
Encomendas	21,7	48,0	27,4	2,9	100
Engradados	21,4	50,7	25,0	2,9	100
Madeira em pranchas ou toros	21,8	51,9	23,6	2,7	100
Veículos	44,6	25,3	29,6	0,5	100
Gado em pé	22,6	20,8	45,6	11,1	100
Derivados de petróleo	58,1	18,0	23,9	-	100
Cargas frigorificadas	34,1	5,6	59,1	1,2	100

FONTE: RTRC, novembro 1981.

¹As empresas de entrega, coleta e distribuição (EDE) não estão incluídas.

²As empresas frotistas de transporte rodoviário de cargas (EFC) foram incluídas nas ETC.

³Tamanho médio das empresas: ETC - 15,8 veículos; ECP - 7,7; TCP - 1,9; EFC - 2,9; TRA - 1,0.

se adapta mais a certas especializações do que a outras. Por exemplo, a participação das ECP é predominante em carga frigorificada, transporte de gado em pé, granel sólido e carga geral,⁵ enquanto as ETC com autônomos (TRA) juntos predominam em cargas fracionadas, em geral.

Será por mero acaso a existência dessa afinidade entre o tipo de empresa e a especialização do serviço? Certamente não é. As exigências da demanda por transporte explicam a associação da mercadoria com o tipo da empresa. Por exemplo, nas três especializações em que a ECP predomina, o serviço profissional (ETC) é normalmente desestimulado pela exigência de equipamento especializado, pela existência do retorno vazio⁶ e pela sazonalidade na demanda. Muito embora essas características do serviço não sejam absolutamente a causa natural de afastamento dos profissionais destes mercados, pois o frete compensaria as particularidades do serviço, as evidências sugerem que as empresas geradoras de carga, que continuam mantendo seus serviços próprios de transporte, ainda não se sentem satisfeitas com os atributos de segurança e confiabilidade dos profissionais de transporte.

Cabe salientar, nesse sentido, que a elevada participação das ETC no transporte especializado de derivados de petróleo, como vem acontecendo segundo os dados da Tabela 2.3, é bastante curiosa à primeira vista. No entanto, cabe notar que a regularidade do consumo de derivados ao longo do ano dá uniformidade ao fluxo de transporte e elimina a expectativa de longos períodos de ociosidade do equipamento por parte dos carreteiros, cujo serviço é assegurado pelas distribuidoras. Como o preço dos derivados é controlado, e nele já incide o custo de transporte, é relativamente fácil às distribuidoras assegurarem um frete mínimo, satisfatório para o transportador profissional, pois, no final, o custo de transporte é repassado para o consumidor dos derivados.

Finalmente, para concluir, as evidências das informações da Tabela 2.3 não contradizem a concepção básica de que o mercado de transporte configura-se de acordo com as exigências das atividades geradoras de frete. A seguir, será examinado o papel da capacidade autônoma na configuração do transporte rodoviário de cargas.

Uso da capacidade autônoma pelas ETC.

As ETC são empresas profissionais de transporte que maximizam lucro. A frota média das ETC tem 15,7 veículos. A indústria é composta por cerca de 14 mil empresas, sendo que 8.381 delas são EFC com menos de 60 t de carga útil de capacidade e frota média de três caminhões. Embora existam empresas grandes, a maioria delas é de pequeno porte, com gerenciamento primário.

As ETC operam com o carreteiro autônomo através de subcontratos de prestação de serviço. A capacidade autônoma, ofertada pelo carreteiro (TRA) e pelo frotista (EFC), desempenha nas ETC o papel de reguladora de oferta da capacidade a curto prazo. Nas grandes empresas que já adotam técnicas de gerenciamento mais desenvolvidas, a utilização da capacidade autônoma é normalmente mais intensa, pois através dela as ETC poderão reduzir a participação de sua capacidade própria nas toneladas transportadas no período de operação. Isto é sugerido pelo estudo do caso da empresa "Expresso Araçatuba" (Transporte Moderno, 1980) de São Paulo, que confia 70% de sua carga a carreteiros autônomos. Dos 211 veículos que ela possuía em 1980, incluíam-se os veículos da administração e 78 caminhões de coleta e entrega. Cerca de 45% da sua frota eram de caminhões destinados ao serviço de coleta e entrega. No terminal de carga da Araçatuba transitavam, em 1980, mais de 800 caminhões diariamente. A empresa revelou, na época, que mantinha em cadastro cerca de 6.000 carreteiros que poderiam ser utilizados para fretes interurbanos.

A estrutura operacional da Araçatuba revela que a empresa só mantém sua frota própria de longa distância para assegurar a qualidade da prestação de serviços. É como se ela estivesse pagando um prêmio de seguro contra a flutuação da oferta da capacidade autônoma, cujo valor seria igual ao custo adicional de manter uma frota própria mínima de longa distância. A empresa também deixa transparecer que tem por objetivo expandir seu mercado, especializando-se cada vez mais nas operações de coleta e entrega e consolidação de cargas, e consignando os fretes consolidados de longa distância a capacidade autônoma.

Dados da operação das Centrais de Informação de Frete do

Paraná do 2º trimestre de 1983 revelam que 71,1% da carga comissionada a autônomos nas centrais provêm das ETC. Estima-se, porém, que a percentagem da carga anunciada pela ETC ultrapasse atualmente 80% do total anunciando nas CIF. As evidências da utilização do carreteiro autônomo no Expresso Araçatuba em 1980 e nas CIF em 1983,⁷ ressaltando-se naturalmente que predomina granel sólido nas mercadorias (soja, milho, calcário, farelo, etc.) anunciadas nas CIF, sugerem a relevância da capacidade autônoma para o setor de transportadoras profissionais.

A concepção de operação do setor de transporte rodoviário de cargas é fundamentada na relação entre as empresas de transporte e os ofertadores de capacidade autônoma. O autônomo e frotista funcionam como elementos reguladores da oferta de capacidade das empresas de carga, substituindo capacidade própria nas transportadoras.

O tamanho do lote de carregamento, o valor da mercadoria e o período entre recorrências do usuário aos transportadores são variáveis importantes para o dimensionamento da operação de transporte. Se o tamanho do lote, por exemplo, permitir que um caminhão-tipo possa ser carregado completamente (carga completa), o transporte poderá realizar-se diretamente da origem para o destino sem passar pela etapa de consolidação da mercadoria nos terminais de frete. Se, por outro lado, o tamanho do carregamento for inferior à capacidade do caminhão-tipo (carga fracionada), haverá necessidade da etapa intermediária de consolidação da carga em despachos completos nos terminais especializados da empresa transportadora.

Especialmente com referência ao transporte de cargas fracionadas, mas sem excluir as completas, hoje em dia a tendência de estruturação do mercado rodoviário é a seguinte: a ETC dedica-se à coleta de entrega e à consolidação da mercadoria em terminais especializados, repassando o frete de longa distância para o carreteiro autônomo. A estabilidade dessa estrutura depende da eficácia da coleta e entrega e da eficiência em consolidação e despacho. A competência gerencial é essencial à organização dos fluxos no estágio inicial de coleta e consolidação (ou na fase final de distribuição e entrega) das mercadorias. Na etapa do transporte interur

bano, a divulgação da localização dos fretes é essencial para aumentar a acessibilidade do carreteiro autônomo às cargas existentes e dar agilidade à operação, reduzindo-se o tempo de espera dos carregamentos nos terminais. A abrangência deste mercado pode ser visualizada por áreas polarizadas pelos terminais de frete das empresas, que delimitam o mercado de coleta e entrega atendido pela frota própria. As ligações interurbanas entre os terminais são feitas pelos ofertadores da capacidade autônoma.

As evidências observadas na prática do transporte de cargas não se contrapõem à concepção de mercado descrita acima, isto é, observou-se que os terminais privados de consolidação de fretes estão expandindo-se e que a tendência de especialização da frota própria à operação de coleta e entrega, observada nas ETC, está em acordo com as possibilidades de substituição de capacidade própria por capacidade autônoma. Haverá questões, nesta área, sobre as economias de escala da operação e sobre as economias de escopo na integração da coleta, consolidação, movimento em linhas-tronco e entrega que ainda permanecem em aberto. Não se sabe, por exemplo, que potencial de mercado (toneladas/mês) será necessário para viabilizar a operação de um terminal de consolidação de fretes, como também não se sabe que dependência existe entre o valor da mercadoria e a intensidade de integração na operação, etc. Respostas a essas perguntas têm relevância para indicar, por exemplo, a que nível de demanda surgirá um novo terminal.

Nos capítulos seguintes serão apresentados o desenvolvimento e os resultados das estimações das funções de custo e de produção das transportadoras profissionais. Cabe alertar o leitor para o fato de que, pela carência de informação dos dados disponíveis, não foi possível considerar aspectos de operação das transportadoras na especificação do modelo de custo. Entretanto, a base de dados da função de produção permitiu separar as empresas em regionais (pequeno percurso) e inter-regionais (longo percurso), caracterizando assim uma dimensão de operação.

Notas:

¹Falta de gerenciamento parece ser de fato a razão principal.

²Nos Estados Unidos, o relacionamento das empresas de transporte com os carreteiros chega a ser tutelar, pois elas asseguram-lhes um lucro mínimo que lhes permite remunerar o capital do veículo (custo de oportunidade, depreciação e manutenção) e ter um padrão de vida regular. As empresas com esta estratégia minimizam custo a médio prazo.

³A frota ótima de uma empresa minimiza os custos totais de atendimento da demanda de transporte prevista de um período. Admitindo que as transportadoras pudessem trocar de veículos a curto prazo e supondo que, por uma elevação geral dos preços dos combustíveis, se criasse uma nova relação de preços favorável ao diesel, a situação seria a seguinte: a gerência da empresa, após a avaliação das possibilidades do mercado, responderia à variação dos preços dos combustíveis substituindo os equipamentos que se tivessem tornado antieconômicos para a operação da empresa e comporia uma nova frota de custo mínimo. A eficácia dessa mudança de frota dependerá da capacidade gerencial da empresa para reprogramar o atendimento da demanda, do tempo requerido para a troca de veículos, da capitalização do setor e das novas tecnologias de caminhões disponíveis no mercado. Assim, a substituição de capital por energia só se realizaria quando fosse possível aumentar menos o custo total do transporte usando-se caminhões de maior porte na frota do que mantendo o mesmo mix de caminhões da solução anterior. O impacto do preço da energia na composição da frota da empresa deve ser avaliado, portanto, sempre face aos serviços de transportes ofertados pela empresa, pois haverá casos em que o volume de serviço e a vantagem relativa do novo preço do diesel não justificariam substituir o porte dos equipamentos.

⁴Registro em Cadastro dos Transportadores Rodoviários de Carga (RTRC). Com a regulamentação da Lei nº 7.092 de 19 de abril de 1983, em 28 de junho de 1984 o RTRC passa a ser Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Bens (RTB).

⁵No transporte de carga geral, a participação das ETC é aparentemente pequena, mas na realidade é bem maior, pois mais de 70% dos carreteiros operam em carga geral via ETC.

⁶O retorno vazio é produto conjunto dessas especializações de transporte.

⁷A transportadora Atlas (SP), mantém 10 mil carreteiros cadastrados e a Relâmpago (SP) mantém 6 mil. (TM, nº 235, setembro/1983).

3. A FUNÇÃO DE CUSTO

3.1 – Introdução

A função de custo foi escolhida neste trabalho para o estudo empírico da tecnologia de produção das empresas de transporte rodoviário de bens. Todas as informações técnico-econômicas do processo produtivo foram extraídas da função de custo, embora também pudessem ter sido obtidas da função de produção, devido à correspondência entre ambas, gerada pelo comportamento otimizador das transportadoras, que teoricamente tornaria imaterial selecionar uma ou outra função para investigar o processo produtivo. Na prática, entretanto, a função de custo foi selecionada por ser mais apropriada para a base de dados disponível.

A função de custo depende da quantidade do produto, y , e dos preços dos insumos. Se uma transportadora maximiza lucro em um ambiente não regulamentado, o nível da sua produção e as quantidades dos insumos consumidos são determinados endogenamente à firma. Entretanto, quando se estima a função de custo, y é fixo como se fosse determinado exogenamente. A rigor, do ponto de vista econométrico, existiria aí uma dificuldade técnica para se estimar a função de custo das transportadoras que de fato maximizassem lucro. Seria pouco provável que neste caso a quantidade do produto y independesse dos insumos não incluídos no modelo de custo, isto é, não incluídos por desconhecimento do analista, mas considerados nas decisões de operação pela gerência da transportadora. Por isso, estariam correlacionados com o erro estocástico da função de custo e poderiam criar vieses nos coeficientes estimados.¹

As hipóteses da função de custo estão condicionadas às características da tecnologia. As restrições nos coeficientes da função de custo, que normalmente são necessárias para viabilizar o trabalho econométrico, quase sempre criam uma visão distorcida da tecnologia. Os reflexos das restrições nas elasticidades de substituição (ES) caracterizam a afirmação. A ES é o elemento que descreve a tecnologia, medindo a sensibilidade da razão do uso de dois insumos à variação da razão de seus preços. Normalmente, os modelos de elasticidade de substituição constante do tipo Cobb-

-Douglas, por exemplo, apresentam relativa facilidade econométrica, mas impõem separabilidade à função de produção, como se ela pudesse ser fragmentada em subfunções de produção que dependessem, cada uma, de um só fator. Assim, é pouco provável que tal processo produtivo possa ser observado nas transportadoras.

As características da especificação translog, escolhida para a função de custo no trabalho, permitiram uma aproximação de segunda ordem ao logaritmo da função de custo das transportadoras. A função translog não impõe, a priori, restrição alguma à estrutura da tecnologia subjacente. Todavia, os aspectos econométricos de estimação (número de coeficientes) e as características da base de dados o fizeram neste caso.

A base de dados foi constituída de transportadoras agregadas a nível de Estado. Para que se utilizassem as informações de despesa da amostra para estimar a função de custo, foram feitas as seguintes simplificações:

- i) a transportadora só produz um tipo de produto, medido em toneladas-quilômetro (tkm); e
- ii) existem retornos constantes de escala na produção das toneladas-quilômetro.

Foi também necessário definir subgrupos de insumos para que se reduzisse o número de variáveis da função de custo translog, criando a terceira simplificação:

- iii) os insumos da função de produção foram: capital (K), energia (E), mão-de-obra (L), materiais não energéticos (M) e carreteiro autônomo (C).

A primeira simplificação importou em excluir a possibilidade de multiprodutos na transportadora. Sabe-se, entretanto, que para produzir uma mesma quantidade de toneladas-quilômetro, em duas viagens diferentes, os recursos consumidos variam com a natureza da viagem (origem, destino e trajeto) e com os atributos da mercadoria (valor, perecibilidade, etc.). Assim, a despeito das mesmas tkm produzidas, os serviços serão diferentes nas duas referidas viagens. A segunda simplificação, relativa ao mercado de fretes, supôs que os preços dos insumos não se alterariam com a

ação individual de cada firma e que existiria livre entrada das em presas transportadoras no mercado. Finalmente, com a terceira simplificação admitiu-se a existência de um índice de preço para cada grupo de insumos, isto é, admitiu-se que a composição do consumo, interna a cada grupo, independeria dos preços dos outros insumos. São a quantidade do insumo agregado dependeria da produção das toneladas-quilômetro da transportadora. Esta última simplificação, imposta de antemão ao modelo, implicou a separabilidade (fraca) da função de produção em relação aos grupos de insumos. Essas simplificações foram transmitidas à função de custo translog através de restrições paramétricas apresentadas na Seção 3.2.

Na literatura recente sobre transporte observa-se a preocupação em relaxar a hipótese de um só produto, criando-se medidas hedônicas para os serviços de transporte, isto é, índice de produtos ponderados pelos atributos de cada serviço [Friedlaender e Spady (1981)] ou, ainda, mais recentemente, diferenciando-se os serviços de transporte pela distância de viagem, como se cada categoria de distância fosse um produto distinto [Chiang (1982)].

O esforço do presente trabalho foi no sentido de estimar elasticidade de substituição, sem condicioná-las, a priori, a formas rígidas dos modelos de ES constantes. O capítulo foi estruturado da seguinte forma: inicialmente, na Seção 3.2., apresentou-se um sumário da função de produção com o conceito de fronteira de produção, o significado e a implicação da hipótese de separabilidade da tecnologia em subgrupos de fatores; na Seção 3.3, especificou-se a função de custo translog e derivou-se o sistema de equações de proporções de despesa que foi estimado no trabalho; na seção 3.4, apresentou-se a agregação dos dados, sua implicação nos resultados e as variáveis básicas do modelo; na seção 3.5 encontram-se os resultados da estimação, focalizando-se, em primeiro lugar, os resultados estatísticos da estimação e, em seguida, os da análise das elasticidades cruzadas da empresa típica;² finalmente, no Anexo A foram apresentados os aspectos teóricos da função agregativa de insumos, no B a elasticidade de substituição, derivação e ilustração gráfica de substituição e complementaridade, no C os índices de preços, com especial ênfase nas hipóteses para a validação do índice de energia, e no D o tratamento dispensado ao número de informantes.

3.2 – Tecnologia de produção de transporte

3.2.1 – Preâmbulo

A produção do serviço de transporte de carga geral depende do funcionamento integrado de vários sistemas, a saber: um sistema de carga, descarga e transporte para manuseio e movimentação das mercadorias, composto por equipamentos de carga (empilhadeiras, elevadores traseiros de carrocerias, etc.) e de transporte (veículos); um sistema de terminais onde se processa a unitização, desconsolidação e despacho das mercadorias (volumes ou containers); um sistema de manutenção de equipamentos; e um sistema de gerenciamento que planeja, controla e promove a operação da transportadora (marketing, roteamento de veículos, etc.). A interação desses sistemas cria as possibilidades de produção de transporte, condicionadas ao sistema viário e à tecnologia de equipamentos existentes.

A hipótese de retornos constantes de escala e a livre entrada de transportadoras no mercado de fretes pressupõem que cada subsistema operacional é dimensionado economicamente de acordo com as manifestações da demanda. Isto significa que não há capacidade ociosa nos subsistemas. As despesas dos equipamentos e das instalações fixas da base de dados, em cross-section, são necessários a estimativa de função de custo de longo prazo (nota 11), já que neste horizonte a capacidade dos subsistemas é variável e está sujeita à remuneração de mercado. Quando se aprecia, porém, a condição de que as transportadoras do cross-section deveriam ter-se estabelecido com base na mesma informação tecnológica haverá dificuldades para legitimar a função de custo estimada com a amostra disponível, por causa das diferenças regionais das observações. Sabe-se, por exemplo, que os sistemas viário e gerencial dependem das condições locais de produção de bens, as quais variam significativamente entre os Estados. Há, por isso, um provável viés regional na amostra de empresas.³ Da mesma forma o sistema de terminais das transportadoras que também não pôde ser especificado no modelo introduz um viés tecnológico. As empresas com terminais, e as sem terminais, foram agregadas como se pertencessem a uma mesma tecnologia em estágios distintos de evolução. A rigor, os efeitos do terminal na operação do transporte representam um salto

tecnológico que justificaria especificar duas categorias de transportadoras, o que, entretanto, não foi propiciado pela base de dados.⁴

3.2.2 – A fronteira de produção e a função de custo: comentários

A tecnologia de uma transportadora é representada por um conjunto de pontos (x,y) , não negativos, que são uma combinação dos insumos x e dos produtos y , observáveis no processo produtivo. Para ilustrar, suponha-se um vetor (x,y) de uma transportadora, em que $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ representa as horas de caminhões pesados, horas de caminhões médios, horas de carreteiros autônomos, homens-hora na manutenção, etc., e $y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ indica as toneladas-quilômetro de carga geral, toneladas-quilômetro de granel, etc., que pudessem ser produzidos por x . O conjunto de vetores (x,y) , denominado de possibilidades de produção (T), é representável por uma função de transformação $F(x,y)$, que assume valor maior ou igual a zero se somente (x,y) pertencer a esse conjunto de possibilidades T .

Um ponto (x,y) , pertencente a T , é representável por F e estritamente maior que zero, quando for possível obter uma maior quantidade de y com o mesmo x ou produzir o mesmo y com uma menor quantidade de x . Este seria o caso, por exemplo, da transportadora que pudesse reduzir o número de horas de caminhão pesado, mantendo constante os outros fatores, e ainda assim produzir as mesmas quantidades de toneladas-quilômetro. Evidentemente, para a transportadora esta não seria uma situação desejável de produção, pois haveria desperdício de recursos, causando-lhe um custo adicional. A transportadora que maximiza lucros não convive com desperdícios e, portanto, não poderia operar em pontos interiores de T caracterizados por $F(x,y) > 0$. A operação eficiente (isto é, sem desperdícios) é caracterizada pelo conjunto de pontos que satisfaz $F(x,y) = 0$, denominado fronteira (eficiente) de possibilidades de produção (FPP).

O objetivo é procurar identificar as características téc-

nicas e econômicas de $F(x,y) = 0$, através da função de custo das transportadoras. Assumindo-se as condições usuais de regularidade de tecnologia das transportadoras, a função de custo conteria todos os aspectos econômicos relevantes da função de produção associada.⁵

Admitiu-se, à priori, que a FPP tivesse retornos constantes de escala e que o mercado de fretes permitisse livre entrada de novas transportadoras no mercado. Segundo estas hipóteses de mercado competitivo, as empresas necessariamente operariam com lucro zero, com a receita igual ao custo total. A hipótese de retornos constantes da função de produção não pôde ser relaxada devido à natureza agregada da base de dados das transportadoras e à falta de dados das tkm produzidas. Todavia, a seu favor, observou-se que existe um grande número de transportadoras de tamanho variados operando livremente no mercado de frete, em equilíbrio de longo prazo.

A função de custo teve uma especificação compatível com as hipóteses sobre a função de produção, mas por motivos técnicos de estimação sofreu também outras restrições paramétricas que impediram separabilidade, à priori, na FPP, segundo uma dada partição do conjunto dos insumos. A separabilidade é uma propriedade que permite separar o conjunto de insumos do processo produtivo de transporte em grupos de insumos que são tratados independentemente como se constituíssem subunidades de produção de insumos agregados para a função de produção. Seria o caso, por exemplo, do grupo de insumos/veículos da transportadora, que aglutinasse caminhões pesados, médios e leves num só insumo agregado de capital, para representar todos os veículos de uma só vez na função de produção. A separabilidade da função de produção requer que a razão das quantidades entre dois insumos quaisquer de um mesmo grupo seja independente do preço de qualquer outro insumo não pertencente ao grupo. Para que a separabilidade ocorresse, seria necessário que cada insumo agregado só pudesse ser obtido por uma função agregativa homotética que aglutinasse os diversos elementos do grupo no insumo agregado [Blackorby e Russel (1976)]. Como a separabilidade da função de produção implica a separabilidade da função de custo, existirá, analogamente, portanto, um preço para o insumo agregado

que substituirã os preços dos insumos do grupo de uma sã vez na função de custo. Tanto a função agregativa das quantidades dos insumos como a função agregativa dos preços podem ser substituídas por um índice de quantidade ou um índice de preço, respectivamente. O índice reproduz o valor da função agregativa e entra diretamente na função agregada de custo ou de produção da transportadora no lugar da função agregativa correspondente (Anexo 3.A). A existência dos índices facilita sobremaneira o trabalho econométrico.

Finalmente, como já se mencionou, as observações da base de dados foram obtidas de transportadoras independentemente estabelecidas no mercado em épocas distintas, locais distintos e, possivelmente, também ambientes econômicos distintos. Assim, assumiu-se que as relações de produção da transportadora típica poderiam ser examinadas corretamente na isoquanta unitária, pois haveria variabilidade suficiente dos preços dos insumos na amostra para estimar a função de custo unitário.

3.2.3 – Elasticidade de substituição

A elasticidade de substituição entre dois insumos i e j é definida como a elasticidade da razão entre as quantidades x_i e x_j com respeito à variação na taxa marginal de substituição. A elasticidade de substituição varia de zero, numa tecnologia Leontief, a mais infinito, numa isoquanta linear. Na presença de mais de dois insumos existem várias medidas possíveis para a elasticidade (parcial) de substituição, que são identificadas de acordo com as variáveis que permanecem fixas na avaliação das possibilidades de substituição da tecnologia [McFadden (1978)].

Para examinar a tecnologia das transportadoras – que têm mais de dois fatores – adotou-se a elasticidade parcial de substituição de Allen (EPSA), que é definida pela variação percentual da quantidade de um insumo x_i , devida à variação do preço do insumo p_j , dividida pela proporção da despesa de x_j no custo total, mantendo-se constante o nível de produção e os preços de todos os outros insumos que não p_j .⁷

A elasticidade de substituição dá uma medida da rigidez tecnológica na substituição dos insumos. A elasticidade calculada na isoquanta mede a flexibilidade da tecnologia de se ajustar à variação do preço de um insumo. O novo ponto de equilíbrio é alcançado a partir da minimização do custo total com o novo preço do insumo, sujeita à produção da mesma quantidade de produto. A elasticidade de substituição que interpreta a forma de fronteira de possibilidades de produção é útil para antecipar os impactos de uma política de preços na demanda dos insumos. A elasticidade de Allen, positiva, indica substituição e, negativa, indica complementaridade entre os insumos.

A elasticidade parcial de substituição de Allen foi deduzida da função de custo [Usawa (1962)] a partir da propriedade de derivativa, $x_i^*(y,p) = \partial C(y,p)/\partial p_i$, e tem a seguinte forma (Anexo B):

$$\sigma_{ij} = C_{ij} C / C_i C_j,$$

onde: $C_i = \partial C / \partial p_i$; $C_j = \partial C / \partial p_j$ e $C_{ij} = \partial^2 C / \partial p_i \partial p_j$

3.3 – Função de custo translog

A função translog é uma forma flexível, assim definida por ser capaz de fazer uma aproximação de segunda ordem ao logaritmo de qualquer função de custo. Admitindo-se uma $F(x, y)$, insumo-produto separável, a função de custo correspondente teria a seguinte forma multiplicativa:⁸

$$C(y,p) = \Psi(y) \phi(p) \quad (1)$$

No presente trabalho, a produção de toneladas-quilômetro foi obtida pela simples soma dos resultados de cada empresa do agregado sob a hipótese de se tratar de um produto único. Para que se convivesse com a agregação, a nível de Estado, das informações de despesa e de produção, disponíveis para este trabalho, admitiu-se também retornos constantes de escala da produção. O custo total passa a representar então, em consequência, a remuneração to

tal dos fatores, com lucro econômico zero. Assim, com um \bar{s} produto e retornos constantes, a função de custo foi especificada como:

$$C(y,p) = y\phi(p) \quad (2)$$

Tomando-se o logaritmo da expressão (2):

$$\ln C(y,p) = \ln y + \ln \phi(p)$$

e aproximando-se $\ln \phi(p)$ por uma função translog, obteve-se:

$$\ln C(y,p) = \ln y + b_0 + \sum_i b_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_{ij} b_{ij} \ln p_i \ln p_j \quad (3)$$

Passando $\ln y$ para o lado esquerdo da equação (3):

$$\ln C(y,p)/y = b_0 + \sum_i b_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_{ij} b_{ij} \ln p_i \ln p_j \quad (4)$$

tem-se uma função de custo unitário, que a partir deste ponto será simplesmente $\ln C(p)$.⁹

A função de custo convencional é homogênea linear nos preços dos insumos e côncava. A homogeneidade linear assegura que, multiplicando-se os preços (positivos) dos insumos por um escalar qualquer, o conjunto de insumos de mínimo custo permanece inalterado e o custo total é multiplicado pelo escalar. Ela é imposta à translog através das seguintes restrições paramétricas na expressão (4): $\sum_i b_i = 1$ e $\sum_i b_{ij} = \sum_j b_{ij} = 0$, $i=1, \dots, N$, e $j=1, \dots, N$.

A concavidade da função de custo, relativa aos preços, é compatível com a tendência de substituição de um insumo no processo produtivo, à medida que seu preço aumenta em relação aos outros insumos. A condição de simetria, $b_{ij} = b_{ji}$, $\forall (i,j)$, que foi necessária para se interpretar a translog como uma aproximação quadrática ao logaritmo de uma função de custo qualquer, é também condição necessária para garantir a concavidade da função de custo no ponto de aproximação da translog. Finalmente, a especificação de função de custo foi a seguinte:

$$\ln C(p) = b_0 + \sum_i b_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_{ij} b_{ij} \ln p_i \ln p_j \quad (5)$$

sujeita a: $\sum_i b_i = 1$, $\sum_i b_{ij} = \sum_j b_{ij} = 0$ e $b_{ij} = b_{ji}$, $\forall i,j$ (5i)

A função de custo (5) poderia ter sido estimada diretamente pelo método dos mínimos quadrados ordinários. Todavia, pôde-se ganhar informação utilizando-se a propriedade derivativa da função de custo¹⁰ para gerar as equações de proporção das despesas. A propriedade derivativa da função de custo:

$$\frac{\partial C(y,p)}{\partial p_i} = x_i^*(y,p) \quad (6)$$

estabelece que a quantidade do insumo i na trajetória de expansão (de mínimo custo) da firma é igual à derivada da função de custo em relação ao preço do insumo i . $x_i^*(y,p)$ é a função de demanda derivada do insumo i , que depende do vetor de preços dos insumos, p , e do nível de produção y .

Derivando-se a função de custo translog (5) pelo logaritmo do preço do insumo i :

$$\frac{d \ln C(p)}{d \ln p_i} = b_i + \sum_j b_{ij} \ln p_j, \quad i=1, \dots, N \quad (7)$$

A participação da despesa do insumo i no custo total é calculada pela expressão:

$$M_i = \frac{x_i^*(p) \cdot p_i}{C(p)} \quad (8)$$

onde $x_i^*(p) = \frac{\partial C(p)}{\partial p_i}$ que, substituindo em (8), leva a:

$$M_i^* = b_i + \sum_j b_{ij} \ln p_j, \quad i = 1, \dots, N \quad (9)$$

O sistema de equações (9) sujeito às restrições (5i) é a forma reduzida das condições de máximo lucro da empresa na qual os logaritmos dos preços dos insumos aparecem como variáveis independentes. Cabe notar que, devido à homoteticidade da função de produção, as equações de proporção em (9) não dependeram da escala de produção da empresa (o que ocorreria mesmo que a função de custo não fosse de custo unitário), isto é, as proporções das despesas dependeram apenas dos preços dos insumos.

3.3.1 – Aspectos da estimação da função de custo

Os coeficientes da função de custo, a não ser a constante b_0 , poderiam ser obtidos diretamente da estimativa do sistema (9) de proporções de despesa (PD). O sistema PD tem (N-1) equações linearmente independentes, uma vez que uma de suas equações sempre poderá ser obtida pela combinação linear das outras. Admitiu-se que a estrutura de erros das equações de PD fosse do tipo aditivo:

$$M_i = M_i^* + e_i,$$

onde M_i é a proporção de despesa observada e $M_i^* = \partial \ln C / \partial \ln p_i = x_i^*(y, p) p_i / C(p)$. Como a soma das proporções observadas é igual à unidade, então $\sum e_i = 0$.

A matriz de variância-covariância dos erros das N equações será singular. Entretanto, eliminando-se uma das equações de (9), a singularidade será evitada e os coeficientes do sistema poderão ser estimados. Por hipótese, os erros de uma observação independem dos erros das outras observações e são normal e identicamente distribuídos (i.i.d.). Os coeficientes do sistema (9) foram estimados pelo método de Zellner, utilizando-se o procedimento SYSREG do Statistical Analysis System, versão 1979.

3.3.2 – Elasticidade parcial de substituição de Allen

A elasticidade parcial de substituição de Allen (EPSA), calculada a partir da expressão apresentada na subseção 3.1.4, para a função de custo translog, toma a seguinte forma:

$$\begin{aligned} \sigma_{ij} &= (b_{ij} + M_i M_j) / M_i M_j, \quad i \neq j \\ \sigma_{ii} &= (b_{ii} + M_i^2 - M_i) / M_i^2, \quad \forall i \end{aligned} \tag{10}$$

onde M_i é a proporção da despesa do insumo i na despesa total e b_{ij} é o coeficiente do termo cruzado ($\ln p_i \ln p_j$) da função de custo. As elasticidades-preço direta e cruzada, da demanda derivada de um insumo, são calculadas diretamente da elasticidade de substituição

pela expressão seguinte [Berndt e Wood (1979)]:

$$\begin{aligned} \epsilon_{ij} &= \sigma_{ij} M_j = \frac{b_{ij} + M_i M_j}{M_i} \\ \text{e} \quad \epsilon_{ji} &= \sigma_{ij} M_i = \frac{b_{ij} + M_i M_j}{M_j} \quad \text{e} \quad \epsilon_{ii} = \frac{b_{ii} + M_i^2 - M_i}{M_i} \end{aligned} \quad (11)$$

Observe-se que $\epsilon_{ij} \neq \epsilon_{ji}$, pois $M_i \neq M_j$.

3.4 – Base de dados

3.4.1 – Introdução

A base de dados para o modelo de custo foi obtida da publicação do IBGE intitulada Transporte Rodoviário de Cargas (TRC). Os dados foram coletados junto às empresas de transporte rodoviário e referem-se ao exercício do primeiro semestre de 1979. As informações disponíveis que interessam à estimação da função de custo estão classificadas em despesas com salários e remuneração, despesas operacionais e despesas diversas.¹¹ As despesas com salários e remuneração referem-se à mão-de-obra de tráfego, de manutenção e de administração e sócios. Esses dados foram obtidos de uma cross-section de empresas transportadoras, originalmente em base individual, mas que foram agregadas por Estado para a publicação final. Assim, a observação elementar da amostra é o Estado, que representa uma macroempresa transportadora. A função de custo translog capta a tecnologia da macroempresa.

Para validar a tecnologia da macroempresa como a da transportadora sua componente, foi necessário supor que houvesse homogeneidade das empresas quanto aos serviços ofertados e quanto à composição dos insumos consumidos em cada empresa. Além disso, admitiram-se retornos constantes de escala da tecnologia na agregação dos diversos tamanhos de empresas. Cabe notar que, se for violada a hipótese de homogeneidade das empresas individuais, existirá a possibilidade de se criarem relações espúrias no agregado de insumos que seriam captadas na tecnologia das macroempresas. Além disso, quando as características regionais da demanda por transporte

variam com a região, como acontece nos Estados, haverá o risco de se criarem vieses na base amostral se as diferenças regionais não forem levadas em conta. A covariância do tamanho da frota com o produto das transportadoras do Estado poderá ser tal, nesse caso, que não se justificaria ignorá-las na agregação. Assim, deve ficar claro, para efeito de análise, que os resultados estão condicionados à homogeneidade dos serviços das transportadoras. A agregação deixará de ser plausível na medida em que a validade da homogeneidade for questionada. Todavia, a despeito das diferenças regionais da demanda, a agregação dos dados permaneceu independente do Estado da transportadora na base amostral do trabalho.

3.4.2 - Variáveis da amostra

Os dados do TRC não puderam ser transferidos diretamente das tabelas de publicação ETR para os arquivos de cálculo da função translog de custo. A primeira providência adotada em cada nova tabela foi a de compatibilizar o número de informantes dessas tabelas com o das anteriores (Anexo D). A composição dos conjuntos das variáveis que pudessem representar os insumos de produção foi definida empiricamente. Da mesma forma, também foram adotadas providências para contornar a falta de dados da base amostral, estimando-se as toneladas-quilômetro de cada Estado, as despesas de capital (frota de caminhões) e os índices de preço de energia, de materiais não energéticos e de carreteiros.

. Toneladas-quilômetro (tkm)

As tkm produzidas pelas macroempresas não seriam necessárias para estimar a função de custo unitário. Todavia, pela falta de dados de consumo de energia, materiais e carreteiros, foi necessário estimá-las para que se calculasse a despesa média por tkm como uma medida substituta do preço.

As toneladas-quilômetro foram estimadas da frota de caminhões do Estado por categoria de carga geral, líquida e frigorificada (Tabela 3.1).¹² A capacidade de produção de toneladas-quilômetro da macroempresa, por categoria de carga e por período, foi

calculada pelo produto da capacidade de carga, vezes a velocidade média de operação, vezes o tempo de utilização do veículo. Essa capacidade potencial foi corrigida pelo fator de aproveitamento do veículo e pelo fator de desempenho em operação de carga e descarga (Tabela 3.2). Supôs-se que o aproveitamento dos veículos fosse diferenciado por região, mas não por empresa, como se todos os caminhões de uma categoria tivessem a mesma utilização na região, independentemente de quem os possuísse. As tkm estimadas por Estado estão apresentadas na Tabela 3.3.

Despesas dos Fatores

O custo de capital de um caminhão foi estimado pela soma de um custo de oportunidade imputado, de 12% sobre o valor do caminhão, mais um custo anual de depreciação e o seguro do casco do veículo. Conhecendo-se a frota de veículos por categoria de caminhão, determinou-se a despesa correspondente de capital da macroempresa, no período considerado.

Os dados sobre a mão-de-obra incluíram a quantidade de pessoal empregado por categoria de tráfego, manutenção e administração, e as despesas com salários e remuneração de sócios e proprietários da empresa. As despesas com energia foram obtidas diretamente das contas operacionais, sem especificação do tipo nem da quantidade consumida de cada combustível. As despesas com carreteiros foram também obtidas diretamente das contas operacionais, mas sem os volumes transportados. Finalmente, as despesas com materiais não energéticos foi um agregado composto de todos os outros itens não computados em mão-de-obra, capital, energia e carreteiros, tais como materiais empregados, energia elétrica, pagamentos a terceiros, impostos, manutenção, alugueis, publicidade, etc.

O custo total da macroempresa foi o somatório de todas as despesas listadas acima. As despesas anuais com capital, mão-de-obra, energia, materiais e carreteiros das macroempresas estão listadas na Tabela 3.4. A Tabela 3.5 apresenta as proporções das despesas de cada fator no custo total das macroempresas.

3.4.3 – Índices de preços

Para calcular as parcelas de cada despesa da transportadora e os preços de mercado dos insumos que entraram na estimativa das equações de proporção da função de custo translog, as variáveis foram agrupadas em categorias que passaram a representar os insumos agregados de produção. Os índices de preços foram calculados pelo quociente entre a despesa e o índice de quantidade do insumo respectivo (Tabela 3.6).

O Índice Divisiva¹³ de quantidade pôde ser formulado para capital (caminhões) e mão-de-obra (pessoal), pois as informações de quantidade e de despesa existiam na base de dados. Energia também pedia um índice de quantidade, porém não foi possível formulá-lo, pois não havia dados de consumo de diesel nem de gasolina. O índice de quantidade de materiais, à semelhança do de energia, também não pôde ser estimado, muito embora seus componentes agregados não pudessem ter sido tão bem definidos como os de energia. Como o preço do carreteiro autônomo não pôde ser obtido do mercado de fretes, a alternativa foi estimá-lo pelo quociente entre a despesa com carreteiros da macroempresa e as toneladas-quilômetro produzidas no Estado.

Estimando-se o preço de um insumo pelo quociente da sua despesa pelas toneladas-quilômetro da transportadora, obtém-se um valor igual ao preço de mercado do insumo dividido pela sua produtividade média (isto é, produção/quantidade do insumo i) na transportadora. Admitindo-se que houvesse retorno constante de escala na indústria de transporte, com a livre entrada de transportadoras no mercado, a produtividade média do insumo seria aproximadamente constante entre as empresas da amostra, e a estimativa de preço seria portanto razoável. Acredita-se que, particularmente nas estimativas dos preços de energia e material, o erro tenha sido desprezível, devido à complementaridade entre os consumos de combustível e manutenção com a quilometragem do veículo. Todavia, a prevalência da razão da despesa por tkm como índice de preço é questionável, para carreteiros autônomos, pois implicaria admitir uma relação constante entre a produção de tkm autônomo e tkm total da empresa, em todas as transportadoras do Estado. A formulação de cada índice está discutida no Anexo C.

3.5 – Análise dos resultados do modelo de custo

3.5.1 – Apresentação dos resultados

O modelo de custo engloba as despesas com capital, energia, mão-de-obra, materiais e carreteiros no cálculo do custo total.

As equações das proporções de despesa do modelo são:¹⁴

$$s_K = b_K + b_{KK} \ln p_K + b_{KL} \ln p_L + b_{KE} \ln p_E + b_{KM} \ln p_M + b_{KC} \ln p_C$$

$$s_L = b_L + b_{LK} \ln p_K + b_{LL} \ln p_L + b_{LE} \ln p_E + b_{LM} \ln p_M + b_{LC} \ln p_C$$

$$s_E = b_E + b_{EK} \ln p_K + b_{EL} \ln p_L + b_{EE} \ln p_E + b_{EM} \ln p_M + b_{EC} \ln p_C$$

$$s_M = b_M + b_{MK} \ln p_K + b_{ML} \ln p_L + b_{ME} \ln p_E + b_{MM} \ln p_M + b_{MC} \ln p_C$$

$$s_C = b_C + b_{CK} \ln p_K + b_{CL} \ln p_L + b_{CE} \ln p_E + b_{CM} \ln p_M + b_{CC} \ln p_C$$

onde s_i é a proporção da despesa do fator i no custo total, p_i o preço do fator i e i o capital (K), a mão-de-obra (L), a energia (E), o material (M) e o carreteiro (C).

As parcelas de despesa (s) e os índices de preços necessários para estimar as equações do modelo de custo estão apresentados nas Tabelas 3.5 e 3.6, respectivamente. Somente 20 observações foram utilizadas dessa base de dados. Os territórios foram eliminados da amostra por causa das condições precárias dos seus sistemas de transporte e pela aparente inconsistência entre as despesas de mão-de-obra e o número de pessoas empregadas. Pará e Mato Grosso foram eliminados da amostra em virtude da acentuada discrepância entre os números de informantes da frota e da mão-de-obra.

Os coeficientes estimados da equação de custo tiveram em geral boa significância estatística (Tabela 3.7). As exceções ficaram com os coeficientes da equação de mão-de-obra (b_{LL} , b_{KL} , b_{LC} e b_{LM}) e com o termo cruzado de capital (b_{KK}). Devido a esses resultados, as elasticidades-preço de trabalho e capital não tiveram boa significância estatística. Os sinais das elasticidades parciais de substituição de Allen (EPSA) foram, de modo geral, consistentes com as expectativas de substituição na tecnologia de transporte. As EPSA foram estimadas para todas as observações da amos-

Tabela 3.7 – Coeficientes estimados da função de custo translog¹

COEFICIENTES ²		DESVIOS-PADRÃO ³
b_K	0,100	0,004
b_L	0,197	0,010
b_E	0,191	0,008
b_M	0,221	-
b_C	0,292	0,006
b_{KK}	0,005	0,010 ^{***}
b_{LL}	0,012	0,021 ^{***}
b_{EE}	0,128	0,005
b_{MM}	0,149	-
b_{CC}	0,136	0,008
b_{KL}	0,012	0,009 ^{**}
b_{KE}	0,008	0,004 [*]
b_{KM}	-0,006	0,007 ^{**}
b_{KC}	-0,018	0,005
b_{LE}	-0,018	0,005
b_{LM}	0,002	0,011 ^{***}
b_{LC}	-0,007	0,012 ^{***}
b_{EM}	-0,075	0,005
b_{EC}	-0,043	0,003
b_{MC}	-0,069	0,006

R^2 (do sistema) = 0,9677.

FONTE: Base de Dados [IBGE (1982)]

¹ Pacote computacional: Statistical Analysis System, SAS Institute INC; 1979 User's Guide.

² Capital (K), mão-de-obra (L), energia (E), material (M) e carreteiro e autônomo (C).

³ Níveis de significância: * (>8%), ** (>20%), *** (>56%)

tra (Tabela 3.11). Todavia, somente as referentes a Santa Catarina, que foi o Estado típico da amostra, isto é, o ponto de aproximação da função de custo translog, serão referenciadas na discussão dos resultados (Tabela 3.8). Além disto, as elasticidades-preço, em vez das de substituição, serão utilizadas na discussão, por terem um conteúdo intuitivo mais rico, sem prejuízo para a análise (Tabelas 3.9). Convém ressaltar, finalmente, que a proporção da despesa de cada insumo estimada para cada macroempresa foi positiva em todas as observações da amostra, exceto na de carreteiro do Maranhão, indicando o bom nível de aproximação da função de custo translog (Tabela 3.12). As proporções da empresa típica estão na Tabela 3.10.

3.5.2 – Discussão das elasticidades-preço dos insumos

As elasticidades-preço dos fatores de capital, mão-de-obra, material e carreteiro da empresa típica da amostra tiveram os sinais corretos. A demanda por energia do transporte de carga foi (relativamente) inelástica ao preço no modelo de custo. Evidências do setor de cargas sugerem, de fato, mais preocupação com a disponibilidade do combustível do que propriamente com o preço, o que não contradiz o resultado do modelo.¹⁵

A elasticidade cruzada de capital e energia ϵ_{KE} , cujo sinal positivo indica a existência de substituição de energia por capital, sugere que as transportadoras da amostra substituiriam os veículos que se tornassem ineficientes, face a novos preços, por veículos econômicos¹⁶ (veja também nota 3 do Capítulo 2). Recomenda-se, entretanto, cautela na interpretação desses resultados, pois acredita-se que a agregação das transportadoras do Estado tenha contribuído para que a substituíbilidade de energia por capital se instalasse nos resultados. Há dois pontos a considerar nesta observação: o primeiro é que a composição da frota de uma transportadora depende da sua atividade de transporte; e o segundo é que a atividade de transporte depende da demanda, que por sua vez depende da região (Estado) onde se produz a tkm. Assim, a relação entre capital e energia poderá ter variado entre as observações da amostra devido mais às peculiaridades das demandas estaduais do que às

Tabela 3.8 – Elasticidades parciais de substituição de Allen para Santa Catarina¹

$\sigma_{KK} = -8,531$	$\sigma_{LL} = -3,784$	$\sigma_{EE} = -0,723$	$\sigma_{CC} = -0,826$	$\sigma_{MM} = -0,465$
$\sigma_{KL} = 1,585$	-	-	-	-
$\sigma_{KE} = 1,416$	$\sigma_{LE} = 0,516$	-	-	-
$\sigma_{KC} = 0,395$	$\sigma_{LC} = 0,883$	$\sigma_{EC} = 0,235$	-	-
$\sigma_{KM} = 0,717$	$\sigma_{LM} = 1,036$	$\sigma_{EM} = -0,788$	$\sigma_{CM} = -0,077$	-

FONTE: Modelo de Custo Translog (Tabela 3.11)

¹ Macroempresa típica da amostra.

Tabela 3.9 – Elasticidades-preço para Santa Catarina

$\epsilon_{KK} = -0,855$	$\epsilon_{LL} = -0,744$	$\epsilon_{EE} = -0,138$	$\epsilon_{CC} = -0,241$	$\epsilon_{MM} = -0,102$
$\epsilon_{KL} = 0,311$	$\epsilon_{LK} = 0,159$	$\epsilon_{EL} = 0,102$	$\epsilon_{CL} = 0,174$	$\epsilon_{ML} = 0,204$
$\epsilon_{KE} = 0,270$	$\epsilon_{LE} = 0,099$	$\epsilon_{EK} = 0,142$	$\epsilon_{CK} = 0,040$	$\epsilon_{MK} = 0,073$
$\epsilon_{KC} = 0,115$	$\epsilon_{LC} = 0,258$	$\epsilon_{EC} = 0,044$	$\epsilon_{CE} = 0,052$	$\epsilon_{ME} = -0,171$
$\epsilon_{KM} = 0,158$	$\epsilon_{LM} = 0,229$	$\epsilon_{EM} = -0,173$	$\epsilon_{CM} = -0,017$	$\epsilon_{MC} = -0,022$

FONTE: Modelo de Custo Translog (subseção 3.3.2, Expressão (11))

Tabela 3.10 – Proporções das despesas com insumos para Santa Catarina

$M_K = 0,100$	$M_L = 0,197$	$M_E = 0,191$	$M_C = 0,292$	$M_M = 0,220$
---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

FONTE: Modelo de Custo Translog (Tabela 3.12)

possibilidades de substituição técnica nas transportadoras. Cabe notar que, como a composição da frota variou significativamente entre os dados da amostra (Tabela 3.1), não se poderia ignorar o possível impacto da agregação na substituição constatada de energia por capital. A propósito, acredita-se que a tendência de longo prazo no transporte de carga geral seja de fato a de aumentar a capacidade dos veículos na medida em que for aumentando a demanda por transporte. Porém, como os atributos da demanda não foram especificados no modelo de custo, este fenômeno não está caracterizado nos resultados.

A possibilidade de substituição de mão-de-obra por capital, apesar de b_{KL} ter tido pequena significância estatística, parece intensa no transporte rodoviário de cargas, segundo os dados da Tabela 3.9. A assimetria nos valores das elasticidades cruzadas, ϵ_{KL} e ϵ_{LK} , foi devida à diferença das proporções da despesa de K e L no custo total. Esta observação indica apenas que as transportadoras reagem com mais intensidade ao aumento do preço da mão-de-obra do que ao aumento equivalente no preço do capital, por causa do maior peso da mão-de-obra no custo total.¹⁷

A elasticidade cruzada entre capital e carreteiros, ϵ_{KC} , sustenta a hipótese de que as empresas utilizam a capacidade contratada aos autônomos para regular a oferta do serviço próprio, isto é, substitui capacidade própria por capacidade autônoma. Em geral, a demanda por capacidade autônoma foi pouco sensível ao preço dos outros insumos, segundo os resultados da Tabela 3.12. Na literatura, Friedlaender e Spady (1981) também reportam substituição de capacidade própria por autônoma.

Além das substituições mais relevantes com relação aos caminhões (capital), a Tabela 3.9 mostra alguns resultados interessantes, previamente antecipados. Por exemplo, a complementaridade de energia e materiais captados pelo modelo parece uma relação natural na operação de transporte em que o consumo de ambos os insumos estão ligados diretamente via capital (caminhões), isto é, se for aumentada a frota de veículos, energia e manutenção também devem aumentar na mesma proporção, e vice-versa. O processo de

substituição de caminhões nas transportadoras de cargas será discutido com maiores detalhes na introdução do capítulo seguinte, que apresenta os resultados do modelo de produção das empresas rodoviárias de cargas.

Tabela 3.1 – Frota de caminhões das empresas de transporte rodoviário de cargas^a

Estados	(Número de veículos)											
	Caminhão			Carreta			Reboque			Furgão		Basculante
	G	L	F	G	L	F	G	L	F	G	F	
AC	11	0	2	1	0	0	0	0	0	3	0	0
AL	29	28	0	66	3	0	4	0	0	9	0	4
AM	126	1	20	37	0	18	9	0	8	8	7	17
AP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BA	589	48	0	266	238	0	162	13	0	81	0	110
CE	287	71	6	52	94	2	24	58	0	108	1	3
DF	313	80	0	17	62	0	13	5	0	54	0	22
ES	926	99	11	214	6	9	27	9	9	153	3	69
GO	480	284	23	79	20	0	5	2	0	44	0	3
MA	14	20	1	6	2	0	2	0	0	6	0	6
MG	4.377	473	178	1.515	216	79	333	56	1	651	3	401
MS	217	90	1	43	20	26	12	7	0	56	2	0
MT	119	60	0	42	44	0	1	1	0	25	0	1
PA	66	6	0	8	0	0	58	0	0	2	0	1
PB	61	13	0	22	4	0	0	0	0	21	0	0
PE	356	109	0	81	17	0	74	41	0	50	0	27
PI	72	66	0	8	4	0	1	11	0	13	0	1
PR	3.192	400	50	1.191	403	148	54	114	2	933	10	234
RJ	4.138	517	45	2.159	152	42	619	249	25	885	2	135
RN	255	49	0	104	0	0	2	0	0	26	0	3
RO	5	4	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1
RR	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RS	3.241	469	204	1.478	440	571	281	101	21	842	46	225
SC	1.907	216	201	540	139	81	63	8	3	360	2	25
SE	163	43	0	28	14	0	18	0	0	0	0	10
SP	19.491	1.813	275	6.124	1.842	423	1.592	219	40	3.056	34	834
Total	40.256	4.959	1.017	14.081	3.717	1.399	3.354	894	109	7.391	110	2.132

FONTE: Empresas de Transporte Rodoviário, IBGE, 1982.

- ^aG = carga geral;
 L = carga líquida;
 F = carga frigorificada.

Tabela 3.2 – Fatores de aproveitamento e velocidades médias dos veículos de carga

Estados	Caminhão	Carreta	Reboque	Basculante	Furgão
AC	0,4	0,48	0,6	0,5	0,30
AL	0,6	0,72	0,6	0,5	0,35
AM	0,4	0,48	0,6	0,5	0,30
AP	0,4	0,48	0,6	0,5	0,30
BA	0,6	0,72	0,6	0,5	0,35
CE	0,6	0,72	0,6	0,5	0,30
DF	0,4	0,84	0,6	0,5	0,40
ES	0,7	0,84	0,6	0,5	0,40
GO	0,4	0,84	0,6	0,5	0,40
MA	0,6	0,72	0,6	0,5	0,35
MG	0,7	0,84	0,6	0,5	0,40
MS	0,4	0,84	0,6	0,5	0,40
MT	0,4	0,84	0,6	0,5	0,40
PA	0,4	0,48	0,6	0,5	0,30
PB	0,6	0,72	0,6	0,5	0,30
PE	0,6	0,72	0,6	0,5	0,35
PI	0,6	0,72	0,6	0,5	0,35
PR	0,7	0,84	0,6	0,5	0,40
RJ	0,7	0,84	0,6	0,5	0,40
RN	0,6	0,72	0,6	0,5	0,35
RO	0,4	0,48	0,6	0,5	0,30
RR	0,4	0,48	0,6	0,5	0,30
RS	0,7	0,84	0,6	0,5	0,40
SC	0,7	0,84	0,6	0,5	0,40
SE	0,6	0,72	0,6	0,5	0,35
SP	0,7	0,84	0,6	0,5	0,40
					(km/h)
Velocidade média	48	51	51	98	26

FONTE: GEIPOT (Consulta a Pesquisa sobre Inter-relacionamentos dos Custos Rodoviários, PICR).

Tabela 3.3 – Estimativas das toneladas-quilômetro (1979)

Estados	TKM (10^3)
AC	6.744
AL	241.860
AM	171.087
AP	0
BA	1.790.801
CE	417.790
DF	137.139
ES	1.767.459
GO	822.983
MA	53.147
MG	10.017.465
MS	398.059
MT	181.942
PA	298.163
PB	112.983
PE	878.225
PI	156.664
PR	7.665.112
RJ	11.260.760
RN	451.919
RO	5.570
RR	1.589
RS	8.919.591
SC	3.579.319
SE	248.922
SP	42.107.403

FONTE: Estimado da frota de veículos do Estado e dos coeficientes de utilização e das velocidades médias de operação (programa AMR GERATKM).

Tabela 3.4 – Despesas anuais das empresas de transporte rodoviário de cargas

(Cr\$ 10³)¹

Estados	Capital	Mão-de-Obra	ENERGIA	Material	Carreteiro	Despesa Total
AC	-	-	-	-	-	-
AL	19.721	25.896	45.965	79.974	13.197	184.753
AM	29.303	37.886	32.769	74.433	14.888	189.279
AP	-	-	-	-	-	-
BA	188.543	480.089	275.092	770.297	458.529	2.172.550
CE	74.945	204.068	96.037	230.483	252.913	858.446
DF	40.147	70.219	74.157	108.010	44.393	336.926
ES	146.127	352.971	220.587	325.193	240.851	1.285.759
GO	85.554	196.468	199.990	210.234	306.120	990.366
MA	5.546	6.156	12.665	10.174	1.416	35.957
MG	879.401	1.782.747	1.320.766	2.338.892	3.290.502	9.612.288
MS	49.901	86.438	76.691	155.166	169.717	537.913
MT	33.478	49.461	21.824	81.208	164.400	350.371
PA	13.932	32.936	28.296	62.984	95.249	233.397
PB	11.950	24.938	28.056	50.022	49.956	164.922
PE	74.507	277.835	169.612	325.047	288.980	1.135.981
PI	15.571	22.447	32.955	34.571	33.583	139.127
PR	739.519	1.216.031	1.273.058	1.516.092	2.794.423	7.539.123
RJ	1.000.867	2.614.053	1.161.378	2.987.008	4.136.268	11.899.574
RN	46.053	94.080	87.175	109.025	48.854	385.187
RO	-	-	-	-	-	-
RR	-	-	-	-	-	-
RS	984.588	2.161.628	1.320.978	2.680.271	5.216.830	12.364.295
SC	373.847	649.215	740.666	989.706	1.143.870	3.806.304
SE	27.649	53.727	51.143	60.224	44.000	236.743
SP	3.857.175	7.388.827	5.122.286	8.630.656	12.457.288	37.456.232

FONTE: Empresas de Transporte Rodoviário, IBGE, 1982.

¹ Em cruzeiros de 1979.

Tabela 3.5 – Proporções das despesas com insumos^a

Estados	M _K	M _L	M _E	M _M	M _C
AC	-	-	-	-	-
AL	0,107	0,140	0,249	0,433	0,071
AM	0,155	0,200	0,173	0,393	0,079
AP	-	-	-	-	-
BA	0,087	0,221	0,127	0,355	0,211
CE	0,087	0,238	0,112	0,268	0,295
DF	0,119	0,208	0,220	0,321	0,132
ES	0,114	0,275	0,172	0,253	0,187
GO	0,086	0,197	0,200	0,211	0,307
MA	0,154	0,171	0,352	0,283	0,039
MG	0,091	0,185	0,137	0,243	0,342
MS	0,093	0,161	0,143	0,288	0,316
MT	0,096	0,141	0,062	0,231	0,469
PA	0,060	0,141	0,121	0,270	0,408
PB	0,072	0,151	0,170	0,303	0,303
PE	0,066	0,245	0,149	0,286	0,254
PI	0,112	0,161	0,237	0,248	0,241
PR	0,098	0,161	0,169	0,201	0,371
RJ	0,084	0,220	0,098	0,251	0,348
RH	0,120	0,244	0,226	0,283	0,127
RO	0,029	0,088	0,013	0,272	0,598
RR	-	-	-	-	-
RS	0,080	0,175	0,107	0,217	0,422
SC	0,098	0,171	0,195	0,236	0,301
SE	0,117	0,227	0,216	0,254	0,186
SP	0,103	0,197	0,137	0,230	0,333

FONTE: Empresas de Transporte Rodoviário, IBGE, 1982.

^aA proporção da despesa do insumo na despesa total da empresa é: capital (K), mão-de-obra (L), energia (E), material (M) e carreteiros (C).

Tabela 3.6 - Índices de preço dos insumos^a

Estados	IND-PK	IND-PL	IND-PE	IND-PK	IND-PC
AC	0,421	-	-	-	-
AL	0,744	0,875	0,918	1,317	0,171
AM	0,789	1,139	0,926	1,733	0,272
AP	-	-	-	-	-
BA	0,805	1,378	0,742	1,713	0,801
CE	0,932	0,762	1,111	2,197	1,894
DF	0,736	1,106	2,613	3,136	1,013
ES	1,032	0,835	0,603	0,733	0,426
GO	0,845	0,915	1,174	1,017	1,164
MA	0,717	0,198	1,132	0,762	0,083
MG	0,993	1,139	0,637	0,930	1,028
MS	1,005	0,880	0,931	1,333	1,334
MT	0,741	-	0,580	1,778	2,827
PA	0,425	-	0,459	0,841	1,000
PB	0,663	0,687	1,200	1,763	1,384
PE	0,738	0,929	0,933	1,474	1,030
PT	0,629	0,664	1,017	0,879	0,671
PR	1,006	0,990	0,803	0,788	1,141
RJ	1,015	1,073	0,498	1,056	1,149
RN	0,636	1,133	0,932	0,961	0,338
RO	0,111	-	0,412	7,050	12,160
RR	0,034	-	0,000	-	-
RS	0,990	1,162	0,716	1,197	1,830
SC	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
SE	0,66	0,133	0,993	0,964	0,553
SP	1,012	1,182	0,388	0,816	0,926

FONTE: Base de Dados [IBGE (1982)].

^aNormalizados em relação ao Estado de Santa Catarina. Os índices de preço dos insumos são: capital (K), mão-de-obra (L), energia (E), material (M) e carreteiros (C). Ver Anexo C.

Tabela 3.11 – Estimativas das elasticidades parciais de substituição de Allen^a

Estados	σ_{KK}	σ_{LL}	σ_{EE}	σ_{MM}	σ_{CC}	σ_{KL}	σ_{KE}	σ_{KM}	σ_{KC}	σ_{LE}	σ_{LM}	σ_{LC}	σ_{EC}	σ_{EM}	σ_{MC}
AC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AL	-6,639	-3,591	-0,935	-0,579	55,898	1,444	1,268	0,873	-2,379	0,624	1,019	0,216	-3,372	0,182	-3,252
AM	-7,045	-3,572	-0,722	-0,566	8,732	1,467	1,348	0,869	-0,782	0,539	1,019	0,609	-1,691	0,014	-1,085
AP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BA	-6,451	-3,588	2,075	-0,649	-0,797	1,554	1,690	0,818	0,266	0,226	1,022	0,864	-0,565	-0,937	0,148
CE	-10,612	-3,998	1,393	-0,671	-0,789	1,755	1,800	0,731	0,326	0,209	1,029	0,890	-0,080	-1,154	0,250
DF	-8,527	-4,235	-0,908	-0,667	-0,318	1,644	1,356	0,805	0,009	0,544	1,027	0,789	-0,072	-0,054	-0,215
ES	-7,602	-3,507	-0,704	-0,657	-0,725	1,493	1,377	0,793	0,276	0,542	1,027	0,854	-0,029	-0,471	-0,167
GO	-8,839	-3,946	-0,824	-0,285	-0,810	1,627	1,402	0,679	0,407	0,531	1,040	0,885	0,322	-0,832	-0,117
MA	-6,604	-4,001	-0,785	-0,648	518,239	1,845	1,173	0,855	9,103	0,732	1,024	3,074	7,834	0,390	12,790
MG	-8,730	-3,581	0,320	-0,583	-0,795	1,571	1,601	0,736	0,434	0,347	1,010	0,898	0,011	-1,304	0,103
MS	-9,519	-3,816	0,449	-0,658	-0,814	1,653	1,635	0,745	0,356	0,330	1,029	0,887	-0,010	-1,000	0,161
MT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	-9,998	-4,120	-0,275	-0,657	-0,820	1,731	1,572	0,732	0,312	0,384	1,031	0,877	0,115	-0,723	0,144
PE	-9,078	-3,847	0,011	-0,670	-0,833	1,629	1,559	0,766	0,325	0,378	1,028	0,876	-0,020	-0,765	0,120
PI	-8,423	-2,973	-0,901	-0,525	-0,827	1,602	1,351	0,732	0,320	0,569	1,036	0,862	0,257	-0,465	-0,174
PR	-8,781	-3,724	-0,536	-0,163	-0,769	1,593	1,465	0,666	0,459	0,481	1,040	0,900	0,276	-1,233	-0,074
RJ	-9,260	-3,509	5,601	-0,658	-0,769	1,593	1,948	0,751	0,432	0,042	1,027	0,905	-0,403	-2,065	0,240
RN	-7,108	-3,670	-0,915	-0,674	0,179	1,481	1,297	0,823	0,046	0,601	1,026	0,788	-0,209	-0,121	-0,487
RO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RS	-9,853	-3,696	2,973	-0,531	-0,697	1,657	1,859	0,690	0,460	0,146	1,033	0,911	-0,072	-2,077	0,200
SC	-8,531	-3,784	-0,723	-0,465	-0,826	1,585	1,416	0,717	0,395	0,516	1,036	0,883	0,235	-0,788	-0,077
SE	-7,683	-3,766	-0,869	-0,636	-0,730	1,528	1,339	0,781	0,273	0,568	1,030	0,846	0,090	-0,366	-0,213
SP	-8,496	-3,526	-0,459	-0,555	-0,798	1,549	1,571	0,736	0,444	0,372	1,031	0,899	0,028	1,306	0,072

FONTE: Modelo de Custo Translog (Subseção 3.3.2, Expressão (10))

^aCapital (K), mão-de-obra (L), energia (E), material (M) e carreteiro (C).

Tabela 3.12 — Estimativas das proporções das despesas com insumos^a

Estados	s_K	s_L	s_E	s_M	s_C
AC					
AL	0,126	0,205	0,235	0,392	0,042
AM	0,120	0,206	0,191	0,400	0,083
AP					
BA	0,101	0,205	0,114	0,341	0,239
CE	0,081	0,188	0,122	0,286	0,323
DF	0,100	0,178	0,223	0,320	0,178
ES	0,112	0,209	0,189	0,271	0,219
GO	0,097	0,190	0,204	0,201	0,308
MA	0,127	0,187	0,362	0,341	-0,017
MG	0,098	0,206	0,137	0,242	0,319
MS	0,090	0,195	0,139	0,271	0,304
MT					
PA					
PB	0,086	0,183	0,161	0,271	0,299
PE	0,095	0,194	0,151	0,283	0,278
PI	0,101	0,189	0,223	0,230	0,257
PR	0,098	0,199	0,175	0,192	0,334
RJ	0,093	0,209	0,090	0,272	0,336
RN	0,119	0,202	0,225	0,298	0,156
RO					
RR					
RS	0,087	0,200	0,106	0,231	0,375
SC	0,100	0,197	0,191	0,220	0,292
SE	0,110	0,197	0,213	0,259	0,220
SP	0,101	0,208	0,138	0,236	0,317

FONTE: Modelo de Custo (Seção 3.3, Expressão (9))

^aAs proporções são: capital (K), mão-de-obra (L), energia (E), material (M) e carreteiro autônomo (C).

Notas:

¹ Como a função de custo unitário independe de y , não houve problemas com a estimação da função de custo deste trabalho.

² A empresa típica é o ponto de expansão da translog na amostra de dados.

³ O efeito regional foi basicamente ignorado no trabalho econométrico, tendo havido apenas uma tentativa de captá-lo variando-se o fator de utilização dos veículos por região (Tabela 3.4).

⁴ A base amostral da função de produção deu origem a duas tecnologias distintas de transporte (Capítulo 4).

⁵ As condições de regularidade de T estão muito bem apresentadas em Panzar e Willig (1977). Especificamente, as condições necessárias do conjunto de insumos para produzir y , $T(y)$, são convexidade e monotonicidade: ($x \in T(y)$, $x' \geq x$, então $x' \in T(y)$). Salienta-se que a função de transformação $F(x,y)$ é denominada função de produção quando y corresponde a um só produto.

⁶ Essas características são função do desenvolvimento e da produção estadual.

⁷ É a seguinte a elasticidade parcial de substituição de Allen (Anexo 3.B):

$$\epsilon_{ij} = \frac{\sum_h^N p_h x_h^*}{x_i^* x_j^*} \cdot \frac{\partial x_i^*}{\partial p_j}$$

onde x_i^* é a quantidade do insumo i , $i=1, \dots, N$, e p_j preço do insumo j .

⁸ A especificação geral da função de custo translog aproximada no ponto (\bar{y}, \bar{p}) tem a seguinte forma:

$$\ln C(y,p) = b_0 + \sum_i b_i \ln(p_i/\bar{p}_i) + \frac{1}{2} \sum_{ij} b_{ij} \ln(p_i/\bar{p}_i) \ln(p_j/\bar{p}_j) +$$

$$+ b_y \ln(y/\bar{y}) + \frac{1}{2} b_{yy} (\ln(y/\bar{y}))^2 + \\ + \frac{1}{2} \sum_i b_{yi} \ln(y/\bar{y}) \ln(p_i/\bar{p}_i)$$

onde y é o produto (ou índice de produtos) p_i o preço do insumo i , $i=1, \dots, N$, e b_0 , b_i , b_{ij} , b_y , b_{yy} e b_{yi} são parâmetros.

⁹Observe-se que a equação (4) representa a equação geral da translog da nota anterior com as seguintes restrições paramétricas: $b_y = 1$, $b_{yy} = 0$ (retornos constantes) e $b_{yi} = 0$, $i = 1, \dots, N$ (homoteticidade).

¹⁰A propriedade derivativa da função de custo é também conhecida como lema de Shephard (McFadden 1978).

¹¹As despesas operacionais são gastos com material empregado, energia elétrica, pagamento a terceiros e pagamento a carreteiros. As despesas diversas são gastos com impostos e taxas, manutenção e reparação de equipamentos, alugueis e arrendamentos, fretes e carretos (excluem-se carreteiros), combustíveis e lubrificantes de manutenção, publicidade e propaganda, juros e despesas bancárias, serviços profissionais de terceiros e seguros.

¹²As tabelas 3.1 a 3.6 e 3.11 a 3.12, mencionadas ao longo do texto, encontram-se no final do capítulo.

¹³Alguns aspectos teóricos da formação de índices estão discutidos no Anexo A. O método de cálculo de cada índice, encontram-se no Anexo C.

¹⁴A equação de materiais (s_M) foi eliminada do sistema nas estimativas dos coeficientes pelo método de Zellner (1962).

¹⁵A possibilidade de repassar ao consumidor a variação do preço do combustível, na mesma proporção do aumento sofrido, elimina o impacto do novo preço na operação da transportadora, que, no entanto, poderá experimentar, a médio prazo, uma retração da demanda.

¹⁶Na interpretação das elasticidades, as possibilidades de substituição com arranjos da operação de transporte não podem ser levadas em conta, pois a quilometragem mensal de cada veículo é constante por hipótese. Neste modelo de custo, substituir capital significa substituir caminhões.

¹⁷Nas estimativas do preço da mão-de-obra teria sido preferível utilizar o número de horas trabalhadas por categoria em vez do número de empregados, apesar das diferenças regionais de produtividade. Não obstante, devido a disponibilidade da base de dados, utilizou-se unicamente o número de empregados no cálculo do índice.

4 - A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO: DESCRIÇÃO E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

4.1 - Introdução

Em paralelo ao estudo da função de custo das empresas de transportes rodoviários, foi desenvolvido em outro sobre a função de produção dessas empresas,¹ os quais, a rigor, tinham o mesmo objetivo: o de conhecer a estrutura produtiva das ETC. Esta identidade, era, no entanto, mais teórica do que prática, devido às diferenças entre as duas bases de dados. Enquanto a amostra da função de custo compunha-se de transportadoras agregadas a nível estadual, como se fosse o Estado uma macroempresa, a observação elementar da base de dados do trabalho de produção foi a transportadora individual (os dados foram cedidos pela Associação Nacional das Empresas de Transportes Rodoviário de Carga). Admitiram-se retornos constantes de escala na produção em ambos os modelos. Todavia, a despeito do tratamento análogo dispensado à tecnologia nas duas abordagens, os resultados divergiram. Os valores das elasticidades-preço dos fatores foram normalmente mais elevados, constatando-se ainda a complementaridade entre capital e energia no modelo de produção.

A substituíbilidade entre capital e energia, obtida do modelo de custo, que se contrapõe à complementaridade do modelo de produção, deu origem à discussão sobre a validade dos resultados. A adoção de um determinado resultado teria, em princípio, implicações distintas daquelas relativas ao outro na orientação das políticas de transportes, pois os impactos nas empresas transportadoras seriam previstos diferentemente. Para examinar como seriam essas diferenças, é necessário interpretar o processo de substituição dos equipamentos nas transportadoras. Sabe-se, por exemplo, que uma empresa substitui gasolina por diesel não porque tem preferência por esse combustível, nem por causa de apelos do Governo, mas sim em virtude do seu comportamento otimizador, que minimiza o custo total (ver Capítulo 2, nota 3).

A substituição de energia por capital normalmente ocorre quando há troca do tipo de veículo na operação de transporte. Essa troca, entretanto, está sempre atrelada aos atributos da demanda de transportes. Quanto mais sensível for a demanda aos atributos da viagem, tanto mais sensível deverá ser a demanda derivada de e

nergia. Há, entretanto, um aspecto complicador nesta relação direta entre atributo e demanda, pois existe mais de um atributo a ponderar. Os atributos básicos do serviço de transporte são o preço e o tempo de viagem. Tanto pode ocorrer que a demanda de transporte seja mais sensível ao preço (isto é, preço-elástica) do que ao tempo da viagem, como pode ocorrer o oposto. Tomando-se o primeiro caso e admitindo-se que a energia pese significativamente no preço do frete, a demanda derivada de energia nas transportadoras tenderá a ser preço-elástica. Este seria o caso em que, devido ao aumento do preço do combustível, haveria forte pressão para que se trocasse de veículos na transportadora, a fim de reduzir o consumo específico de energia na tonelada-quilômetro. Por outro lado, se a demanda de transporte fosse mais sensível ao tempo do que ao preço da viagem, a demanda derivada de energia tenderia a ser inelástica em relação ao preço, isto é, qualquer tentativa de troca de veículos devida à elevação do preço do combustível que viesse a alterar o tempo da viagem de forma mais que proporcional à alteração do frete tenderia a não se concretizar na transportadora.

As possibilidades de troca de veículo dependem das opções de veículos no mercado e da flexibilidade operacional da empresa para reprogramar o plano de operações. Uma transportadora, por exemplo, que operasse uma única rota entre duas localidades encontraria dificuldades para substituir o tipo dos veículos dessa rota. Praticamente, ela não teria folga na operação para absorver os impactos no nível de serviço causados por novos veículos. E, não ser que esses veículos tivessem o mesmo porte dos substituídos, o tempo de viagem na rota seria normalmente alterado. Isso porque o tamanho econômico dos carregamentos deveria ser maior e, para tanto, os intervalos entre despachos na rota tenderiam a ser também maiores. Assim, para que houvesse a substituição dos veículos da rota, a demanda de transporte deveria ser basicamente inelástica em relação ao tempo da viagem.

Por outro lado, a empresa, se servisse diversos pares de origem-destino (O-D), teria mais folga na operação para absorver os impactos da elevação do preço do combustível, empregando caminhões de maior capacidade. Basicamente, ela independeria (ou dependeria menos) da elasticidade das demandas em relação ao tempo

de viagem para promover rearranjos operacionais. Em virtude da liberdade de compor rotas, ela faria sua escolha de veículos e rotas com base num conjunto maior de alternativas, o que lhe possibilitaria encontrar uma solução mais lucrativa de operação, face à variação do preço da energia. É como se a demanda das duas localidades pudesse agora ser atendida por veículos designados para rotas maiores, que as incluíssem no trajeto como um trecho intermediário. O tempo médio de despacho (e o preço do frete) entre as localidades tenderia a sofrer variações menores do que as da rota isolada, pois, naturalmente, essas localidades poderiam ser incluídas em mais de uma rota de transporte como trecho intermediário.

Ainda nessa linha de análise das possibilidades de substituição de veículos nas transportadoras, convém notar que, à medida que cresça o número de pares O-D na operação das transportadoras, surgem novas oportunidades de consolidação de fretes em terminais ou nas próprias rotas [de Neufville et al (1974)]. Dependendo da densidade de rotas e da expectativa de aumento do preço de energia, a transportadora poderá passar também a consolidar fretes além do novo roteamento e troca de veículos. A consolidação permitiria realizar os ganhos de escala no manuseio (consolidação) e na movimentação (formação de linhas-tronco) de mercadorias. Assim, essa análise mostra uma necessidade de caracterizar a demanda de transporte e o modo de operação da empresa antes de se procurar antecipar qual será a reação da solução ótima, face a uma variação dos preços relativos dos insumos. Essa solução é sempre o conjunto de rotas e veículos que minimiza o custo total de atendimento à demanda. E é pela variação das despesas de insumos entre soluções ótimas que se constata as possibilidades técnicas de substituição na transportadora.

A relação de substituição ou complementaridade entre capital e energia não pode ser caracterizada apenas pela troca do porte dos veículos entre soluções ótimas. É necessário que a variação das despesas agregadas de energia e de capital entre essas soluções revele a relação dos insumos. Ela é complementar — no sentido da elasticidade parcial de Allen (Anexo B) — se a despesa de capital diminui quando o preço da energia aumenta, ou é de substituição se a despesa de capital aumenta quando o preço da ener-

gia aumenta. Todavia, a substituibilidade poderá ser constatada imediatamente quando a troca se verificar entre veículos do mesmo porte que tenham diferentes taxas de consumo, ou consumam combustíveis diferentes. Se essa troca for, no entanto, entre veículos de portes diferentes (consumindo ou não o mesmo combustível), nada se poderá dizer. É factível imaginar uma empresa de transporte que, devido à variação do preço da energia, se transformasse em uma "nova empresa" com terminais de consolidação de fretes e veículos de maior porte e tivesse uma despesa de capital (veículos) menor do que a anterior. Haveria, no caso, complementaridade entre capital e energia, e não substituibilidade, como seria de se supor à primeira vista pela existência dos veículos de maior porte na solução nova. Todavia, essa complementaridade não causa estranheza se for levado em conta que parte da frota própria existente foi substituída por "formas de consolidação" ou por capacidade autônoma. Isto significa que a nova frota própria passou a ser melhor utilizada (mais produtiva) com o novo arranjo de despachos e pôde ser, portanto, reduzida na solução mais atual. A conciliação entre os controversos resultados dos dois modelos fundamenta-se nessa observação e será discutida na Seção 4.5.

As soluções novas nas empresas decorrem de mudanças nos preços dos insumos. Elas são acontecem em função da competência gerencial da transportadora, que é refletida na capacidade de "rotear" veículos e no controle de custos operacionais, e em função da elasticidade da demanda aos atributos do serviço da transportadora. Normalmente, as soluções tendem a permanecer estáveis se as condições acima não são observadas. Se existe carência gerencial, pode ser mais conveniente substituir capacidade própria do que procurar roteamento ótimo, particularmente se a demanda é pouco sensível aos atributos do serviço. Por isso, a especificação dos modelos econométricos deve incluir variáveis que captem aspectos gerenciais e operacionais das empresas. No caso deste estudo, o poder explicativo dos modelos foi limitado, basicamente, pela agregação da base de dados.

Na discussão dos resultados, além desses pontos serão examinados aspectos de substituição da capacidade própria pela capacidade autônoma e as implicações na substituição de energia por ca

pital na transportadora. Neste capítulo, faz-se uma breve introdução à função de produção na Seção 4.2. A dedução do sistema de equações de proporções está apresentada no Anexo E. A base de dados encontra-se descrita na Seção 4.3, e a discussão dos resultados está apresentada na Seção 4.4. Finalmente, na Seção 4.5 examina-se o processo de substituição da capacidade própria pela capacidade autônoma das transportadoras.

4.2 – Função de produção translog

Na premissa básica do trabalho, estipulou-se que as empresas transportadoras maximizavam lucro, condicionadas aos preços de mercado dos insumos e dos fretes de transporte e à fronteira de possibilidades de produção. Admitiu-se também livre entrada de transportadoras no mercado de transporte.

As condições de equilíbrio na produção de uma empresa são as que asseguram a otimização da solução do problema de maximização de lucro, devendo ser atendidas pela firmas que se encontram na fronteira de produção. De forma análoga ao tratamento dispensado à função de custo, admitiu-se, como hipótese, que haveria um só produto de transporte, medido em toneladas-quilômetro, e retornos constantes de escala na função de produção das tkm, assegurando-se desta forma que a receita fosse igual ao custo total com lucro zero.

A função de produção, utilizada para representar a fronteira com um só produto, foi aproximada por uma função translog no ponto médio (\bar{x}, \bar{y}) , que representa a empresa média do setor. As equações das proporções de despesa dos insumos tiveram como variáveis independentes as quantidades dos insumos de produção de transporte. As proporções de despesa independeram da quantidade de tkm devido à hipótese de homogeneidade linear da função de produção.³

4.3 – Base de dados

A base de dados utilizada para o modelo de produção permitiu que se testasse, e rejeitasse, a hipótese de que as empresas transportadoras de curta distância apresentariam a mesma estrutura de produção das transportadoras de longa distância. A base de dados pôde ser separada em duas subamostras: uma com observações de empresas regionais, aquelas que sô operam numa região econômica, e outra com observações de empresas inter-regionais, aquelas que operam em duas ou mais regiões do País. O teste Chow foi empregado para testar a hipótese de igualdade entre os coeficientes estimados das duas subamostras do estudo de produção. Os fatores de produção utilizados no modelo de produção foram capital (caminhões), energia, mão-de-obra, material e carreteiros autônomos. Em relação aos fatores mão-de-obra (L) e autônomos (A) havia informações sobre as despesas no período, enquanto que para capital (K), energia (C) e materiais (D) o mesmo não ocorria. Porém, o detalhamento dos dados sobre a frota das empresas permitiu a obtenção de estimativas das despesas associadas a capital, bem como as de energia e materiais, devido à atribuição de níveis médios de consumo para cada tipo de veículo.

As características operacionais das empresas regionais e inter-regionais estão apresentadas na Tabela 4.1, enquanto as proporções de despesas estimadas pelo modelo de custo e de produção encontram-se na Tabela 4.2. A maior discrepância residiu nas proporções de despesa com mão-de-obra, o que aparentemente se deve à inclusão dos salários do pessoal de administração nas despesas administrativas nas empresas da amostra da NTC. Há também uma discrepância entre as parcelas da despesa com carreteiros no custo total das três amostras. Entretanto, nada há a acrescentar, pois todas as informações foram observadas nas empresas. É curioso observar, entretanto, que a média das parcelas de carreteiros das regionais e inter-regionais – 0,28 – é muito próxima à da macroempresa média da função de custo. As parcelas de energia e materiais não energéticos foram estimadas a partir do tamanho da frota de caminhões com hipóteses sobre a utilização dos veículos.

Tabela 4.1 – Nível de produção e características operacionais médias de empresas regionais e inter-regionais

Características	Unidade	Empresas regionais		Empresas inter-regionais	
Nível de produção	10 ³ tkm	11.054,01	(10.876,84)*	49.659,03	(43.114,03)
Percurso médio de viagem	km	627,11	(564,45)	1.375,70	(975,11)
Área de Instalações	m ²	6.255,04	(9.572,74)	14.618,06	(14.070,69)
Mão-de-obra empregada:					
Setor operações	nº	90,81	(104,24)	196,76	(177,06)
Setor administração	nº	23,89	(36,30)	84,42	80,71)
Observações da amostra	nº	47		33	

FONTE: [Reck (1983)]

* Os valores entre parênteses são os desvios-padrão das médias observadas.

Tabela 4.2 – Proporções estimadas de despesas no custo total das empresas de transporte rodoviário de cargas

Insumos	Função de Custo ^a	Função de produção ^b	
		Regionais	Inter-Regionais
Capital	0,100	0,087	0,052
Trabalho	0,197	0,433	0,384
Energia	0,191	0,103	0,067
Materiais	0,221	0,185	0,130
Carreteiro	0,292	0,192	0,367

FONTE: ^aTabela 3.7

^b[Reck (1983)]

4.4 – Análise comparativa

4.4.1 – Apresentação dos resultados

As equações de partição do modelo de produção, estimadas para as duas subamostras de empresas regionais e inter-regionais,⁴ são as seguintes:

$$S_K = a_K + a_{KK} \ln X_K + a_{KL} \ln X_L + a_{KC} \ln X_C + a_{KE} \ln X_E + a_{KM} \ln X_M$$

$$S_L = a_L + a_{LK} \ln X_K + a_{LL} \ln X_L + a_{LC} \ln X_C + a_{LE} \ln X_E + a_{LM} \ln X_M$$

$$S_C = a_C + a_{CK} \ln X_K + a_{CL} \ln X_L + a_{CC} \ln X_C + a_{CE} \ln X_E + a_{CM} \ln X_M$$

$$S_E = a_E + a_{EK} \ln X_K + a_{EL} \ln X_L + a_{EC} \ln X_C + a_{EE} \ln X_E + a_{EM} \ln X_M$$

$$S_M = a_M + a_{MK} \ln X_K + a_{ML} \ln X_L + a_{MC} \ln X_C + a_{ME} \ln X_E + a_{MM} \ln X_M$$

onde: S_i - proporção da despesa do fator i no custo total,

X_i - quantidade do fator i ,

i - capital (K), mão-de-obra (L), energia (E), material (M) e carreteiro (C).

As restrições de homogeneidade linear e simetria foram impostas pelas restrições:

$$\sum_i a_i = 1, \sum_i \sum_j a_{ij} = \sum_j \sum_i a_{ij} = 0; a_{ij} = a_{ji}, i \neq j$$

As estimativas dos coeficientes apresentaram boa significância estatística para as duas subamostras (Tabela 4.3), embora a subamostra inter-regional obtivesse um grau de ajustamento ($R^2 = 0,5077$) levemente superior ao da subamostra regional ($R^2 = 0,4896$). Considerando que o número de observações de empresas inter-regionais é menor do que o de empresas regionais, passa a ter relevância o melhor ajustamento da amostra inter-regional. Isto ocorre porque, segundo o critério de classificação, tanto uma empresa que atua exclusivamente no Nordeste como uma outra que atua exclusivamente no Sul foram consideradas ambas como regionais. A rigor, devido às diferenças regionais de produtividade de fatores tais como mão-de-obra, e devido à uniformidade de preços de energia e veículos em todo o território nacional seria recomendável identi

Tabela 4.3 – Coeficientes da função de produção translog

Coeficiente	Regional		Inter-Regional	
a_K	0,0867*	(0,0082)	0,0521*	(0,0049)
a_L	0,4328*	(0,0173)	0,3835*	(0,0160)
a_C	0,1922*	(0,0188)	0,3671*	(0,0213)
a_E	0,1029*	(0,0056)	0,0667*	(0,0037)
a_M	0,1853	-	0,1306	-
a_{KK}	0,0078	(0,0103)	0,0130**	(0,0058)
a_{KL}	-0,0395*	(0,0111)	-0,0343*	(0,0069)
a_{KC}	-0,0075	(0,0056)	-0,0085**	(0,0040)
a_{KE}	0,0222*	(0,0064)	0,0170*	(0,0037)
a_{KM}	0,0171**	(0,0068)	0,0129**	(0,0054)
a_{LL}	0,1375*	(0,0225)	0,1484*	(0,0211)
a_{LC}	-0,0151	(0,0107)	-0,0457*	(0,0129)
a_{LE}	-0,0393*	(0,0073)	-0,0229*	(0,0046)
a_{LM}	-0,0435*	(0,0119)	-0,0455*	(0,0131)
a_{CC}	0,0641*	(0,0119)	0,0850*	(0,0175)
a_{CE}	-0,0167*	(0,0044)	-0,0129*	(0,0031)
a_{CM}	-0,0247*	(0,0056)	-0,0179**	(0,0073)
a_{EE}	0,0085	(0,0067)	0,0116*	(0,0032)
a_{EM}	0,0169*	(0,0045)	0,0094*	(0,0031)
a_{MM}	0,0343	-	0,0410	-
R^2	0,4896		0,5077	

FONTE: [Reck(1983)].

* Significativos a 1%.

** Significativos a 5%.

Obs.: Os valores entre parênteses são os desvios-padrão.

ficar processos produtivos por região para contornar as dificuldades de interpretação de elasticidades médias. Porém, devido à pequena flutuação destes fatores, ignora-se de antemão essas diferenças por não serem relevantes. É menor esse efeito nas empresas inter-regionais, pois à priori elas já atuam em mais de uma região, e assim absorvem as diferenças regionais de preços e produtividade dos fatores.

Comparando-se as proporções estimadas para a empresa média de cada subamostra (Tabela 4.1), verifica-se que na empresa média regional as proporções do custo de capital, mão-de-obra, energia e materiais relativas ao custo total são superiores às proporções correspondentes na empresa média inter-regional. Verifica-se, entretanto, que na empresa inter-regional a proporção de custos dos autônomos é mais elevada do que na regional, segundo os dados da amostra. A rigor, a operação da empresa inter-regional, que é de rotas longas, consome mais serviço autônomo do que a das regionais, sugerindo que as vantagens da substituição nesta operação é mais acentuada devido às dificuldades de controle de veículos próprios, o que não haveria no caso contrário. O resultado é, portanto, coerente com a constatação prática, mesmo em relação às evidências de operação nas regionais que não experimentem as mesmas dificuldades de controle de operação.

4.4.2 – Análise comparativa das elasticidades

A substituíbilidade entre fatores de produção foi medida pelas Elasticidades Parciais de Substituição de Allen (EPSA), apresentadas na Tabela 4.4, que juntamente com as Elasticidades-Preço, apresentadas na Tabela 4.5, referem-se às empresas médias regional e inter-regional.

Ocorreram discrepâncias entre as elasticidades estimadas nos modelos de custo e de produção. As elasticidades-preço dos insumos tiveram sinal correto em ambos os modelos, porém as ETC do modelo de produção foram mais sensíveis ao preço dos insumos do que as macroempresas do modelo de custo. No modelo de produção, as empresas inter-regionais superaram as regionais, exceto com relação ao preço do carreteiro autônomo. De certa forma, esses resul-

Tabela 4.4 – Elasticidades parciais de substituição de Allen da função de produção

EPSA*	Regional	Inter-Regional
σ_{KK}	-16,75	-54,00
σ_{LL}	-3,57	-7,62
σ_{CC}	-7,59	-2,77
σ_{EE}	-13,97	-31,30
σ_{MM}	-7,58	-17,90
σ_{KL}	4,76	14,84
σ_{KC}	3,28	2,85
σ_{KE}	-6,06	-25,20
σ_{KM}	-3,32	-17,00
σ_{LC}	0,52	1,07
σ_{LE}	4,22	10,09
σ_{LM}	3,22	8,28
σ_{CE}	3,58	2,65
σ_{CM}	3,13	2,15
σ_{EM}	-2,97	-11,00

FONTE: [Reck (1983)]

* K = capital; L = mão-de-obra; C = autônomos; E = energia e M = materiais.

Tabela 4.5 – Elasticidades-preço da demanda dos insumos

Elasticidades -preço*	Regional	Inter-regional
ϵ_{KK}	-1,45	-2,83
ϵ_{LL}	-1,55	-2,92
ϵ_{CC}	-1,46	-1,02
ϵ_{EE}	-1,44	-2,09
ϵ_{MM}	-1,40	-2,34
ϵ_{KL}	2,06	5,69
ϵ_{KC}	0,63	1,04
ϵ_{KE}	-0,62	-1,68
ϵ_{KM}	-0,61	-2,22
ϵ_{LK}	0,41	0,77
ϵ_{LC}	0,10	0,39
ϵ_{LE}	0,43	0,67
ϵ_{LM}	0,60	1,08
ϵ_{CK}	0,28	0,15
ϵ_{CL}	0,23	0,41
ϵ_{CE}	0,37	0,18
ϵ_{CM}	0,58	0,28
ϵ_{EK}	-0,53	-1,31
ϵ_{EL}	1,83	3,87
ϵ_{EC}	0,69	0,97
ϵ_{EM}	-0,55	-1,44
ϵ_{MK}	-0,29	-0,89
ϵ_{ML}	1,40	3,17
ϵ_{MC}	0,61	0,79
ϵ_{ME}	-0,31	-0,73

FONTE: [Reck (1983)]

* K = capital; L = mão-de-obra; C = autônomos; E = energia e
M = materiais.

tados não surpreenderam, pois confirmaram que há mais possibilidade para acomodar mudanças no processo produtivo à medida que se intensifica a participação do carreteiro autônomo nas empresas inter-regionais. Por outro lado, enquanto a complementaridade entre capital e energia do modelo de produção contrapõe-se à substituíbilidade do modelo de custo, a substituíbilidade do capital próprio por carreteiro autônomo foi observada em ambos os modelos.

Capacidade autônoma

A substituição entre capital e autônomos indicada pelas estimativas das elasticidades (σ_{KA}) não constitui surpresa, pois é uma constatação do dia-a-dia na operação das empresas. Os serviços contratados de carreteiros autônomos ou frotistas substituem com vantagens o uso dos veículos próprios, principalmente no transporte inter-regional que depende mais da capacidade autônoma do que a empresa regional. As despesas de remuneração da capacidade autônoma representam cerca de 37% do custo total na empresa inter-regional e 19% na empresa regional. Daí a importância do preço da capacidade autônoma na demanda por capital próprio das transportadoras, que deu origem a uma elasticidade cruzada maior nas empresas inter-regionais que nas regionais.

Capital e energia

A complementaridade entre capital e energia, identificada pela elasticidade parcial de substituição de Allen, atrela a demanda dos dois insumos no sentido de que, reduzindo (ou aumentando) a quantidade de um, reduz (ou aumenta) a quantidade do outro na transportadora.⁵ Para que isso ocorresse, bastaria que uma redução do número de veículos da empresa fosse acompanhada de uma redução do consumo de energia. Todavia, isso só seria possível se a capacidade autônoma substituísse a capacidade própria, para compensar a redução de veículos próprios nas transportadoras.

A capacidade autônoma é um insumo especial que substitui simultaneamente capital (caminhão), combustível e mão-de-obra. A intensidade dessa substituição depende muito dos atributos dos ser

viços prestados pela transportadora, podendo variar sobremaneira, dependendo do ramo de atividade. A discussão deste processo está na Seção 4.5.

A propósito da complementaridade entre capital e energia, acrescenta-se que foi admitido uma quilometragem fixa mensal para cada tipo de caminhão, para fins de simulação do consumo de energia nas empresas da NTC. Note-se que essa hipótese criou condições favoráveis à complementaridade entre capital e energia, pois, à medida que se aumentasse (ou se reduzisse) o tamanho da frota, aumentar-se-ia (ou reduzir-se-ia) o consumo de combustível.

4.5 - Comentários

É oportuno salientar que foi a partir do resultado controverso da função de produção que se iniciou um processo de questionamento dos modelos e que culminou com a inclusão deste capítulo no presente relatório. A rigor, se forem levadas em conta as diferenças entre as duas bases amostrais e as características das funções translog de custo e de produção, que não são automaticamente duais entre si (self-duals), os resultados não deveriam ser comparados como se um pudesse servir para aferir o outro. Entretanto, a busca das causas da controvérsia contribuiu para melhorar o entendimento dos resultados e para formular as recomendações do estudo, no capítulo seguinte.

O modelo de custo captou o comportamento das empresas de uma amostra em que se agregou indistintamente transportadoras de carga geral, de granel sólido e líquido e de cargas frigorificadas na mesma observação. Por outro lado, a amostra do modelo de produção foi composta somente de transportadoras especializadas em carga geral. Devido às diferenças das amostras, há suspeitas de que as disparidades entre os dois resultados tenham sido causadas pela agregação das empresas na amostra de custos, como será discutido adiante. Os valores absolutos das elasticidades apresentaram-se em geral mais elevados na função de produção, mas foi, no entanto, a complementaridade entre energia e capital, conflitante com a substituíbilidade do modelo de custo, que motivou a investigação de

uma forma de conciliação dos resultados. Foi assim que se adaptou a argumentação desenvolvida por Berndt e Wood (1979) para examinar a complementaridade e a substituibilidade dos resultados desse estudo.

Basicamente, o argumento fundamenta-se na existência de um grupo de insumos separável no processo produtivo, que funciona como uma unidade de produção de um insumo intermediário. Quando se substitui o insumo intermediário por um terceiro, substitui-se conseqüentemente todos os insumos utilizados para produzi-lo. Na transportadora, a capacidade própria é o insumo intermediário, substituível pela capacidade autônoma, que faz o papel do terceiro insumo. Assim, o consumo final de energia e capital observado na transportadora, após uma variação do preço da energia, resulta da superposição de dois efeitos, quais sejam, o da substituição de capital, na fase da produção do insumo intermediário, e o da retração (expansão) da capacidade própria, substituída pela autônoma na fase do terceiro insumo.

Para caracterizar a produção do insumo intermediário no processo produtivo são necessários dois estágios de minimização de custos na transportadora⁶. Um estágio seria caracterizado pela produção de capacidade própria, utilizando como insumos caminhões próprios, energia, mão-de-obra e material não energético; e o outro seria caracterizado na determinação das capacidades própria e autônoma, para produzir a custo mínimo uma quantidade fixa de toneladas-quilômetro. A dinâmica dessa alocação de recursos nas transportadoras é ilustrada, a seguir, pelas Figuras 4.1 e 4.2.

Admitindo-se que a preços de mercado o equilíbrio inicial entre as capacidades próprias e autônoma estivesse em A, na Figura 4.2, a subunidade deveria estar produzindo a quantidade de capacidade própria demandada pela transportadora, no ponto B, que determinaria as quantidades de capital (k_0) e energia (E_0) demandadas para produzir CP_0 a custo mínimo. Nessa situação, se supusermos que, por um motivo qualquer, ocorre agora um aumento no preço de energia, a subunidade reagiria ao novo sinal modificando o equilíbrio atual em B para um novo em C. Porém, a esse novo preço, o custo unitário da capacidade própria sofreria também um aumento que

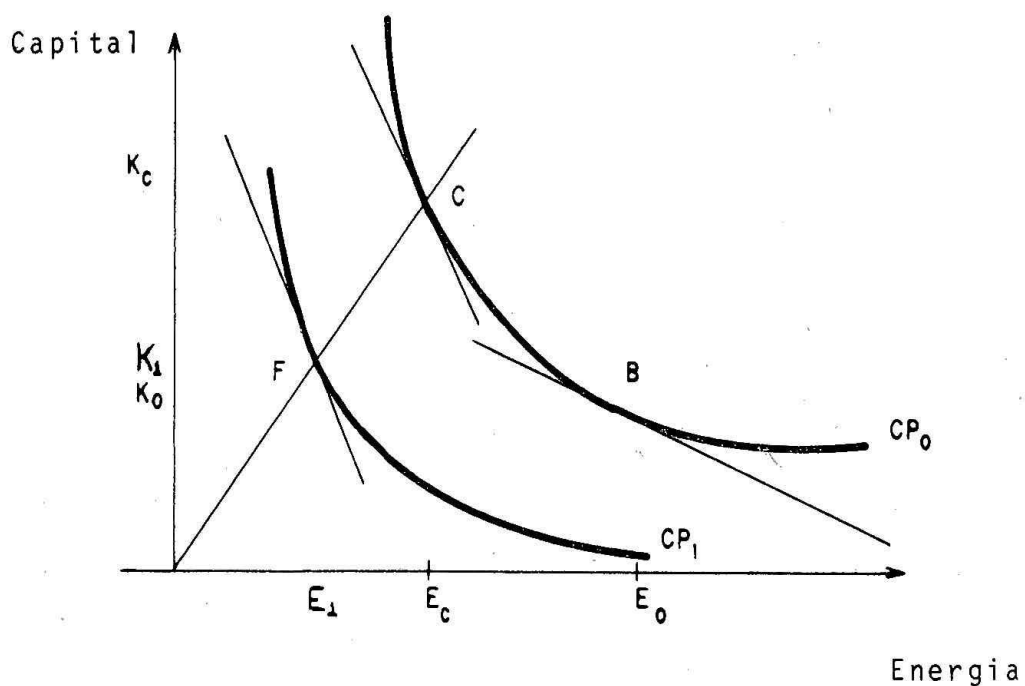


Figura 4.1 – Subunidade de produção de capacidade autônoma no espaço de capital (caminhões próprios) e energia

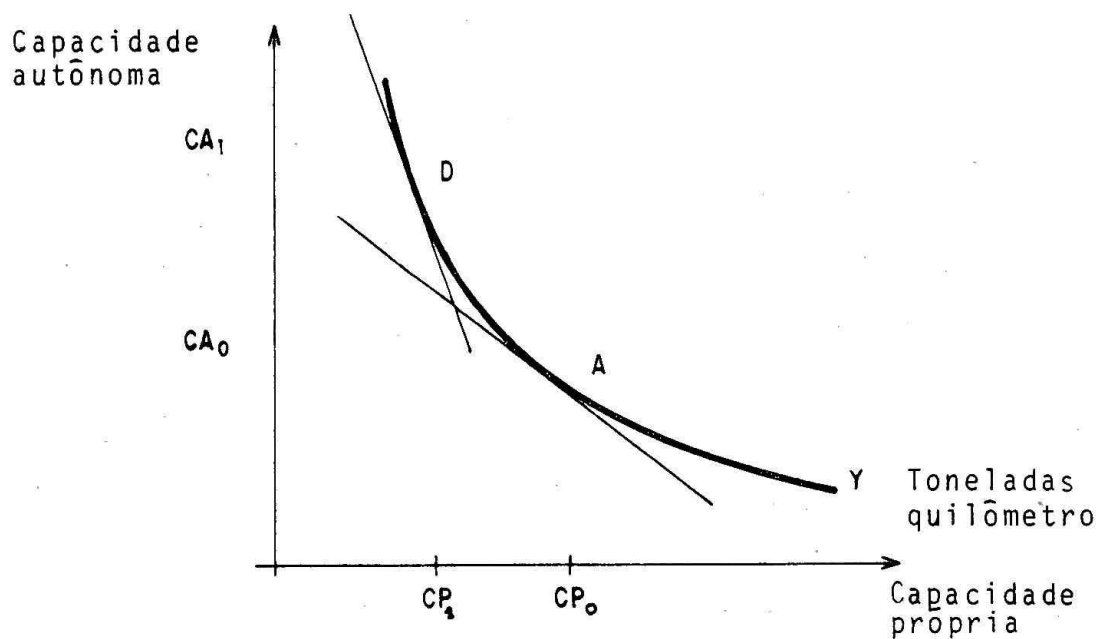


Figura 4.2 – Produção de toneladas-quilômetro no espaço de capacidade autônoma e capacidade própria

iria provocar um rearranjo de A para D, na Figura 4.2, por causa do comportamento minimizador de custos da transportadora. As novas quantidades de capacidades própria e autônoma requeridas para produzir as mesmas toneladas-quilômetro seriam CP_1 e CA_1 . Ao nível de CP_1 , haveria uma mudança de isoquanta na subunidade, refletindo a redução da demanda de capacidade própria da transportadora acarretada pelo aumento do preço de energia. O ponto F da Figura 4.1 representaria, assim, o consumo final de capital próprio e energia. Apesar da substituição transitória de energia, provocada pelo deslocamento de B para C, o efeito final no consumo de energia será da retração de capital de k_c para k_1 , causado pelo salto de C para F. Se essa retração for menor do que a expansão inicial de B para C, (isto é, de k_0 para k_c) o efeito será de substituição de energia por capital, ao passo que, se for maior, será de complementaridade ($k_0 k_c < k_c k_1$). Assim, a separabilidade da capacidade autônoma permitiria justificar tanto a substituibilidade como a complementaridade no processo produtivo, dependendo somente da intensidade relativa dos efeitos discutidos acima. A seguir, discute-se o provável impacto da agregação das transportadoras do Estado na tecnologia original de transporte.

Normalmente, as empresas transportadoras especializadas em granel sólido ou líquido e em cargas refrigeradas tendem a utilizar menos capacidade autônoma do que as transportadoras de carga geral. Dessa forma, agregando-as com as de carga geral, como acontece na amostra do IBGE, a tecnologia agregada tenderia a mostrar uma razão menor entre capacidade autônoma e capital próprio do que a das empresas puramente de carga geral⁷ (conforme está ilustrado na Figura 4.3). Suspeita-se que por essa razão a isoquanta (tkm) da tecnologia agregada teria sido achatada na direção do eixo da capacidade própria, dando origem a uma isoquanta menos rombuda (y') do que a de carga geral. De fato, a elasticidade entre capacidade autônoma e capacidade própria estimada pela função de custo, que foi $\sigma_{k_c} = 0,39$, comparada a $\sigma_{k_c} = 3,28$ e $\sigma_{k_c} = 2,85$, da função de produção (regional e inter-regional), não contradiz a observação. Assim, essa agregação que contribuiu para modificar a tecnolo

gia estimada pela função de custo torna-se um elemento relevante no exame da controvérsia, ao lado das características da aproximação translog às funções de custo e de produção.

A provável conciliação entre os dois resultados, aparentemente conflitantes, não elimina a possibilidade de ter existido substituição entre capital e energia em ambos os modelos. São que a elevação do preço da energia, que provocou a substituição de capacidade própria por autônoma, criou dificuldades para se observar os efeitos líquidos no consumo de capital.

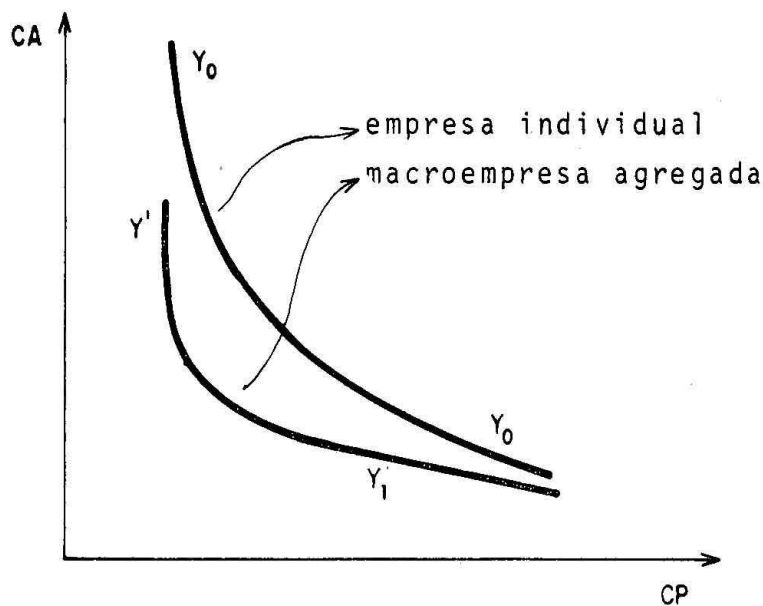


Figura 4.3 – Isoquantas de empresas individuais e da macroempresas

Um resultado geral do trabalho foi a constatação de que seria necessário reformular os modelos de produção e de custo para tratar de questões mais específicas sobre a tecnologia de transporte. Aqui tanto caberia o reexame da especificação dos modelos atuais, como o reexame da própria concepção de modelagem.

Por exemplo, repensando a tecnologia de transporte, recomendar-se-ia agora agregar capital e energia e trabalhar só com uma unidade integrada de caminhão e combustível, isto é, a separabilidade do par capital e energia dos outros insumos (mão-de-obra, materiais e carreteiros), que não foi testada formalmente no traba

lho, mas que está fortemente sugerida nos resultados, recomenda a especificação da função agregativa $f(K,E)$ ⁸. Esta função representaria uma subunidade produtiva de veículos-quilômetros na transportadora e daria como resultados as elasticidades de substituição (absoluta) entre os tipos de caminhões. Porém, para adotar $f(K,E)$, valeria a pena reexaminar a própria concepção da modelagem, pois haveria dois inconvenientes: um de ordem econométrica, já que o número de coeficientes cresceria muito (em função dos tipos de caminhões), e outro de ordem amostral, já que a base de dados requeria informação de despesa de combustível e quilometragem rodada em cada tipo de caminhão. Portanto, seria oportuno nesta situação pesquisar outros tipos de modelagem antes que se decidisse por uma coleta magnífica de informações com poucas chances de sucesso. Em particular, nesse caso, recomendar-se-ia investigar modelos normativos que simulassem a operação das transportadoras.

Recomendar-se-ia também reexaminar a especificação atual da tecnologia com um só produto, investigando especificações com multiprodutos, para avaliar as economias de escala e as economias de escopo do setor rodoviário. As hipóteses mantidas de retornos constantes e de um só produto de transporte limitaram a abrangência dos presentes resultados. Hoje em dia já se tem constatações de que existem importantes economias na operação das transportadoras, associadas à configuração da malha viária e à densidade dos serviços de carga [Chiang (1982)].

Por último, restaria a opção de manter a atual especificação dos modelos de custo e produção, embora se completasse neste caso a base amostral com dados observados na operação das transportadoras, em lugar dos dados simulados de consumo de combustível e tkm.

Notas:

¹Cf. Reck (1983).

²A literatura de função de produção reporta a mesma controvérsia entre capital e energia [Rezende (1983)].

³O desenvolvimento teórico do modelo de produção translog está apresentado no Anexo E.

⁴A equação de material não energético (s_m) foi eliminada do sistema nas estimativas dos coeficientes pelo método de Zellner.

⁵Veja Anexo B.

⁶A condição necessária e suficiente para que haja dois estágios de otimização é a separabilidade fraca homotética (weak homothetic separability) da função de produção. A homoteticidade assegura, no caso, que as taxas marginais de substituição permanecem inalteradas ao longo de um raio no espaço dos insumos. Se a função de produção for homogênea linear, as condições para separabilidade fraca e separabilidade fraca homotética são as mesmas [Denny e Fuss (1977, Proposição 4A)].

⁷Os comentários não estão levando em consideração os efeitos regionais na agregação das empresas. Mesmo que todas as transportadoras do Estado fossem especializadas em carga geral, os efeitos regionais da demanda por transporte, por exemplo, distoceriam, ainda assim, a relação de capacidade própria por capacidade autônoma na agregação.

⁸A condição de separabilidade fraca, localizada, de um grupo de dois insumos (i, j), dos outros insumos m , requer que $\sigma_{im} = \sigma_{jm}$, $m \neq (i, j)$ [Berndt e Christensen (1973)]. Admitindo-se a equivalência das especificações, $F(K, E, L, M, C) \equiv G(f(K, E), L, M, C)$, as elasticidades dos modelos deveriam então atender às condições $\sigma_{Km} = \sigma_{Em}$ e $m = L, M, C$. Suspeitou-se da existência da separabilidade

de a partir do exame das elasticidades na tabela abaixo, sem que en tretanto nada de conclusivo pudesse ter sido avançado de antemão:

Modelo	$\sigma_{KL} = \sigma_{EL}$	$\sigma_{KM} = \sigma_{EM}$	$\sigma_{KC} = \sigma_{EC}$
Produção regional	4,76 ↔ 4,22	- 3,32 ↔ - 2,97	3,28 ↔ 3,58
Produção inter-regional	14,84 ↔ 10,09	-17,0 ↔ -11,0	2,85 ↔ 2,65
Custo	1,58 ↔ 0,52	0,72 ↔ - 0,78	0,39 ↔ 0,24

Tabela comparativa das EPSA de capital e energia com mão-de-obra, ma teriais não energéticos e capacidade autônoma, respectivamente.

5 - RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os modelos estimados no trabalho prestam-se à formulação e análise de políticas de preço para o setor rodoviário de cargas. Essas políticas podem ter a finalidade de conter a demanda de um insumo, ou de promover a substituição de um tipo de equipamento, ou, ainda, de favorecer uma finalidade distributiva. Não importa, porém, qual seja a finalidade, pois seus efeitos serão sempre sentidos na alocação dos insumos no processo produtivo das transportadoras. Os critérios básicos de avaliação da política serão a eficácia, quanto ao alcance do objetivo estipulado, e o impacto no preço do frete do usuário de transporte. Esses critérios são ponderados à conveniência da situação, isto é, não existe à priori com promisso do modelo com o custo social das políticas propostas. O modelo só simula impactos, não seleciona alternativas. É plausível por exemplo que a redução de consumo de um insumo (energia, por exemplo) seja mais importante a curto prazo do que os impactos de longo prazo da medida. Nesse caso, a proposta mais eficaz seria preferível. Por outro lado, os impactos poderiam ser ponderados de forma tal que a alternativa selecionada não fosse a mais eficaz, mas sim a que menos inflacionasse o preço do frete, ou a que de fato tivesse menor custo social (isto é, fosse economicamente eficiente), ou, ainda, a que melhor distribuísse a renda segundo um julgamento de valor para a situação. E assim por diante.

Os modelos simulam o comportamento das transportadoras face a uma política, estimando as novas proporções de despesa do processo produtivo. Entende-se nesse caso que a política é uma intervenção no preço de um insumo. As novas proporções estimadas são basicamente o que se necessita para aplicar os critérios acima, na avaliação da política (Anexo F). Os impactos distributivos, entre tanto, só poderão ser apreciados quando houver condições de diferenciar grupos de usuários por tipo de serviço, calculando-se as variações nos preços dos fretes correspondentes. No caso deste trabalho, os grupos identificados foram os usuários do serviço regional de transporte e os do serviço inter-regional.

A intensidade e a composição dos rearranjos nas proporções de despesas com insumos dependem do processo de produção, is

to é, da tecnologia de transporte. As funções de custo e produção captam justamente as possibilidades técnicas desses rearranjos, mas contêm as limitações dos dados das amostras. Como não foi possível, por exemplo, entrar com as proporções de despesas de cada categoria de caminhão, não será possível avaliar diretamente uma política de preços relativos de veículos. Pode-se apreciar, todavia, o impacto da valoração dos caminhões (capital), ou dos combustíveis (energia), ou da mão-de-obra, em geral. Pode-se conhecer, por exemplo, a substituição entre capital e energia, mas não a de caminhão leve a gasolina por caminhão médio a diesel, como poderia ser desejável. Assim, devido à limitação dos dados e das hipóteses mantidas de retorno constante e de um único produto de transporte, os modelos se prestam essencialmente para examinar políticas estratégicas de preço. Ainda assim, cabe ressaltar que foi a partir dos resultados simulados que se chegou à conclusão de que a forma econômica de favorecer o setor rodoviário será incetivando a expansão do mercado de capacidade autônoma, pois a redução do seu preço reduz o custo total do transporte rodoviário de cargas sem efeitos colaterais de propostas formuladas com preço artificiais de insumos.

Apresentam-se a seguir os resultados dos modelos e das simulações, discutindo-se na última seção a economicidade do mercado de capacidade autônoma para o transporte rodoviário de cargas.

5.1 - Resultados

Os resultados apresentados são: um sumário das principais elasticidades dos modelos de custo e produção; e as simulações das proporções de despesas para aumentos de 10% no preço da energia e 10% no preço do capital.

Com referência às elasticidades, os resultados mais relevantes do modelo foram:

. as empresas do transporte rodoviário de cargas substituem capacidade própria de transporte pelo carreteiro autônomo;

. a intensidade de uso do carreteiro autônomo é maior nas empresas inter-regionais do que nas empresas regionais (modelo de produção);

. a elasticidade-preço da demanda por capital (caminhão) é maior do que a elasticidade-preço de energia na transportadora (individual);

. a demanda derivada de energia do transporte rodoviário de cargas é inelástica em relação ao preço;

. existiu uma importante disparidade entre as elasticidades de substituição de energia por capital estimados pelos modelos, que foi discutida na Seção 4.5.

A seguir, apresentam-se os resultados da simulação, admitindo-se a princípio que as medidas simuladas visavam reduzir a demanda de energia como um referencial de discussões. As proporções de despesa foram simuladas para cada transportadora típica supondo aumentos de 10% no preço da energia e de 10% no de capital, separadamente. Os detalhes de como foram calculadas as novas proporções de despesa são descritos no Anexo F, enquanto os resultados simulados estão apresentados na Tabela 5.1, cuja primeira parte reproduz as proporções originais das despesas e as duas seguintes mostram as proporções simuladas com os novos preços de energia e capital, respectivamente.⁶

Observou-se, em geral, que as variações entre as proporções originais e simuladas foram mais acentuadas nas transportadoras regionais e inter-regionais do que na tecnologia agregada da função de custo. Em particular, observou-se que o aumento de 10% no preço da energia causaria aproximadamente a mesma redução no consumo de energia da tecnologia agregada que a diminuição de 10% no preço do capital (caminhões). Nesse caso, seria indiferente se atuasse num preço ou no outro, para reduzir o consumo de energia. Essa redução seria da ordem de 0,3% na proporção da despesa com energia (atente-se para o fato de que o valor da Tabela 5.1, 3a. linha, colunas FC, simula a elevação do preço do capital). Já as transportadoras regionais e inter-regionais não revelaram a mesma tendência. Verificou-se que o aumento de 10% no preço da energia causaria uma retração de 1,4% na proporção da despesa com o insumo e que, devido à complementaridade entre energia e capital, seria necessário elevar o preço dos caminhões, e não reduzi-lo, para conter o consumo da energia. Assim, com a elevação de 10% no preço

Tabela 5.1 – Percentagens das despesas com insumos em cada transportadora típica: resultados simulados

Insumos	A preços originais ^a			Acréscimo de 10% em P_E ^b			Acréscimo de 10% em P_K ^b		
	FC ¹	Regionais	Inter-regionais	FC ³	Regionais	Inter-regionais	FC ³	Regionais	Inter-regionais
K	10,0	8,7	5,2	10,3	8,2	4,3	9,1	7,4	3,7 ²
L	19,6	43,3	38,4	19,9	45,2	41,0	20,0	45,1	41,4
E	19,1	10,3	6,7	18,8	8,9	5,3 ²	19,4	9,8	5,8
M	22,1	18,5	13,0	21,6	17,8	12,0	22,2	18,0	11,8
C	29,2	19,2	36,7	29,4	19,9	37,4	29,3	19,7	37,3

FONTE: ^aTabela 4.2; ^bResultados simulados (Anexo F, Expressão (4))

¹FC - Função de custo, P_E = preço de energia, P_K = preço do capital

²Os valores entre colchetes, multiplicados por 0,1, representam o aumento no preço do frete correspondente (devido ao aumento dos preços da energia e do capital, respectivamente). Ver Anexo G.

³Ver Nota 6 do Capítulo 5.

dos caminhões, as reduções seriam de 0,5 e 0,9% nas proporções de despesa com energia das empresas regionais e inter-regionais, respectivamente. Por outro lado, as despesas com capacidade autônoma aumentaram nas duas simulações. Observou-se, todavia, que as flutuações da demanda foram sempre mais acentuadas nas empresas regionais e inter-regionais, tipicamente de carga geral. Essas flutuações chegaram a ser quatro vezes maiores que as da tecnologia a gregada.

Os resultados das simulações permitiram avaliar os impactos no preço do frete de cada transportadora típica. Para se obter a variação do frete basta multiplicar as proporções de despesa das linhas de capital e de energia na Tabela 5.1 pela proporção da variação do preço correspondente (Anexo G). Observa-se que o aumento no preço da energia teria tido maior impacto nos preços dos fretes do que o aumento no preço dos caminhões. Além disto, os resultados revelaram que os usuários das empresas regionais pagariam sempre mais pelos aumentos do combustível, e do capital, do que os usuários das inter-regionais. Essa constatação tem uma conotação distributiva importante para a análise dos impactos sobre a renda dos usuários de cada serviço. Salienta-se, a propósito das intervenções, que, enquanto a elevação de preço da energia reduz a proporção da despesa em 1,4% em cada transportadora típica, a elevação do preço do capital a reduz em 0,5 e 0,9%. No primeiro caso, porém, a elevação dos fretes para o consumidor seria de 0,89% nas regionais e de 0,53% nas inter-regionais e, no segundo, de 0,74 e 0,37%, respectivamente. Como o valor do frete (Cr\$/tkm) é sempre maior no serviço regional (isto é, na curta distância), as variações do preço tanto em pontos percentuais como em valor absoluto serão inequivocamente maiores nas regionais.

Finalmente, cabe mencionar que a redução do consumo de energia avaliada pelos resultados acima não representa a redução líquida do consumo rodoviário, pois a demanda adicional de capacidade autônoma, presente em todos os resultados, implica um consumo adicional de energia que não foi computado nas estimações.

5.2 - Comentários e conclusões

A flexibilidade do modelo para simular as reações do processo produtivo face à variação do preço de um insumo possibilita a avaliação dos impactos na forma multidimensional da tecnologia do transporte. Para exemplificar, suponha-se que, se a redução da demanda de energia na transportadora, devido a um aumento de preço, fosse observada isoladamente, sem verificar que ela seria acompanhada do aumento da demanda de capacidade autônoma, a apreciação da medida política poderia ser precipitada. Neste exemplo, como já se observou anteriormente, a redução da energia na transportadora não é a redução do setor, pois há um repasse de frete da transportadora para o ofertador de capacidade autônoma, que também consome energia. Assim, ainda que o modelo não analise o impacto setorial, ele indica claramente os rearranjos técnicos que as transportadoras devem sofrer para absorver os impactos das intervenções nos preços dos insumos. E isso abre uma perspectiva mais ampla de investigação.

Redirecionando a perspectiva política e considerando prioritárias as intervenções que visem reduzir o custo total de transporte, as maiores possibilidades de ganho para o setor rodoviário, de acordo com os resultados do estudo, residem na operação do mercado de compra e venda de capacidade autônoma. Veja-se que, se o preço da capacidade autônoma fosse reduzido em 10%, o valor do frete, para o usuário do serviço regional, se reduziria em 1,4% e, para o serviço inter-regional, em 3,3%. Excetuando-se as regionais, que são se beneficiariam mais pela redução do preço da mão-de-obra, a redução do preço da capacidade autônoma traria a maior redução para o preço dos fretes, segundo os modelos. Assim, com essas considerações sobre onde intervir, a discussão sobre a economicidade do mercado de capacidade autônoma dirá a seguir, como intervir.

O fator de utilização da capacidade autônoma é potencialmente maior que o da capacidade própria, com desdobramentos para a análise dos custos no transporte rodoviário de cargas.¹ O argumento que embasa esta proposição é simples: basta examinar a operação do transporte rodoviário de cargas para verificar que a capacidade autônoma, tecnicamente, opera com mais graus de liberdade na cole

ta de fretes do que a capacidade própria. Ao terminar um contrato de frete num destino qualquer, a capacidade autônoma poderá ser recolocada à venda no mercado de capacidade, de acordo com a conveniência do seu proprietário, ao passo que a capacidade própria estaria vinculada às necessidades da empresa para que fosse reutilizada. Supondo-se que as opções de reutilização da capacidade própria fossem a de prosseguir viagem com o veículo vazio e a de só prosseguir com carga, sendo que nessa última o veículo seria obrigado a aguardar carga na empresa, a capacidade autônoma teria sempre uma opção a mais: a de procurar frete diretamente com um terceiro contratante. Dessa forma, a utilização da capacidade autônoma deveria ser então pelo menos igual, senão maior, à da capacidade própria vinculada. E, por isso, os custos (fixos) da remuneração da capacidade autônoma seriam mais diluídos por tonelada-quilômetro do que os da capacidade própria e pesariam menos no preço final do serviço de transporte. Porém, como não são exclusivamente os custos de capital que entram na formação do preço do frete, a vantagem da capacidade autônoma sobre a própria não prevalece em todas as situações. Existe uma parcela variável dos custos que depende das despesas de combustível, pneus, peças etc., e que é proporcional à quilometragem do veículo. Note-se que, se o veículo autônomo for obrigado a circular vazio à procura de carga, a parcela variável do custo unitário da tonelada-quilômetro aumentará proporcionalmente à quilometragem vazia circulada contrapondo-se à redução da parcela fixa. Existirá, portanto, uma quantidade de quilômetros vazios acima da qual as perdas com o custo variável tornar-se-ão maiores que os ganhos com o custo fixo.

Nas regiões em que a demanda for espacialmente rarefeita e sem mecanismos de divulgação da localização dos fretes, o mercado autônomo tenderá a contrair-se, pois a margem de ganho na operação da capacidade autônoma sobre a própria será menor. Isto ocorre porque o fator de utilização da capacidade autônoma deve diminuir aproximando-se ao da capacidade própria. Nesses mercados, a efetividade da liberdade do autônomo de conseguir cargas com terceiros é minorada e, por isso, a quilometragem vazia requerida para contrabalançar os ganhos da parcela fixa com a perda da variável torna-se menor. Em suma, considerando que o fator de utilização da

capacidade autônoma é intrinsecamente superior ao da própria, torna-se factível reduzir o custo total de transporte promovendo a expansão econômica do mercado de capacidade autônoma. Isto é, procurando-se formas de adensar espacialmente a demanda de capacidade e de dar transparência ao mercado a fim de reduzir a circulação ociosa dos veículos. Como promover isso? A sugestão é dinamizar o mercado de capacidade autônoma fomentando a interação entre compradores (empresa rodoviária de carga) e vendedores (carreteiro e empresas frotistas).² E, nessa linha de atuação, as recomendações são as seguintes:

- (a) Fomentar a capacitação gerencial das empresas rodoviárias de carga.

As medidas nesta área têm por objetivo dinamizar a operação de consolidação de fretes, criando mais potencial de demanda para a capacidade autônoma. Certamente, na medida em que aumenta a demanda de capacidade, aumenta também a demanda por veículos maiores que consomem menos recursos por tonelada-quilômetro.³

- (b) Promover a transparência da localização (e existência) de cargas no mercado de fretes.

Essas medidas atuam em dois sentidos. Por um lado, a transportadora tenderá a reduzir sua frota própria, já que seu risco de não encontrar capacidade autônoma quando procurada será menor. E, por outro, a circulação vazia do veículo autônomo em busca de frete também será reduzida. Dessa forma, tanto a transportadora como o ofertador da capacidade autônoma serão beneficiados.

- (c) Aprimorar o desempenho da operação dos carreteiros autônomos.

. Renovação da frota de veículos autônomos através de linhas de financiamento a serem estudadas. O envelhecimento da frota de autônomos, além da idade econômica⁴ para o transporte de carga geral, favorece o consumo de recursos (energia).

. Treinamento de motoristas. Importantes reduções no consumo podem ser obtidas aprimorando-se a forma de condução dos veículos. Veja-se o artigo "Treinamento de Motorista Reduz Consumo" — Transporte Moderno, maio/1984.

. Segurança do serviço (reduzir as expectativas de perda de mercadorias no uso da capacidade autônoma).

As medidas sugeridas constituem uma forma suave de intervir no sistema de transporte, no sentido de fomentar a eficácia sem tirar a liberdade dos participantes do mercado. A propósito, o próprio mercado de transporte rodoviário já vem cuidando de produzir situações similares às sugeridas. Por um lado, a Associação Nacional das Empresas de Transportes Rodoviários de Carga (NTC) tem-se preocupado em aumentar a competência gerencial das empresas rodoviárias (veja-se publicações especializadas: Revista BR, Transporte Moderno). Por outro, as Centrais de Informação de Frete, já em funcionamento no Paraná e em Santa Catarina, constituem um mecanismo de informação que vem promovendo a transparência dos fretes para ETC, carreteiros e usuários e facilitando a negociação dos contratos de compra e venda de capacidade de transporte. Assim, para finalizar, os incentivos às medidas já existentes e a promoção do desempenho da capacidade autônoma são formas objetivas de reduzir o consumo de recursos por tonelada-quilômetro e de beneficiar o usuário dos transportes pela redução a médio prazo do preço do frete.⁵

Notas:

¹O fator de utilização relaciona as toneladas-quilômetro efetivamente produzidas com o máximo potencialmente produzível pelo veículo em operação no período, para um certo tipo de mercado.

²Segundo as estatísticas do TRC, tem havido uma redução sistemática da participação do carreteiro autônomo na frota de caminhões: de 70,9% em 1974, caiu para 26,6% em 1982. Têm contribuído para o "desaparecimento" dos autônomos as decisões dos Tribunais do Trabalho, que sistematicamente reconhecem o vínculo empregatício do autônomo com a ETC, quando o contrato entre as partes deveria ser civil e não trabalhista. Por isso, tem-se observado uma substituição do autônomo pelo transportador frotista, que por ser empresa jurídica não postula vínculo empregatício com quem os contrata. Atualmente, os problemas com a segurança de carga vêm, também, embaraçando a relação entre autônomo e ETC. As medidas de proteção com base em mecanismos de identificação dos carreteiros como cartões de códigos magnéticos, ou com base em seguros da carga, representam custos adicionais que aumentam o preço do frete.

³Releva notar que não se trata de esperar que aqui a redução de consumo de recursos por tkm seja alcançada impondo (ou induzindo, por artifícios de preços) a participação dos pesados na frota, mas sim de criar condições para que haja uma utilização econômica do veículo pesado na operação de transporte.

⁴A FINAME/BNDES financia a compra de veículos pesados com capacidade máxima de tração igual ou superior a 30t, com juros de 8% ao ano e prazo de até 42 meses, com seis meses de carência. Se a transportadora for enquadrada no Programa de Pequena e Média Empresa, o financiamento estará isento de juros. E se a sua localização for no Norte ou Nordeste, a correção monetária será de apenas 70%. No primeiro caso, a participação da FINAME atinge 80% do valor do veículo, chegando a 90% no Programa de Pequena e Média Empresa [Reis (1984)].

⁵ Ressalte-se que a regulamentação do transporte rodoviário de cargas, ora em curso do Ministério dos Transportes, após a aprovação pelo Congresso Nacional (Lei nº 7.092, de 19 de abril de 1983), que visa restringir a entrada de novas empresas no mercado (em particular as transportadas de carga própria), poderá ter efeitos nocivos ao setor, atuando contrariamente ao aprimoramento da capacitação gerencial das empresas profissionais pelo alívio da competição de mercado.

⁶ A expressão (4) do Anexo F estima um valor aproximado da nova proporção de despesa do insumo i . No caso da função de custo, as discrepâncias relativas aos valores de M_i , que seriam obtidos pela equação (9) do Capítulo 3, foram avaliadas a partir da expressão da elasticidade-preço da função de custo translog (Capítulo 3, Expressão (11)):

$$\begin{aligned}
 & - M_i \frac{\Delta P_j}{P_j} M_j, & \forall i \neq j; \\
 & - M_i \frac{\Delta P_j}{P_j} M_j + \frac{\Delta P_j}{P_j} M_j, & i = j.
 \end{aligned}$$

Esses valores seriam adicionados às proporções simuladas nas colunas FC (correspondente a variação do preço do insumo j) na Tabela 5.1, caso as discrepâncias relativas ao M_i das regionais e inter-regionais também fossem conhecidas.

Anexo A – Função agregativa de insumos

O grande número de insumos para a produção dos serviços de transporte dificulta a estimativa de uma função de custo com todos os preços. O número de coeficientes da função translog é a crescido de $(N + 1)$ novos coeficientes a cada variável (insumo) a adicionada às N já existentes. O problema de multico linearidade não é irrelevante e aumenta com o número das variáveis da função de custo.

Seja $x = (x_1, \dots, x_N)$ um vetor de N insumos que entra na função de produção $f(x_1, \dots, x_N)$. Supondo-se uma partição dos N elementos de x , em S grupos de insumos, mutuamente exclusivos e coletivamente exaustivos, a função de produção agregada $g(x^1, \dots, x^S)$ será equivalente a $f(x_1, \dots, x_N)$ se existirem sub funções de produção f^r (ou funções de agregação) tal que $x^r = f^r(x_1^r, \dots, x_{N_r}^r)$, $r=1, \dots, S$, onde x^r é o valor agregado dos N_r insumos da categoria r .

Para existir uma subfunção f^r , a função f deve ter a propriedade de fraca separabilidade em relação a S , o que ocorrerá se, e somente se, a função de produção f for homotética e fracamente separável em S , isto é, fracamente separável com funções agregativas homotéticas f^r [Blackorby e Russel (1976)]. Esta condição implica afirmar que a razão das produtividades marginais entre dois insumos de um mesmo agregado independe da quantidade de qualquer insumo de outro agregado. Por exemplo, admitindo-se a separabilidade da mão-de-obra, a proporção da despesa com a mão-de-obra de tráfego relativa à despesa total de mão-de-obra da firma independe do consumo de óleo diesel, que pertence a outro grupo de insumos.

Estas noções de separabilidade da função de produção estendem-se à função de custo. Da mesma forma que existe o produto abstrato (x^r) de um grupo de r de insumos, também deve existir um preço para este produto. A separabilidade implica a otimização por estágios da função agregada de produção, o que significa dizer cada categoria de insumos, r , constitui uma unidade de produção que minimiza seus custos, para atender a uma demanda definida pelo va

lor da subfunção de produção f^r . Como a função de custo unitário da unidade r representa o preço do agregado x^r , para estimar-se a função de custo de transporte são necessários os custos dos agregados de cada grupo r , que entram como variáveis instrumentais dos preços na equação (5).

Entretanto, as estimativas das funções de custo das subunidades podem ser evitadas, pois, segundo Diewert (1974), se a subfunção f^r for homogênea linear, positiva, côncava e flexível de segunda ordem, existirá um índice de quantidades (ou de preços) que reproduz o valor da subfunção a menos de um escalar.

Um índice é exato para f^r se tiver a forma:

$$\frac{f^r(x^{mr}, r)}{f^r(x^{br}, r)} = IQ^r(x^{mr}, x^{br}, p^{mr}, p^{br})$$

onde $x^{m(b),r}$ é o vetor de insumos do grupo r , da empresa m (base), e p^{mr} é o vetor de preços dos insumos do grupo r da empresa m (base), isto é, o índice de quantidade $IQ^r(x^{mr}, x^{br}, p^{mr}, p^{br})$ conserva toda informação do problema a menos de um escalar, devido à normalização da amostra em relação a uma observação base (b). O índice que, além de ser exato, provê uma aproximação de segunda ordem a uma função homogênea linear é um índice superlativo [Diewert (1974)].

O índice exato calculado pela expressão:

$$\frac{f^r(z^{mr})}{f^r(z^{br})} = \prod_{i=1}^{N_r} \left(\frac{z_i^{mr}}{z_i^{br}} \right)^{\frac{1}{2} (M_i^{mr} + M_i^{br})} \quad (A-1)$$

é uma aproximação discreta do índice Divisia. A função f^r é translog linear homogênea e o índice é superlativo devido à propriedade de aproximação de segunda ordem da translog. Substituindo-se z^{mr} pelo vetor de quantidade dos insumos do grupo r , x^{mr} , obtêm-se o índice de quantidade e pelo vetor de preços, p^{mr} , obtêm-se o índice de preço. $M_i^{m(b),r}$ é a proporção de despesa do insumo i na despesa total do grupo r , na empresa m (base).

Os índices de preço (IP^r) podem ser determinados implicitamente pelos índices de quantidade (IQ^r) segundo a seguinte relação:

$$IP^r = (\text{Despesa Agregada})^r / IQ^r \quad (\text{A-2})$$

que é uma formulação útil para contornar a falta de informação de preços no cálculo do índice de preço (quantidade).

Os índices de preço de mão-de-obra e de capital foram calculados indiretamente pelo índice de quantidade. As despesas e as quantidades consumidas dos insumos foram fornecidas pelas estatísticas disponíveis.

Anexo B – Elasticidade parcial de substituição de Allen

A elasticidade parcial de substituição de Allen (σ_{ij}) entre os insumos x_i e x_j é definida por:

$$\sigma_{ij} = \frac{\sum_{h=1}^n F_h x_h |\bar{F}_{ij}|}{x_i x_j |F|} \quad (1)$$

onde $|F|$ é o determinante da matriz hessiana orlada, \bar{F} , da função de produção F ($y = F(x)$), $|\bar{F}_{ij}|$ é o cofator de F_{ij} em \bar{F} , $F_h = \partial F(x) / \partial x_h$ e $F_{ij} = \partial^2 F(x) / \partial x_i \partial x_j$.

A elasticidade parcial de substituição de Allen mede a resposta da demanda derivada à mudança de preço de um insumo, mantendo-se fixo o produto y e os preços de todos outros insumos.

Segundo Berndt e Christensen (1973), fazendo-se

$$\lambda \frac{\partial x_i}{\partial p_k} = \frac{|\bar{F}_{ij}|}{|F|} \text{ e } F_h = \frac{p_h}{\lambda} \quad (2)$$

onde λ é o custo marginal do produto y , e substituindo (2) em (1), obtém-se:

$$\sigma_{ij} = \frac{\sum_{h=1}^n p_h x_h}{x_i x_j} \cdot \frac{\partial x_i}{\partial p_j}$$

Aplicando-se o lema Shephard $x_i^* = \frac{\partial C(y,p)}{\partial p_i}$ a função de custo multiplicativa $C(y,p) = H(y) \cdot G(p)$, obtêm-se: $\sigma_{ij} = \frac{G_{ij}}{G_i G_j}$.

Usawa (1962) obteve o mesmo resultado para uma F linear homogênea:

$$\sigma_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_i C_j}$$

Finalmente, cabe salientar que, em condições de produção eficiente, quando a oferta de fatores é perfeitamente elástica, a elasticidade de Allen tem a seguinte relação com a elasticidade-preço da demanda derivada:

$$\sigma_{ij} = \epsilon_{ij} M_j^{-1}$$

onde $\epsilon_{ij} = \frac{\partial x_i}{\partial p_j} \cdot \frac{p_j}{x_i}$ e $M_j =$ proporção da despesa de j no custo total da transportadora.

Ilustração Gráfica

A elasticidade parcial de substituição de Allen identifica substituição entre os insumos i e j quando for positiva e denota complementaridade quando for negativa. A substituição indica que a redução da demanda do insumo i é compensada pelo aumento de quantidade do insumo j . A complementaridade indica que a redução da demanda de um insumo i é acompanhada de uma redução da quantidade do insumo j . Enquanto a substituíbilidade é de fácil visualização num processo produtivo de dois insumos, a complementaridade simplesmente não pode acontecer nesses casos, observando-se até $\sigma_{ij}=0$, na tecnologia Leontief no espaço de dois insumos. Devido à dificuldade de visualização da complementaridade em espaços de mais de dois insumos, onde ela pode acontecer, apresenta-se a seguir uma ilustração gráfica da complementaridade num espaço de três insumos, através de um experimento em que se variou o preço de um deles.

A Figura B.1 ilustra uma isosuperfície, convexa, num espaço de três insumos que representa as possibilidades de produção de uma quantidade fixa de toneladas-quilômetro y , enquanto Figura B.2 mostra a projeção desta isosuperfície, transformada em curvas de nível no plano $x_3 = 0$. Considerando uma relação não homotética entre os insumos, o caminho gerado na isosuperfície, na medida em que p_3 aumenta, será não linear. Observe-se que no percurso OA do caminho de "expansão" existe uma relação de substituição de x_3 por x_1 e x_2 , até A. A partir daí, a quantidade x_2 começa a diminuir, tornando-se complementar de x_3 , enquanto x_1 permanece aumentando, substituindo x_3 . Ao longo do processo y , p_1 e p_2 foram mantidos constantes.

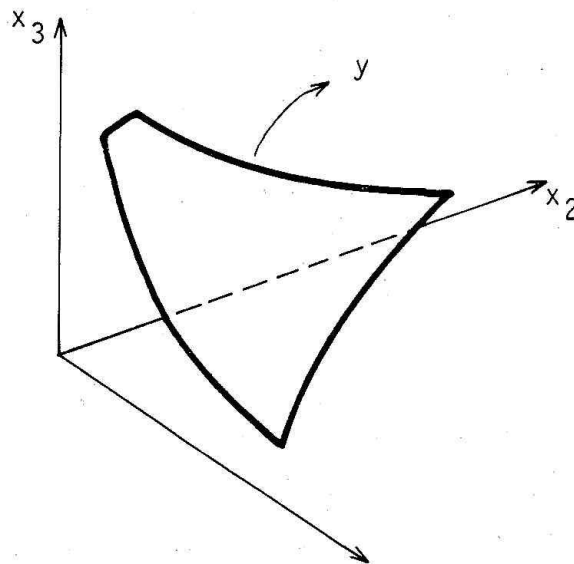


Figura B.1 – Isosuperfície $y = f(x_1, x_2, x_3)$

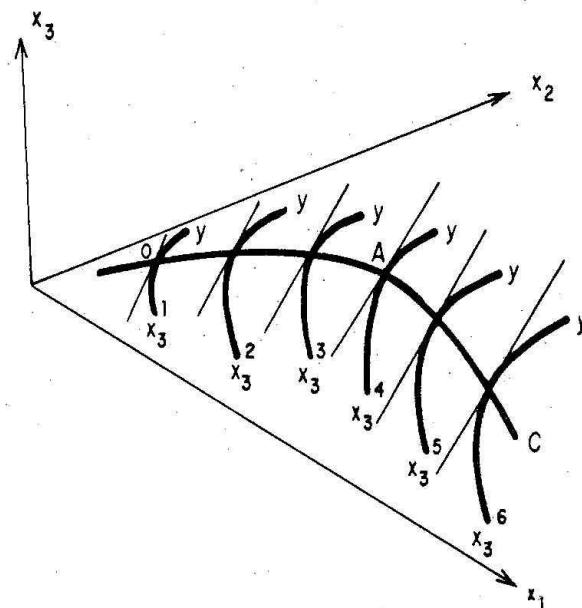


Figura B.2 — Projeção da isosuperfície no plano $x_3 = 0$

Notas: $x_3^1 > x_3^2 > \dots > x_3^6$

$$\frac{\partial(x_2/x_1)}{\partial p_3} \neq 0$$

Trecho OA: $\sigma_{13} > 0$, $\sigma_{23} > 0$.

Trecho AC: $\sigma_{13} > 0$, $\sigma_{23} < 0$ (complementaridade).

y , p_1 , p_2 — fixos

Anexo C — Cálculo dos Índices de preço dos fatores

C.1 — Índice de preço do serviço de capital

O índice de preço do serviço de capital refere-se ao preço do "insumo" do agregado de caminhões da frota do Estado. As infra-estruturas de prédios, garagens e terminais foram ignoradas no cálculo do índice de preços do serviço do capital devido à falta de informação. A intensidade de uso dos veículos é a medida adequada da participação do capital na produção das toneladas-quilômetro. Foi, entretanto, a partir do estoque de veículos que se calculou o custo do capital das empresas, por ser a única medida disponível de capital da amostra. Os diversos tipos e idades dos veículos acentuaram as dificuldades de se estimar um índice representativo da quantidade de capital. Para o cálculo do índice, as despesas de capital por categoria de veículo foram determinadas pela soma dos custos de oportunidade, depreciação, seguros e taxas do período de um ano. O custo de oportunidade foi imputado às empresas supondo-se uma taxa de 12% ao ano de remuneração de capital.

As categorias dos veículos para cálculo de preço foram caminhões, carretas, reboques e furgões, especializadas para cargas geral, líquida e frigorificada. Os preços de mercado dos caminhões, novos e usados, foram obtidos da revista "O Carreteiro" e os preços de caminhões frigorificados e de reboques foram obtidos diretamente da concessionária Randon. O valor médio do seguro dos veículos foi obtido da Cia.Sul América de Seguros. Os índices de depreciação dos veículos foram estimados pelos coeficientes fornecidos pela revista "Transporte Moderno", maio de 1980. A idade média, por categoria, foi tirada do trabalho "Um Modelo Econométrico para a Demanda de Gasolina pelos Automóveis de Passeio" [Barros e Ferreira (1982)].

Não foi feito ajustamento regional para os preços dos veículos, adotando-se, certamente com erros, o mesmo preço de mercado para todos os Estados. As despesas de capital dos Estados variaram, entretanto, pela variação do tamanho e da composição da frota. Os veículos, por categoria e por Estado, estão apresentados na Tabela 3.1.

O preço do serviço de capital do veículo da categoria i (p_i^{mk}) foi estimado então pela expressão:

$$p_i^{mk} = x_i^{mk} \tau + x_i^{mk} \delta + x_i^{mk} \xi, \quad i=1, \dots, N_k, \quad m = \text{empresas (Estados)} \quad (14)$$

onde: p_i^{mk} = preço de mercado do veículo de idade média dos veículos da categoria i , do grupo k , de insumos de capital, do Estado m ;

τ = taxa de remuneração de capital;

δ = taxa de depreciação anual;

ξ = taxa de impostos e seguros anual sobre o veículo; e

N_k = número de categorias de veículos.

A despesa anual dos n_i veículos da categoria i , do Estado m , d_i^{mk} , foi então calculada por $d_i^{mk} = n_i p_i^{mk}$. Assim, de posse das quantidades x_i^{mk} e das despesas d_i^{mk} , o índice de quantidade de capital, IQ^{mk} , do Estado m , foi estimado pela expressão:¹

$$IQ^{mk} = \prod_{i=1}^{N_k} \left[\frac{x_i^{mk}}{x_i^{bk}} \right]^{1/2} \left[\frac{d_i^{mk}}{d^{mk}} + \frac{d_i^{bk}}{d^{bk}} \right]$$

onde:

$$d^{m(b)}, k = \sum_{i=1}^{N_k} d_i^{m(b)}, k \quad \text{é a despesa total de capital do Estado } m \text{ (base).}$$

O índice de preços (IP^{mk}) foi então calculado por:

$$IP^{mk} = d^{mk} / IQ^{mk}$$

C.2 - Índice de preço da mão-de-obra

A concepção do índice de preço da mão-de-obra é a mesma do índice de capital. As despesas com os salários foram encontradas diretamente na publicação ETR para mão-de-obra de tráfego, manutenção e administração e sócios, dispensando-se estimá-las como no caso do capital. O número de pessoas empregadas por categoria foi também fornecido da publicação.

Com os dados de despesas com salários e de quantidade de pessoas empregadas por empresa, estimou-se o índice de quantidade de mão-de-obra e, através da relação "despesa igual ao índice de preço multiplicado pelo índice de quantidade", obteve-se o índice de preços. A expressão do índice de quantidade de mão-de-obra L do Estado m (IQ^{mL}) é a seguinte:

$$IQ^{mL} = \frac{N_L}{\pi_i} \left(\frac{x_i^{mL}}{x_i^{bL}} \right) \frac{1}{2} \left(\frac{d_i^{mL}}{d^{mL}} \quad \frac{d_i^{bL}}{d^{bL}} \right)$$

onde:

$x_i^{m(b),L}$ = quantidade de empregados (grupo L) da categoria i, do Estado m (base);

$d_i^{m(b),L}$ = despesa com salários dos empregados i, do Estado m (base);

$d^{m(b),L}$ = despesa total de mão-de-obra no Estado m (base); $d^{m(b),L} =$

$$= \sum_i^{N_L} d_i^{m(b),L};$$

N_L = número de categorias de mão-de-obra.

Foram calculados dois índices de mão-de-obra no trabalho: um com tráfego, manutenção e pessoal de administração agregado a sócios; e outro com tráfego agregado à manutenção e pessoal de administração agregado a sócios.

O índice de preço da mão-de-obra foi calculado indiretamente (Tabela 3.6):

$$IP^{ML} = d^{ML}/IQ^{ML}$$

C.3 - Índice de preço de energia

O relatório estatístico das Empresas de Transporte Rodoviário só fornece despesa total com combustíveis na transportadora, sem especificar as parcelas de gasolina e diesel. Por isso, não foi possível calcular as quantidades consumidas de cada combustível na empresa, nem tampouco o índice de quantidade. Releva notar que os preços unitários dos combustíveis são iguais em todo o território nacional e que somente através das quantidades consumidas seria possível captar o desempenho energético das transportadoras.

Com a hipótese de que existe separabilidade no consumo de energia na transportadora, justificou-se a existência de uma subunidade de energia que produzisse o agregado energético combinando diesel e gasolina, independentemente dos outros consumos na empresa. Assim, como se admitiu a função de produção de subunidades, haveria de se admitir também a subfunção de custo unitário especificada com os preços de mercado do diesel e da gasolina. Entretanto, para estimar esse custo unitário, que seria o preço do agregado energético da função de custo da transportadora, esbarrou-se na necessidade de dados que, se existissem, já teriam possibilitado o cálculo do índice de quantidade. Todavia, procurando contornar as dificuldades acima mencionadas, pensou-se ainda em estimar diretamente o preço unitário da unidade energética (\$/vkm) em função dos preços de energia e de variáveis características da operação, tais como distância média de viagem, fator de aproveitamento dos veículos, proporção de veículos a diesel na frota da empresa, etc. Porém, como o preço do combustível não variava entre Estados e como não existiam variáveis de operação na base amostral disponível, essa tentativa foi também frustrada.

Finalmente, diante do quadro, adotou-se como preço unitário do agregado energético o valor calculado pela expressão seguinte.

$$p^{mE} = \frac{d^{mE}}{tkm^m}$$

onde: p^{mE} - preço médio de energia consumida por tkm,
 d^{mE} - despesa de energia do Estado m,
 tkm^m - toneladas-quilômetro do Estado m.

Para legitimar o p^{mE} como o preço unitário do agregado energético, foi necessário supor que todas as empresas transportadoras da amostra consumissem energia com a mesma relação constante de BTU diesel por BTU gasolina, pois sob esta condição o agregado energético seria calculado pela soma direta das quantidades consumidas de diesel e de gasolina na transportadora.² Portanto, o Índice (Divisia) de quantidade (IQ_E) seria o quociente do agregado de energia de cada empresa pelo da empresa base da amostra:

$$IQ^{mE} = \frac{f_E^m}{f_E^b} = \frac{x_g^m + x_d^m}{x_g^b + x_d^b}$$

onde: f_E^m - valor da subfunção de produção do agregado energético da empresa m ou base;
 x_g^m - consumo de gasolina (ou diesel) em litros na empresa m ou base.

Como a produção de toneladas-quilômetro foi considerada homogênea linear no trabalho, para se duplicar a quantidade produzida de tkm seria necessário duplicar também o consumo de energia da empresa. Sob homogeneidade linear de produção, e admitindo-se que o consumo de energia manteria a mesma proporcionalidade com tkm nas empresas da amostra, obteve-se:

$$f_E^m = \alpha tkm^m$$

O índice de quantidade foi, então,

$$IQ^{mE} = \frac{f_E^m}{f_E^b} = \frac{tkm^m}{tkm^b}$$

Portanto, o índice de preços é:

$$IP^{mE} = \frac{d^{mE}}{IQ^{mE}} = \frac{d^{mE}}{tkm^m} \cdot tkm^b$$

Normalizando-se IP^{mE} em relação à observação base da amostra, selecionada como o ponto de expansão da função de custo translog, obteve-se:

$$\frac{IP^{mE}}{IP^{bE}} = \frac{d^{mE}}{d^{bE}} \cdot \frac{tkm^b}{tkm^m} \quad (5.1)$$

Normalizando-se p^{mE} em relação ao preço de observação básica da amostra, obteve-se também o mesmo resultado de (5.1):

$$\frac{p^{mE}}{p^{bE}} = \frac{d^{mE}}{d^{bE}} \cdot \frac{tkm^b}{tkm^m} = \frac{IP^{mE}}{IP^{bE}}$$

Assim, a observância da hipótese da relação fixa de consumo de combustíveis entre as empresas foi condição necessária para assegurar a validade de p^{mE} como o índice de energia na função de custo unitário translog.³

C.4 – Índice de preço de materiais não energéticos e de autônomos

O índice de preço de materiais foi calculado como o índice de energia. A despesa com materiais engloba todos os gastos da empresa que não sejam com capital, energia e mão-de-obra.

As despesas que compõem o custo de materiais são: despesas diversas (impostos e taxas, manutenção e reparação de equipamentos, alugueis e arrendamentos, fretes e carretos – excluindo-se os gastos com carreteiros –, combustíveis e lubrificantes utilizados na manutenção, publicidade e propaganda, juros e despesas bancárias, serviços profissionais de terceiros e seguros) e despesas operacionais (material empregado, energia elétrica, pagamentos a terceiros e pagamentos a carreteiros).

A despesa de material é, por hipótese, também proporcional às toneladas-quilômetro. O cálculo do índice de preço de material é feito, portanto, da mesma forma que o índice de energia:

$$IP^{mM} = (d^{mM}/tkm^m)/(d^{bM}/tkm^b)$$

onde: IP^{mM} - índice de preço normalizado de materiais do Estado m,

d^{mM} - despesa total de materiais do Estado m,

tkm^m - toneladas-quilômetro do Estado m.

Numa segunda etapa, devido à constatação de que a participação das despesas com carreteiros (C) chegava a 50% da despesa total de materiais, estimou-se um novo modelo de custo com uma equação de proporção para as despesas com carreteiros. A capacidade autônoma dos carreteiros foi entendida, nesse modelo, como um insumo de produção das empresas de transporte rodoviário de carga.

Na estimativa deste modelo, o preço unitário do serviço do carreteiro não dependeu do tipo de mercadoria nem da distância das viagens. Certamente, esta hipótese não é realista, mas foi necessária pela falta de informação.

Notas:

¹Veja-se Índice Divisia do Anexo A.

²Suponha-se que os pares (x_g^i, x_d^i) e (x_g^B, x_d^B) sejam as quantidades consumidas de gasolina (g) e diesel (d) nas empresas i e B (base) da amostra. Pela hipótese assumida de consumo de energia:

$$\frac{x_g^i}{x_d^i} = \frac{x_g^B}{x_d^B} = K \quad (1)$$

Por (1), $x_g^i/x_d^i = x_g^B/x_d^B$.

O Índice Divisia de quantidade, que é exato para a função translog (Anexo A), foi calculado pela expressão seguinte:

$$IQ = \left[\frac{x_g^i}{x_d^i} \right]^{\frac{1}{2} (M_g^i + M_d^i)} \left[\frac{x_g^B}{x_d^B} \right]^{\frac{1}{2} (M_g^B + M_d^B)} \quad (2)$$

onde M_j^i é a proporção da despesa do combustível j na despesa total com energia da transportadora i. Sendo a soma dos expoentes do Índice Divisia igual à unidade, por (1) o valor de (2) será:

$$IQ = x_g^i/x_d^i \text{ ou } IQ = x_g^B/x_d^B.$$

Um índice exato é definido pela razão $IQ = f_E^i/f_E^B$, onde f_E é a função agregativa de energia. Se fossem feitos $f_E^i = x_g^i + x_d^i$ e $f_E^B = x_g^B + x_d^B$, ter-se-ia a seguinte expressão para o índice de quantidade:

$$IQ = \frac{f_E^i}{f_E^B} = \frac{x_g^i + x_d^i}{x_g^B + x_d^B} \quad (3)$$

Com a condição expressa em (1):

$$IQ = \frac{x_g^i + K^{-1} x_g^i}{x_g^B + K^{-1} x_g^B} = \frac{x_g^i}{x_g^B}, \text{ ou } IQ = \frac{K x_d^i + x_d^i}{K x_d^B + x_d^B} = \frac{x_d^i}{x_d^B},$$

de onde se conclui que o índice de quantidade calculado pela expressão (3), sob a condição (1), é o mesmo Divisia (2).

³Existe ainda uma impropriedade na utilização de p^{mE} , devido à invariância dos preços dos combustíveis nas observações da amostra, que foi, no entanto, ignorada no trabalho. Se de fato a proporção do consumo de diesel, em relação ao consumo de gasolina, e os preços dos combustíveis não variassem entre as observações da amostra, então o índice de preço de energia não teria poder explicativo algum nas parcelas de despesa dos fatores, podendo ser eliminado do modelo.

Anexo D – Nota sobre a variável informante da amostra

A qualidade dos dados da publicação intitulada Empresas de Transporte Rodoviário, do IBGE, foi prejudicada pela falta de homogeneidade do número de informantes a nível de Estado. Um mesmo Estado, por exemplo, pode apresentar um número de informantes para mão-de-obra e outro para a frota de veículos. Ora, se cada informante representa uma empresa individual do Estado, não será plausível agregar diretamente mão-de-obra de um grupo de empresas à frota de outro grupo de empresas para constituir a "unidade produtiva" do Estado.

Para contornar a distorção criada nas variáveis agregadas do Estado, admitiu-se que as quantidades dos fatores fossem linearmente proporcionais ao número de informantes e que o número dos informantes de capital (k) fosse a base para correção. Numa hipótese alternativa, admitiu-se também uma expansão geométrica das amostras, ignorada, finalmente, pois em vários casos a razão de informantes de frota por informantes de despesas excedia a dois em um mesmo Estado. As expansões foram:

linear:

$$x_i^{m1} = x_i^{m0} \left[\frac{r^{mK}}{r^{mi}} \right], \quad i = K, L, E, M, C$$

geométrica:

$$x_i^{m2} = (x_i^{m0}) (r^{mK}/r^{mi}), \quad i = K, L, E, M, C$$

onde: x_i^{mj} = quantidade do insumo i do Estado m, obtido da amostra (j = 0), corrigido linearmente (j = 1) e geometricamente (j = 2);

r^{mi} = número de empresas informantes do insumo i, no Estado m.

Anexo E — Modelo de produção translog

Admitiu-se como premissa básica de desenvolvimento do modelo que as transportadoras maximizam lucro e produzem um só produto medido em tonelada-quilômetro (tkm). Os insumos típicos de produção foram: capital (veículos próprios), mão-de-obra, energia (combustível), materiais e autônomos (carreiros). A forma genérica para o problema de máximo lucro é a seguinte:

$$\begin{aligned} \max \quad & py - \sum_i w_i x_i, \quad i = 1, \dots, N & (1) \\ \text{s.a.:} \quad & F(x,y) \geq 0 \end{aligned}$$

onde:

p, w_i são os preços de mercado da tkm e dos insumos, respectivamente;

y é o fluxo de produção da empresa;

x_i é a quantidade do insumo i ;

x vetor de insumos;

$F(x,y)$ é a tecnologia de produção, definida aqui como uma função de possibilidades de produção.

A solução ótima para o problema de máximo lucro satisfaz as seguintes equações de equilíbrio, derivadas das condições de Kuhn-Tucker, associadas ao lagrangeano do problema (1):

$$\frac{w_i}{p} = -\frac{F_i}{F_y}, \quad i = 1, \dots, N; \quad (2)$$

$$\text{na fronteira } F(x,y) = 0. \quad (F_i = \partial F / \partial x_i; F_y = \partial F / \partial y). \quad (3)$$

Para analisar o processo produtivo das transportadoras por via econométrica, vamos inicialmente aproximar $F(x,y) = 0$ por uma função translog no ponto $(x,y) = (1,1)$ e, em seguida, atendendo às condições de equilíbrio (2), derivar o sistema de equações que deve ser satisfeito pelas firmas em equilíbrio de produção.

Assim, como se sabe que adicionando um a cada lado de $F(x,y) = 0$ não se altera as condições de equilíbrio da produção, a

forma logarítmica equivalente da fronteira torna-se:¹

$$\ln(F(x,y)+1)=0 \quad (4)$$

Fazendo-se $x_i = e^{\ln x_i}$, $\forall i$, e $y = e^{\ln y}$ e, em seguida, procedendo à expansão quadrática de

$$\ln(F(e^{\ln x_1}, \dots, e^{\ln y})+1)=0 \quad (4')$$

obtêm-se a seguinte expressão logarítmica:

$$\begin{aligned} \ln(F+1) &= \ln a_0 + \sum_i^N a_i \ln x_i + a_y \ln y \\ &+ 1/2 a_{yy} (\ln y)^2 + 1/2 \sum_{ij}^{NN} a_{ij} \ln x_i \ln x_j \\ &+ 1/2 \sum_i^N a_{yi} \ln x_i \ln y + 1/2 \sum_i^N a_{iy} \ln x_i \ln y \end{aligned} \quad (5)$$

onde: $a_{ij} = a_{ji}$, $\forall i, j$;

$$a_{yi} = a_{iy}, \forall i.$$

Derivando-se $\ln(F+1)$ em relação a $\ln x_i$ e a $\ln y$, respectivamente, obtêm-se:

$$\frac{d \ln(F+1)}{d \ln x_i} = \frac{\partial(F+1)}{\partial x_i} \frac{x_i}{(F+1)} = \frac{\partial F}{\partial x_i} x_i = a_i + \sum_j^N a_{ij} \ln x_j + a_{yi} \ln y$$

$$\frac{d \ln(F+1)}{d \ln y} = \frac{\partial(F+1)}{\partial y} \frac{y}{(F+1)} = \frac{\partial F}{\partial y} y = a_y + \sum_i^N a_{yi} \ln x_i + a_{yy} \ln y$$

Dividindo-se os dois resultados, e aplicando as condições de equilíbrio (2), obtêm-se o sistema de equações de equilíbrio:

$$\frac{F_i x_i}{F_y y} = \frac{W_i x_i}{p y} = - \frac{a_i + \sum_j^N a_{ij} \ln x_j + a_{yi} \ln y}{a_y + \sum_i^N a_{yi} \ln x_i + a_{yy} \ln y}, \quad i=1, \dots, N \quad (6)$$

As restrições de igualdade dos coeficientes cruzados na expressão (5) foram necessárias para que a fronteira $F(x,y)=0$ fosse duas vezes diferenciável. Por ter admitido que a fronteira de

produção fosse também separável insumo-produto, isto é, $F(x,y) = y - f(x) = 0$, foi necessário acrescentar as seguintes restrições aos coeficientes de (5):

$$a_{iy} = 0, \quad \forall i \quad (7)$$

Pela condição de lucro zero assumida ao longo do trabalho, em que a receita das empresas iguala-se sempre ao custo, $py = \sum_i w_i x_i$, requer-se que a fronteira de produção $F(x,y) = 0$ seja homogênea linear.² Para tanto, os coeficientes de (5) devem satisfazer às restrições seguintes:³

$$a_y + \sum_i^N a_i = 0$$

$$a_{iy} + \sum_j^N a_{ij} = 0, \quad i = 1, \dots, N$$

$$a_{yy} + \sum_i^N a_{iy} = 0$$

que, associadas às condições de separabilidade (7), transformam-se no conjunto de restrições:⁴

$$a_y + \sum_i^N a_i = 0$$

$$\sum_i^N a_{ij} = \sum_j^N a_{ij} = 0$$

$$a_{yy} = 0 \quad (8)$$

Acrescentando-se às restrições (8) a normalização $\sum_i a_i = 1$ (veja nota 4), (6) pode ser rescrito finalmente como um sistema de equações de proporções de despesas:

$$\frac{w_i x_i}{p y} = a_i + \sum_j^N a_{ij} \ln x_j, \quad i=1, \dots, N \quad (9)$$

sujeito a: $\sum_i^N a_i = 1$, $\sum_i^N a_{ij} = \sum_j^N a_{ij} = 0$, $a_{ij} = a_{ji} \quad \forall i, j$.

Esse sistema de equações (9), com as restrições paramétricas impostas, foi estimado pelo método de Zellner (1962), utilizando-se o sistema computacional Statistical Analysis Systems (SAS), versão 1979.

Notas:

$$^1 F(x,y) + 1 = 1.$$

²Retornos constantes de escala é condição necessária para que se tenha lucro zero [Lau (1972), Teorema II, p.282)].

³Christensen et al. 1973, p.35.

⁴A expressão (5) com as restrições de homogeneidade e separabilidade insumo-produto, pode ser reescrita como:

$$\ln y = \ln b_0 + \sum_i^N b_i \ln x_i + \frac{1}{2} \sum_{ij}^{NN} b_{ij} \ln x_i \ln x_j \quad (10)$$

onde: $\ln b_0 = - \frac{\ln a_0}{a_y}$, $b_i = - \frac{a_i}{a_y}$, $b_{ij} = - \frac{a_{ij}}{a_y}$

Segundo Denny e Fuss (1977, proposição 3), as restrições $b_{ij} = b_{ji}$, $\sum_i b_{ij} = 0$, \forall_j , são necessárias (e suficientes) para que a translog (10) seja uma aproximação quadrática pelo ponto (1,1) a uma função de produção arbitrária homogênea do primeiro grau.

Anexo F — Cálculo da variação nas proporções de despesa devido à variação do preço de energia

A variação percentual da quantidade do insumo i devida à variação do preço de energia pode ser estimada diretamente pela elasticidade-arco, desde que a elasticidade cruzada do insumo i , relativa ao preço da energia, seja conhecida e que a variação percentual do preço da energia seja pequena. Assim, com as elasticidades dos modelos de custo e produção poder-se-á efetivamente estimar a variação na quantidade do insumo i causada pela variação do preço de energia, como se descreve a seguir. (Em tempo, a referência ao preço de energia no texto sô tem razões ilustrativas, não impedindo a generalização dos resultados aqui desenvolvidos).

Assim, pela definição de elasticidade-arco, tem-se:

$$\frac{\Delta x_i}{x_i^*} = \epsilon_{iE} (\Delta p_E / p_E) \quad (1)$$

onde: x_i^* - quantidade de insumos i antes da variação do preço da energia;

ϵ_{iE} - elasticidade cruzada da demanda de i relativa ao preço da energia;

p_E - preço da energia (antes da variação);

Δx_i - variação da demanda de i ;

Δp_E - variação do preço da energia.

Para calcular a variação da proporção da despesa do insumo i , a partir da expressão acima, basta multiplicá-la pela proporção original da despesa, isto é, por $M_i, M_i = x_i^* p_i / C$, resultando em:

$$\frac{\Delta x_i p_i}{C} = M_i \epsilon_{iE} (\Delta p_E / p_E) \quad (2)$$

Como variação da demanda é estimada em relação ao preço original da energia, a variação da proporção M_i , calculada pela expressão a seguir, será também relativa ao preço original do insumo i :

$$M_i' = \frac{(x_i + \Delta x_i) p_i}{C}, \quad \forall i \quad (3)$$

Substituindo-se (2) em (3) e rearranjando os termos, obtêm-se a nova proporção de despesa:

$$M_i' = M_i (1 + \epsilon_{iE} (\Delta p_E / p_E)) \quad (4)$$

O somatório de M_i' deve ser igual à unidade, por ser a soma das proporções de despesas. Para tanto, o somatório das variações expressas em (2) deverá ser zero. A necessidade dessa condição torna-se evidente examinando-se o somatório de M_i' da expressão (4):

$$\sum_i M_i' = \sum_i M_i + (\Delta p_E / p_E) \sum_i M_i \epsilon_{iE} \quad (5)$$

Como o somatório de M_i é igual à unidade e a variação do preço da energia é diferente de zero, então para que o somatório de M_i' seja unitário será necessário que o somatório de $M_i \epsilon_{iE}$ seja zero. Por construção, mostra-se facilmente que a condição $\sum M_i \epsilon_{iE} = 0$ está satisfeita no modelo de custo translog.

Expressando ϵ_{iE} em termos da elasticidade de substituição de Allen, $\epsilon_{iE} = \sigma_{iE} M_E$, e σ_{iE} em termos dos coeficientes da função de custo translog da Subseção 3.3.2 — expressões (10) e (11):

$$\sigma_{iE} = \frac{b_{iE} + M_i M_E}{M_i M_E}, \quad \forall i \neq E;$$

$$\sigma_{EE} = \frac{b_{EE} + M_E M_E - M_E}{M_E M_E},$$

e fazendo o produto de $M_i \epsilon_{iE}$ obtêm-se:

$$M_i \epsilon_{iE} = M_i \sigma_{iE} M_E = b_{iE} + M_i M_E, \quad \forall i \neq E$$

$$M_E \epsilon_{EE} = M_E \sigma_{EE} M_E = b_{EE} + M_E M_E - M_E$$

Agora, fazendo o somatório em i de $M_i \epsilon_{iE}$ e rearranjando os termos das expressões acima, consegue-se o resultado desejado:

$$\sum_{i=1}^N M_i \epsilon_{iE} = \sum_i b_{iE} + M_E \sum_{i=1}^N M_i - M_E = 0;$$

pois $\sum_{i=1}^N b_{iE}$ é igual a zero, pela condição (5i) do Capítulo 3, e

$\sum M_i$ é igual à unidade, por definição. Verifica-se, assim, que

$$\sum_{i=1}^N M_i = 1.$$

Cabe mencionar, finalmente, que os resultados da Tabela 5.1 foram simulados diretamente pela expressão (4) com os valores das elasticidades dos modelos de custo e com um acréscimo de 10% no preço da energia (e capital). Os impactos do preço da energia na tecnologia estimada pela função de produção foram também estimados pela expressão (4).

Anexo G — Cálculo da variação do valor do frete devido à variação do preço da energia

De acordo com a hipótese de retornos constantes de escala e a livre entrada de transportadoras no mercado de fretes, o custo unitário da tonelada-quilômetro deverá ser igual ao valor do frete. Assim, o rearranjo causado nas proporções de despesa pela elevação do preço da energia produz uma variação no valor do frete igual a $M_E (\Delta p_E / p_E)$, isto é, igual ao produto da proporção da despesa com energia pela variação do preço do insumo.

Para obter o resultado acima, considere-se a expressão (3) do Anexo F:

$$M_i = \frac{(x_i + \Delta x_i) p_{i0}}{C}$$

onde: M_i^i - proporção de despesa do insumo i após variações de P_E ;
 p_{i0} - preço original do insumo i ;
 C - custo unitário da tonelada-quilômetro, igual ao valor do frete.

Multiplicando M_i^i pela razão (C/p_{i0}) , o consumo do insumo i por tonelada-quilômetro será:

$$x_i^* + \Delta x_i = M_i^i C / p_{i0} \quad (1)$$

O valor do frete após a variação do preço do combustível será então calculado pelo somatório das novas despesas por tonelada-quilômetro:

$$C_n = \sum_i (x_i^* + \Delta x_i) p_{in} \quad (2)$$

onde: C_n - preço do frete atualizado;
 p_{in} - preço do insumo i após elevação do preço da energia.

Substituindo a nova quantidade do insumo i de (2) pela expressão calculada em (1), obtêm-se o seguinte resultado:

$$C_n = \sum_i M_i^i C (p_{in} / p_{i0}) \quad (3)$$

Como no experimento s̄o foi permitido variar o preço da energia, prevalece a relação seguinte entre os preços novos e antigos:

$$p_{in} = p_{i0} \quad , \quad \forall i \neq E$$

Agora, expandindo a expressão (3) e isolando a proporção de energia, obtêm-se:

$$C_n = C \left(\sum_{i \neq E} M_i^i + M_E^i (p_{En} / p_{E0}) \right)$$

Em seguida, substituindo $(\sum_{i \neq E} M_i')$ por $(1 - M_E')$, pois

$\sum_{i=1}^N M_i' = 1$, e rearranjando os termos resultantes, obtêm-se finalmente:

$$\frac{\Delta C}{C} = M_E' \frac{\Delta p_E}{p_E} \quad (4)$$

onde: $\Delta C = C_n - C$ e $\Delta p_E = p_{En} - p_{E0}$.

A variação no preço do frete devido à variação do preço da energia é calculada então pela nova proporção da despesa com energia multiplicada pela variação do respectivo preço. Este resultado vale para qualquer outro insumo, desde que se recalcule a nova proporção da despesa para a variação do respectivo insumo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARKER, H., SHARON, E., e SEN, D. From freight flow and cost patterns to greater profitability and better service for a motor carrier. Interfaces, Providence, 11 (6): 4-20, Dec. 1981.
- BARROS, Ricardo Paes e, FERREIRA, Silvêrio Soares. Um modelo econométrico para a demanda de gasolina pelos automóveis de passeio. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1982. 135p. (Texto para discussão. Grupo de Energia, 7).
- BERNDT, E.R., e CHRISTENSEN, R.L. The internal structure of functional relationships: separability, substitution and aggregation. Review of Economic Studies, Edinburgh, 40 (123): 403-10, Jul. 1973.
- BERNDT, E.R., e WOOD, D.O. Engineering and econometric interpretation of energy-capital complementarity. The American Economic Review, Nashville, 69 (3): 342-54, Jun. 1979.
- . Technology, prices, and the derived demand for energy. The Review of Economics and Statistics, Cambridge, Mass., 57 (3): 259-268, Aug. 1975.
- BILICH, Ferruccio. Demanda de energia para a operação de veículos automotores no Brasil. s.l. GEIPOT, s.d. Trabalho apresentado no Seminário sobre Demanda de Energia no Brasil, Rio de Janeiro, FINEP/IPEA/CNPq, 1982.
- BLACKORBY, C., e RUSSEL, R. Functional structure and the Allen partial elasticities of substitution: an application of duality theory. Review of Economic Studies, Edinburgh, 43 (134): 285-95, Jun. 1976.
- BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Registro e cadastro de transportadores rodoviários nacionais de carga. Rio de Janeiro, 1981.
- BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Sinopse do transporte rodoviário de cargas. Rio de Janeiro, 1976. 316p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Balanço energético nacional, Brasília, 1983.

- O CARRETEIRO. São Paulo, Ed. Abril, nºs 70-80, 1980.
- CASTRO, Jr. N.R. Tecnologia, custo e escolha de equipamento no Transporte rodoviário de bens. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1984, mimeo.
- CHIANG, S.J.W. Economies of scale and scope in multiproduct industries: a case study of the regulated U.S. trucking industry. Tese de Ph.D. Cambridge, Mass., MIT, 1982.
- CHRISTENSEN, L., JORGENSON, D., e LAU, L. Transcendental logarithmic production frontiers. The Review of Economics and Statistics, Cambridge, Mass., 55 (1): 28-45, Feb. 1973.
- de NEUFVILLE, R., WILSON, N.H.M., e FUERTES, L. Consolidation of urban goods movements: a critical analysis. Transportation Research Record, Washington, 496: 16-27, 1974.
- DENNY, M. e FUSS, M. The use of approximation analysis to test for separability and the existence of consistent aggregates. American Economic Review, 67(3): 404-418, 1977.
- DI EWERT, W.E. An application of the Shephard duality theorem: a generalized Leontief production function. Journal of Political Economy, Chicago, 79 (3): 481-507, May/June 1971.
- . Applications of duality theory. In: INTRILIGATOR, M.D., e KENDRICK, D.A., eds. Frontiers of quantitative economics. Contributions to economic analysis, 87. Amsterdam, North-Holland, 1974.
- . Exact and superlative index numbers. Journal of Econometrics, Amsterdam, 4: 115-145, 1976.
- FRIEDLAENDER, A, e SPADY, R. Freight transport regulation: equity, efficiency and competition in the rail and trucking industries. Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1981.
- FUSS, M.A. The demand for energy in Canadian manufacturing — an example of the estimation of production structures with many inputs. Journal of Econometrics, Amsterdam, 5 (1): 89-116, Jan. 1977.
- HALL, E.R. The specification of technology with several kinds of output. Journal of Political Economy, Chicago, 81 (4): 878-892, July/Aug. 1973.

- HARMATUCK, D.G. A motor carrier joint cost function: a flexible functional form with activity prices. Journal of Transport Economics and Policy, London, 15 (2): 135-153, May.1981.
- HUMPHREY, David B., e MORONEY, J.R. Substitution among capital, labor, and natural resource products in American manufacturing. Journal of Political Economy, Chicago, 83 (1): 57-82, Jan./Feb. 1975.
- IBGE. Empresas de Transporte Rodoviário, V.7, Rio de Janeiro, 1982.
- IPT. Análise de políticas de substituição e racionalização do uso de óleo diesel no transporte rodoviário. São Paulo, 1982. V.2.
- JARA-DIAZ, S. Transportation product, transportation function and cost functions. Transportation Science, Baltimore, 16 (4): 522-539, Nov.1982.
- LAU, Lawrence. Profit functions of technologies with multiple inputs and outputs. The Review of Economic and Statistics, Cambridge, Mass., 54 (3): 281-9, Ago.1972.
- LEI nº 7092 de 19 de abril de 1983. Diário Oficial da União, Brasília, 121 (75), 20 abril de 1983.
- McFADDEN, D. Cost, revenue, and profit functions. In: FUSS, M., e McFADDEN, D. eds. Production economics: a dual approach to theory and applications. Contributions to economic analysis, 110-11. Amsterdam, North-Holland, 1978.
- OLIVEIRA, Eden G. de. Recente pesquisa sobre transporte de cargas. Rio de Janeiro, FGV., 1981.
- PANZAR, J., e WILLIG, R. Economies of scale in multi-output production. Quarterly Journal of Economics, Cambridge, Mass., 91 (3): 481-94, ago.1977.
- PINDYCK, Robert S. The structure of world energy demand. Cambridge, MIT, 1979. 299 p.
- PINHEIRO, Armando M.R.Castelar. Sobre um modelo de demanda diesel-gasolina. Rio de Janeiro, s.ed., 1981. 139 p Tese (M) Instituto de Matemática Pura e Aplicada.

- RECK, Garrone. Análise econômica das empresas de transporte rodoviário de carga. Tese (M), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1983.
- REIS, Neuto Gonçalves dos. Financiamento e renovação de frota. In: CONVENÇÃO NACIONAL DOS EMPRESÁRIOS DO TRC, 1. Anais do... São Paulo, maio 1984.
- REZENDE, Antonio Edmundo. Complementaridade versus substituibilidade de energia por capital nas empresas de transporte de cargas. Mimeo. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1983.
- REZENDE, Antonio Edmundo, e CASTRO JR., Newton de. O petróleo e as duas questões energéticas. Conjuntura Econômica, Rio de Janeiro, 38 (1): 83-85, jan.1984.
- SATO, K. A two-level constant - elasticity of substitution production function. Review of Economic Studies. Edinburgh, 34: 201-218, Aug.1967.
- SPADY, Richard, e FRIEDLAENDER, Ann F. Econometric estimation of cost functions in the transportation industries. Cambridge, Mass., MIT/Center for Transportation Studies, 1976. (Report 76-13), p.98.
- . Hedonic cost functions for the regulated trucking industry. The Bell Journal of Economics, New York, 9 (1): 157-179, Spring 1978.
- TRANSPORTE MODERNO. Revista. São Paulo, maio 1979.
- USAWA, H. Production functions with constant elasticities of substitution. Review of Economic Studies, Edinburgh, 29 (81): 291-9, Out.1962.
- ZELLNER, A. An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. Journal of the American Statistical Association, 57: 348-68, Jun.1962.

TEXTOS PARA DISCUSSÃO DO GRUPO DE ENERGIA (TDE)

- Nº I - "Uma Avaliação dos Impactos Ambientais e Socio-Econômicos Locais Decorrentes da Industrialização do Xisto", Sérgio Margulis e Ricardo Paes de Barros, Dezembro 1981, 30 p.
- Nº II - "Recursos Nacionais de Xistos Oleíferos: Um Levantamento com Vistas ao Planejamento Estratégico do Setor", Lauro Ramos e Ricardo Paes de Barros, Dezembro 1981, 76 p.
- Nº III- "Agricultura e Produção de Energia: Avaliação do Custo da Matéria-Prima para Produção de Alcool", Equipe IPEA/IPT, Janeiro 1982, 64 p.
- Nº IV - "Um Modelo de Crescimento para a Indústria do Xisto", Ricardo Paes de Barros e Lauro R.A. Ramos, Fev. 1982, 57 p.
- Nº V - "Um Modelo de Planejamento de Oferta de Energia Elétrica", Octávio A.F. Tourinho, Março 1982, 12 p.
- Nº VI - "A Economia do Carvão Mineral", Eduardo M. Modiano e Octávio A.F. Tourinho, Março 1982, 48 p.
- Nº VII- "Um Modelo Econométrico para a Demanda de Gasolina pelos Automóveis de Passeio", Ricardo Paes de Barros e Silvério Soares Ferreira, Maio 1982, 135 p.
- NºVIII- "A Critical Look at the Theories of Household Demand for Energy", Ali Shamsavari, Junho 1982, 32 p.
- Nº IX - "Análise do Consumo Energético no Setor Industrial da Região Central do País", Flávio Freitas Faria e Luiz Carlos Guimarães Costa, Junho 1982, 30 p.
- Nº X - "Vinhoto: Poluição Hídrica, Perspectivas de Aproveitamento e Interação com o Modelo Matemático de Biomassa", Sérgio Margulis, Julho 1982, 108 p.

- Nº XI - "Um Modelo de Análise da Produção de Energia pela Agricultura", Fernando Curi Peres, José R. Mendonça de Barros, Léo da Rocha Ferreira e Luiz Moricochi, Agosto 1982, 24p.
- Nº XII- "Xistos Oleígenos: Natureza, Formas de Aproveitamento e Principais Produtos", Lauro R.A. Ramos e Ricardo Paes de Barros, Fevereiro 1983, 55 p.
- NºXIII- "Consumo de Energia para Cocção: Análise das Informações Disponíveis", Ricardo Paes de Barros e Luis Carlos P. J. Boluda, Março 1983, 113 p.
- Nº XIV- "Consumo de Energia no Meio Rural", Milton da Mata, Março 1983, 41 p.
- Nº XV - "Usina Industrial de Xisto", Lauro R.A. Ramos e Ricardo Paes de Barros, Abril 1983, 87 p.
- Nº XVI- "Cenários de Demanda de Derivados de Petróleo", Lauro R.A. Ramos, Dezembro 1983, 88 p.
- NºXVII- "Sobre a Dieselização da Frota Brasileira de Caminhões", Armando M. Castelar Pinheiro, Dezembro 1983, 87 p.
- NºXVIII- "Impactos Ambientais Decorrentes da Produção do Carvão Mineral: Uma Abordagem Quantificada", Sérgio Margulis, Dezembro 1983, 114 p.
- Nº XIX- "Uma Análise dos Processos de Conservação de Energia e Substituição do Óleo Combustível na Indústria do Cimento", Armando M. Castelar Pinheiro, Março 1984, 102 p.
- Nº XX- "Energia na Indústria de Vidro", José Cesário Cecchi, Março de 1984, 92 p.

O INPES edita ainda as seguintes publicações: Pesquisa e Planejamento Econômico (quadrimstral), desde 1971; Literatura Econômica (bimestral), desde 1977; Brazilian Economic Studies (semestral), desde 1975; Coleção Relatório de Pesquisa; Série de Textos para Discussão Interna (TDI); Série Monográfica; e Série PNPE.