

# Demanda derivada de energia no transporte de passageiros

NEWTON DE CASTRO \*

*Neste estudo, modelos econométricos são desenvolvidos visando à determinação da demanda derivada por combustíveis automotivos nos transportes individual (gasolina e álcool) e coletivo (óleo diesel) de passageiros, assim como pela posse de veículo por famílias e empresas. Na especificação dos modelos incorporam-se variáveis relativas à produção agrícola e industrial, venda do comércio e de serviços, renda individual e população. A amostra de estimação é obtida a partir de dados tipo cross-section, para o ano de 1980, a nível de município. Os resultados revelam a estrutura de demanda de transporte e energia, a partir dos shares das atividades produtivas e dos indivíduos no consumo total de combustível e na frota de automóvel, bem como através do consumo unitário por indivíduo e elasticidades desse consumo e da posse de automóvel por faixa de renda. As implicações desses resultados para a política de preços e as projeções de demanda são também discutidas.*

## I — Introdução

Nas últimas décadas, o crescimento econômico do país esteve associado a um intenso processo de urbanização e incremento da posse e uso do automóvel. A percentagem da população urbana passou de 26 para 65% entre 1940 e 1980, enquanto a frota de automóveis atinge hoje cerca de 10 milhões de veículos. Como consequência desse processo, ocorreu um aumento significativo do consumo de energia no transporte de passageiros. Contribuíram para isso não só os aumentos do número e da extensão do percurso das viagens, como também a difusão do uso do automóvel. Em 1980, o consumo de energia no transporte de passageiros (individual e coletivo) atingiu cerca de 13,8 milhões de metros cúbicos equivalentes de óleo diesel, representando um dispêndio de US\$ 3,6 bilhões, a preços internacionais daquele ano.

Na década de 80, observaram-se mudanças significativas no padrão do consumo de combustíveis automotivos. As recessões de 1981 e 1983 e o *boom* do Plano Cruzado em 1986 ressaltaram a sensibilidade do uso do automóvel em relação à renda das famílias. A rápida penetração do álcool na faixa de veículos mais novos, apresentando tipicamente utilização mais acentuada, coloca importantes indagações acerca da evolução

\* Do Instituto de Pesquisas do IPEA.

provável e desejável desse consumo *versus* o de gasolina nos próximos anos.

Pelo lado da política de preço, há também questões interessantes a serem respondidas. No preço da gasolina, utilizada preponderantemente no transporte individual, incidem pesados impostos, taxas e contribuições que montam a um volume significativo de recursos, do ponto de vista de financiamento de políticas públicas (*e. g.*, conservação rodoviária, PIS, FND, IULCLG, etc.). Com a penetração do álcool, parte desses recursos foi perdida pelo fato de a "conta álcool" ser globalmente deficitária, o que pode pressionar no sentido de preços reais ainda maiores. Pergunta-se, então, de que maneira as diversas faixas de renda da população são atingidas por variações nos preços desses combustíveis? Ou, ainda, até que ponto os preços do álcool e da gasolina afetam o custo de produção e comercialização de mercadorias, assim como de venda de serviços por empresas?

Destaca-se também a questão das possibilidades de conservação de energia no transporte de passageiros. A Tabela 1 apresenta a grande amplitude entre o rendimento energético dos diferentes modos de transporte de passageiros, ressaltando as possibilidades de conservação de energia. Esta, no caso de mudança de modo no transporte de passageiros, envolve: pelo lado da oferta, a variação no emprego de insumos como energia, capital (veículos, terminais), mão-de-obra, etc.; e, pelo lado da demanda, a variação na utilidade derivada do transporte pelo usuário, em função dos diferentes atributos de nível de serviço dos modais. Por exemplo, se uma variação no preço do transporte ou na renda da população causar um aumento na percentagem de viagens por ônibus, em detrimento da percentagem por automóvel, menos energia e outros insumos seriam consumidos no transporte. Em contrapartida, os usuários despenderiam mais tempo em trânsito, o tempo de trânsito seria mais variável, etc., caracterizando um menor nível de serviço e, conseqüentemente, uma menor utilidade (ou uma maior desutilidade) derivada do transporte pelo usuário.

Com efeito, no caso do transporte de passageiros observamos um diferencial substantivo entre as duas opções mais comuns de transporte. Enquanto o ônibus, transportando 70% dos passageiros-quilômetro, consome somente 16% da energia, o automóvel, por outro lado, transportando 24%, consome 70% da energia despendida no transporte de passageiros.

Este artigo visa explicar a demanda derivada por energia no transporte de passageiros, o que é feito através de modelos econométricos em que o consumo de combustíveis automotivos e a frota de veículos de passageiros são determinados em função de variáveis relativas à população, aos salários e às atividades de produção agrícola e industrial, vendas do comércio e de serviços. Os parâmetros dos modelos estimados expressam as influências de cada uma dessas variáveis na demanda por combustíveis e por posse de veículos, servindo de base para elucidar algumas das questões discutidas na motivação acima.

TABELA 1

*Passageiros-quilômetro por modo e consumo energético — 1982*

Modo	Pass. X km X 10 <sup>9</sup> /ano	%	Consumo energético (tep X 10 <sup>9</sup> )	%	Consumo específico (tep/10 <sup>6</sup> X pass. X km)	Índice
Ônibus	342	70	2,3	16	7	100
Automóvel	120	24	10,3	70	86	1.229
Trem	14	3	0,3	2	21	300
Avião	11	2	1,6	11	145	2.071
Metrô	3	1	0,1	1	30	429
Total	490	(100)	14,6	(100)	—	—

FONTE: Elaborada a partir de IBGE (1984) e Geipot (1985).

A Seção 2, a seguir, discute o modelo básico utilizado para as diversas especificações estimadas. Segue-se, na Seção 3, a apresentação da base de dados e das variáveis utilizadas. A Seção 4, relata os resultados das estimações que são discutidos e analisados na seção final.

## 2 — O modelo básico para a demanda de energia no transporte de passageiros

O objetivo do modelo é determinar o consumo de energia no transporte de passageiros, seja a energia consumida especificamente no transporte individual por automóvel, seja aquela consumida no transporte coletivo, em uma dada região. Esta pode ser imaginada como sendo um município ou uma microrregião homogênea.

Tomando-se as vendas de gasolina e álcool, bem como o consumo de óleo diesel em empresas de transporte coletivo por ônibus, tem-se uma aproximação para o consumo global, que numa dada região deve ter como causa o abastecimento de veículos de passageiros em uma ou mais das seguintes situações:

- a) movimento de passageiros com origem e destino dentro da própria região em questão;
- b) movimento de passageiros com origem na região e destinados a uma outra região;

c) movimento de passageiros com origem em outra região e destinados à região em questão; e

d) movimento de passageiros com origem e destino em regiões diversas daquela em questão, isto é, em trânsito pela região em que porventura se abastecem.

A nível de município ou de uma região maior, o movimento intra-regional de passageiros, caracterizado pela opção *a* acima, é tipicamente preponderante sobre as demais opções. Tal, no entanto, não acontece no caso de regiões metropolitanas, ou cidades de veraneio, onde um número por vezes significativo de viagens é gerado entre municípios, caracterizando as opções *b* e *c* acima. Já a opção *d* apresenta importância apenas marginal, em termos relativos, para fins do modelo aqui descrito.

Podemos distinguir, basicamente, três grupos de fatores geradores ou condicionantes do consumo:

– viagens de trabalho ou lazer realizadas por elementos de famílias da região em questão;

– viagens de serviço, geradas exclusivamente para apoiar a produção agrícola ou industrial, assim como as vendas do comércio ou de serviços; e

– características geográficas e urbanas que possam condicionar o rendimento energético dos veículos e as extensões de viagens, assim como possíveis inter-relações com regiões vizinhas.

Sintetizando, propõe-se a seguinte estrutura geral para o modelo:

$$CE_{a,b,c}^j = F(FAM^j, PROD^j, GEO^j)$$

onde:

$CE_{a,b,c}^j$  = consumo de energia no transporte de passageiros, na região *j*, determinado pelas opções *a*, *b* e *c* acima;

$FAM^j$  = características sócio-econômicas das famílias e indivíduos, na região *j*, que determinam o tipo e a frequência de suas viagens;

$PROD^j$  = características das atividades produtivas, comerciais e de serviços prestados, na região *j*, que determinam o tipo e a frequência de suas viagens; e

$GEO^j$  = Características geográficas e urbanas que determinam ou condicionam o consumo de energia no transporte de passageiros observado na região *j*.

A seção seguinte apresenta a base de dados utilizada para a estimação, assim como a especificação dos modelos e a mensuração de suas variáveis.

### 3 — A base de dados e a especificação dos modelos

#### 3.1 — A base de dados

Esta seção propõe-se a desenvolver um modelo que determine econometricamente as vendas de combustíveis para o transporte de passageiros numa dada região. De modo a poder contar com uma base de dados sócio-econômicos regionais abrangente, optou-se pelo ano de 1980, para o que se dispõe dos levantamentos censitários do IBGE. Dado que o maior nível de desagregação disponível para este conjunto de dados é o município, os modelos desenvolvidos visarão explicar a demanda de energia no transporte de passageiros e a posse de veículos a nível de município, em 1980. A base de dados censitários do IBGE é ainda complementada pelos seguintes conjuntos de dados:

a) vendas de gasolina e álcool, por município e tipo de consumidor, e dados de uso de derivados por consumidores municipais cotistas (Conselho Nacional do Petróleo — CNP); e

b) frota municipal de veículos, por classe, obtida de dados do Cadastro de Veículos e Proprietários (CVP/TRU — Serpro).

O desenvolvimento da base de dados teve como principal tarefa a compatibilização dos arquivos de dados de diferentes origens. A base de dados final contou com observações disponíveis em 4.171 municípios. Excluindo-se os municípios em que se observaram valores nulos ou não existentes para população ou para consumo de energia automotiva, obtivemos 3.121 municípios. A Tabela 2 apresenta algumas variáveis da base de dados utilizada e estatísticas de interesse para o Brasil, como também para os municípios segmentados de acordo com cinco faixas de população. O significado dessas variáveis é discutido na subseção seguinte.

#### 3.2 — Especificação e mensuração das variáveis dos modelos

a) Consumo de combustíveis automotivos no transporte individual.

Como uma aproximação para o consumo no transporte individual, tomaram-se os dados de vendas de gasolina (tipos A e C) e álcool hidratado, apresentados acima, fornecidos pelo CNP. Os volumes foram transformados para unidades equivalentes de óleo diesel, de acordo com os respectivos poderes caloríficos.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gasolinas A e C com poderes caloríficos de 11.230 e 10.000 calorias/grama, respectivamente, álcool com 7.090 calorias/grama e óleo diesel com 10.830 calorias/grama [cf. MME (1984)].

TABELA 2

Principais variáveis da base de dados e estatísticas para o Brasil e grupos de municípios por faixa de população

Variáveis	(Unidade)	Brasil	Municípios por faixa de população				
			Até 5.700	5.701 — 11.700	11.701 — 23.200	23.201 — 71.900	> 71.900
Número de municípios	Und	4.171	1.053	1.051	1.050	840	210
População	Mil Hab	120.042	3.371	8.993	17.323	32.164	58.186
População/número de municípios	Mil Hab	29	3	9	16	38	277
População urbana	Mil Hab	81.031	1.284	3.400	6.952	16.662	52.725
População rural	Mil Hab	39.012	2.074	5.596	10.369	15.502	5.461
Pessoas com renda	Mil Hab	46.652	1.148	3.015	5.835	11.266	25.387
Pessoas sem renda	Mil Hab	73.380	2.223	5.983	11.488	20.898	32.789
Renda pessoal estimada	Cr\$ Bilhões	6.099	91	240	480	1.064	4.223
Renda pessoal estimada (per capita)	Cr\$/Hab	50.807	26.995	29.670	27.709	33.080	72.578
Pessoas com renda até 1 salário mínimo	Mil Hab	18.030	637	1.691	3.252	5.615	6.835
Pessoas com renda de 1 a 2 salários mínimos	Mil Hab	13.150	313	784	1.480	3.081	7.482
Pessoas com renda de 2 a 5 salários mínimos	Mil Hab	10.316	147	404	805	1.859	7.100
Pessoas com renda de 5 a 10 salários mínimos	Mil Hab	3.137	33	80	169	465	2.375
Pessoas com renda de 10 a 20 salários mínimos	Mil Hab	1.368	13	33	72	180	1.068
Pessoas com renda maior do que 20 salários mínimos	Mil Hab	649	5	14	30	75	529
Área	Mil m <sup>2</sup>	8.496	707	1.673	2.415	3.177	644
Número de estabelecimentos agropecuários	10E3	5.193	299	795	1.506	2.078	514
Valor da produção agropecuária	Cr\$ Bilhões	1.553	118	246	405	576	207
Número de estabelecimentos industriais	10E3	216	7	18	32	57	102
Valor da produção industrial	Cr\$ Bilhões	9.767	41	165	677	1.671	7.212
Número de estabelecimentos comerciais	10E3	942	20	85	138	276	443
Receita venda de mercadorias	Cr\$ Bilhões	9.209	38	137	697	1.282	7.067
Número de estabelecimentos de serviços	10E3	726	14	41	88	164	388
Receita venda de serviços	Cr\$ Bilhões	1.444	5,7	19	69	124	1.246
Vendas de gasolina (A+C eq.)	Mil m <sup>3</sup>	14.300	176	526	1.123	2.667	3.779
Vendas de álcool hidratado	Mil m <sup>3</sup>	433	2	5	13	66	365
Vendas de gasolina (A+C) + álcool equivalente	Mil m <sup>3</sup>	14.608	177	529	1.134	2.737	10.031
Consumo de diesel transporte coletivo	Mil m <sup>3</sup>	2.638	2	17	58	285	2.267
Automóveis	10E3	7.908	86	229	476	1.195	5.922
Comerciais leves	10E3	736	22	54	107	204	369
Ônibus	10E3	114	0,8	2,1	4,7	18	88
Caminhões	10E3	885	19	50	101	230	485
Densidade populacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Hab/Km <sup>2</sup>	14	5	6	7	10	90
Gasolina + álcool equivalente/Hab	Litro/Hab	122	53	69	65	65	172
Gasolina + álcool equivalente/automóveis	Litro/Auto	1.847	2.061	2.311	2.382	2.280	1.894
Gasolina + álcool equivalente/Auto + C. Leves	Litro/Auto + C. Leves	1.680	1.641	1.870	1.945	1.856	1.600
Diesel transporte coletivo/Hab.	Litro/Hab	22	1	2	3	9	39
Diesel transporte coletivo/ônibus	Litro/ônibus	23.143	2.482	8.167	12.377	16.373	25.468
Autos/1.000 hab.	Autos/1.000 Hab	66	28	25	27	37	102
C. Leves/1.000 hab.	C. Leves/1.000 Hab	6	7	6	6	6	6
Ônibus/1.000 hab.	Ônibus/1.000 Hab	0,95	0,22	0,27	0,27	0,55	1,53
Caminhões/1.000 hab.	Caminhões/1.000 Hab	7	6	6	6	7	8

Os dados de venda de combustível são disponíveis discriminados por tipo de consumidor: empresas agrícolas-pastoris, comerciais, industriais, de energia elétrica, de transporte terrestre, entidades públicas e privadas, forças armadas, uso próprio e postos de revenda. As vendas em postos de revenda são, sem dúvida, a parcela mais significativa, representando, no caso das gasolinas e do álcool, cerca de 90% do total. A utilização final do combustível, tanto no caso das vendas em postos como nas vendas a empresas e entidades, se dá predominantemente no transporte de passageiros. Em 1980, o processo de dieselização da frota de veículos de carga já se encontrava bastante avançado. Assim, esperava-se que o uso de gasolina e álcool no transporte de carga, nessa época, não fosse significativo.<sup>2</sup>

Há ainda um consumo marginal desses combustíveis em usos não automotivos, tais como em moto-serras, motores estacionários, etc. Na impossibilidade de separar o consumo estritamente no transporte de passageiros do consumo no transporte de carga e em outros usos, optou-se por considerar as vendas totais como a melhor aproximação para o consumo no transporte individual. Acreditamos, pelas razões expostas acima, no entanto, que essa dificuldade de mensuração não deverá causar maiores problemas de estimação.

b) Consumo de combustível automotivo no transporte coletivo.

O transporte coletivo de passageiros, no Brasil, tem no ônibus movido a óleo diesel seu principal veículo. Excetuando-se as poucas cidades com transporte metroviário, ou por trólebus, barcas ou trens de subúrbio, o domínio do ônibus é absoluto. Em termos percentuais, o ônibus transportava, em 1980, cerca de 90% dos passageiros urbanos e 94% dos passageiros-quilômetro totais (urbanos e interurbanos) [Geipot (1983) e IBGE (1983)]. Assim, optamos por considerar, exclusivamente, o consumo de óleo diesel no transporte rodoviário de passageiros como medida de consumo de energia no transporte coletivo, desprezando o consumo de energia elétrica em trens suburbanos, trólebus e metrô e de óleo diesel em barcas e trens de passageiros. De maneira a capturar os possíveis impactos desses outros meios de transporte, assim como de outros fatores da estrutura urbana, introduzimos variáveis *dummies* para os municípios localizados nas regiões metropolitanas do país (Recife, Salvador, Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre).

O consumo de óleo diesel no transporte rodoviário de passageiros pode ser obtido junto ao cadastro de consumidores cotistas do CNP, como

<sup>2</sup> Muito embora os dados oficiais (CVP/TRU - Scipro) ainda indiquem que, em 1980, havia uma frota de 155.000 veículos de carga a gasolina, acredita-se que a maior fração destes já tivesse sido transformada para motorização de ciclo Diesel, ou sucateada. A manutenção de motorização de ciclo Otto só se justificaria em casos de baixíssima utilização de veículos, ou em outros casos especiais (e. g., destilarias de álcool, etc.).

também através do Inquérito Especial IE-03 sobre empresas de transporte, realizado em 1980 pelo IBGE. Neste inquérito, pode-se ainda qualificar o consumo de empresas de transporte rodoviário de passageiros predominantemente urbano e daquelas que operam mais concentradamente no transporte interurbano de longa distância. Optou-se por utilizar ambas as medidas de consumo e comparar os resultados alcançados, juntamente com as informações de passageiros transportados por empresas predominantemente municipais, intermunicipais, interestaduais ou internacionais, disponíveis no Inquérito Especial IE-03.

c) Frota de veículos

A principal fonte de informações sobre a frota de veículos é o Cadastro Nacional de Veículos e Proprietários do Serpro, cujos dados fornecem o número de veículos por marca, classe, tipo de combustível, idade e município de registro. Destacamos três grupos de veículos: automóveis de passeio, comerciais leves e utilitários, e ônibus. A frota total, por município, de cada um desses grupos foi obtida para o ano de 1980, descontando-se do total de veículos em 1982 aqueles registrados naquele ano e em 1981.<sup>3</sup>

d) População e renda

O Censo Demográfico de 1980 apresenta valores para a população municipal total, urbana e rural, assim como de pessoas por faixas de renda. Estes últimos são uma *proxy* razoável para a renda disponível das famílias a nível municipal. Podemos comparar,  *grosso modo*, os valores globais de renda obtidos através das informações censitárias e das contas nacionais. Estimamos o total recebido por pessoas, de acordo com o Censo Demográfico, em cerca de Cr\$ 6 trilhões de 1980. Por outro lado, nos Censos Agropecuário, Industrial, Comercial e de Serviços, temos um valor total de salários pagos de Cr\$ 1,3 trilhão, enquanto as Contas Nacionais estimam a remuneração total de empregados em Cr\$ 4,3 trilhões, o consumo final das famílias em Cr\$ 8,9 trilhões e o PIB em Cr\$ 12,6 trilhões (ver Tabela 2).

Nos modelos estimados exploramos algumas opções de variáveis para representar a renda disponível das famílias, a nível municipal, destacando: a) a renda total obtida pela multiplicação do número de pessoas em cada faixa de renda pelo valor da renda média na faixa; b) o valor dos salários pagos obtidos através dos censos das atividades produtivas, combinado com o valor de a menos o valor dos salários dos censos; e c) o número de pessoas distribuídas de acordo com seis faixas de renda.

<sup>3</sup> Utilizamos esse recurso pelo fato de que só dispúnhamos de dados relativos ao cadastro de 1982.

As variáveis demográficas exploradas foram as de população total, percentagem de população urbana e população economicamente *não* ativa. Esta última foi obtida subtraindo-se do valor da população total o número total de pessoas com renda, em cada município.

e) Características geoeconômicas e demográficas

As variáveis consideradas procuram captar os impactos da densidade populacional, da taxa de urbanização e de estruturas metropolitanas no uso de energia no transporte de passageiros. Espera-se que quão mais densamente ocupada for uma região, mais viável economicamente seja a oferta de transporte coletivo e, portanto, menor o consumo de energia no transporte individual, *ceteris paribus*. No mesmo sentido atuaria a taxa de urbanização, medida pela percentagem de população residente em centros urbanos. Já as *dummies* que indicam se o município faz parte de região metropolitana capturam, além dos efeitos já destacados anteriormente no item *b*, as possíveis inter-relações entre municípios contíguos.

f) Atividades produtivas

Dos Censos Agropecuário, Industrial, Comercial e de Serviços extraímos os valores da produção (Agropecuário e Industrial), a receita da venda de mercadorias (Comercial) e de serviços (Serviços). Essas variáveis procuram capturar a parte do consumo no transporte de passageiros gerado, especificamente, na execução de atividades produtivas. Excluem-se, aí, as viagens domicílio—local de trabalho de pessoas empregadas.

De fato, os censos e inquéritos especiais indicavam, em 1980, que os estabelecimentos produtivos possuíam uma frota de 1 milhão de veículos de transporte de passageiros e de uso misto (utilitários e camionetas), incluindo 109 mil ônibus pertencentes a empresas de transporte rodoviário. Acredita-se, também, que os 900 mil veículos de empresas não de transporte, que representam cerca de 10% da frota de automóveis e comerciais leves em 1980, sejam utilizados mais intensivamente do que os veículos das famílias. Dessa forma, espera-se que as atividades produtivas determinem uma parte significativa do consumo de combustíveis automotivos.

### 3.3 — Forma funcional, identificação do modelo e interpretação dos parâmetros estimados

A ênfase dos modelos propostos está voltada, primordialmente, para a exploração dos determinantes do consumo de energia no transporte de passageiros e posse de veículos, em detrimento de análises estruturais mais refinadas. Assim, nosso interesse quanto às características da forma funcional dos modelos concentra-se na robustez das estimações. A forma

loglinear apresenta, para o conjunto de dados tipo *cross-section*, a vantagem adicional de diminuir o peso relativo de observações muito distantes das médias das variáveis. É sabido de análises anteriores [ver Castro (1986)] que informações sócio-econômicas, a nível municipal, apresentam um grande número de observações com magnitudes pequenas (isto é, municípios onde as atividades sócio-econômicas são relativamente pouco significativas) e umas poucas observações com magnitudes consideráveis (*e. g.*, São Paulo, Rio de Janeiro, etc.). A transformação logarítmica atenua essas disparidades, reduzindo radicalmente o peso das observações mais distantes. Outra vantagem é que a forma funcional loglinear constitui a base da forma flexível tipo translogarítmica, amplamente utilizada na literatura econométrica mais recente. Assim, pode-se explorar a flexibilização da especificação loglinear mais simples através da introdução de termos quadráticos ou cruzados, de forma a permitir a variação das elasticidades estimadas ao longo de dimensões julgadas relevantes.

Quanto aos aspectos de identificação dos modelos estimados, ressaltamos que estes não consideram interações entre oferta e demanda das variáveis endógenas. Argumentamos no sentido de que as variações reais de preços que pudessem influenciar as variáveis endógenas ao longo de 1980 podem ser desprezadas, face a amplitude de variação observada nas variáveis utilizadas nas especificações. Dessa forma, os modelos não fornecem informações sobre as curvas de demanda ao longo de dimensões de preço. Outrossim, concentram-se nas dimensões de renda, produção e características geoeconômicas dos municípios brasileiros.

Cabe destacar que a interpretação de elasticidades da demanda estimadas a partir dos modelos desenvolvidos deve considerar dois componentes: o primeiro é a elasticidade da demanda com relação ao fator determinante, propriamente; o segundo é a fração da demanda total determinada pelo fator considerado. Vamos supor, por exemplo, ser unitária a elasticidade do consumo de gasolina com relação à renda, numa dada faixa da população, e que o consumo dessa faixa represente 10% do consumo total de gasolina. Dessa forma, obtém-se uma elasticidade total (isto é, o parâmetro a estimar do modelo loglinear simples) igual a 0,1 ( $1 \times 0,1 = 0,1$ ). Generalizando, temos:

$$E = \frac{dQ}{dX} \frac{X}{Q} = \left( \frac{dQ_x}{dX} + \frac{dQ_o}{dX} \right) \frac{X}{Q_x} \cdot \frac{Q_x}{Q}$$

onde:

$Q$  = consumo total;

$X$  = variável qualquer determinante do consumo;

$Q_x$  = parte do consumo atribuível à variável em questão; e

$Q_o$  = parte do consumo não atribuível à variável em questão, sendo  
 $Q = Q_x + Q_o$ .

Assumindo que o impacto de  $X$  em  $Q_o$  seja desprezível, isto é,  $dQ_o/dX = 0$ , obtemos:

$$\frac{dQ}{dX} \cdot \frac{X}{Q} = \left( \frac{dQ_x}{dX} \cdot \frac{X}{Q_x} \right) \cdot \frac{Q_x}{Q}$$

ou seja:

$$E = E_x \cdot \frac{Q_x}{Q}$$

onde:

$E$  = elasticidade total a estimar;

$E_x$  = elasticidade específica do consumo atribuível a  $X$  com relação a  $X$ ; e

$\frac{Q_x}{Q}$  = fração do consumo total atribuível a  $X$ .

Para o caso de as elasticidades do consumo específico ( $E_x$ ) serem iguais à unidade, devemos interpretar as elasticidades totais estimadas ( $\hat{E}$ ) como indicadoras da participação no consumo total de cada variável determinante. No caso em que as elasticidades específicas ( $E_x$ ) se distanciem da unidade, as elasticidades totais estimadas ( $\hat{E}$ ) são de mais difícil interpretação.

Argumenta-se que o comportamento do consumo em relação à dimensão renda deve seguir uma curva do tipo "saturação". Assim, pessoas de mais baixa renda teriam uma propensão marginal a consumir mais alta, caindo esta à medida que a renda aumentasse. Nas faixas de renda mais alta, espera-se uma tendência à estabilização do consumo em relação a acréscimos na renda.

## 4 — Resultado das estimações

### 4.1 — Consumo de energia no transporte individual (gasolina e álcool)

O trabalho de estimação seguiu o seguinte roteiro: inicialmente, estimou-se um modelo básico, a partir da especificação discutida na seção anterior, na forma loglinear; em seguida, procedeu-se à investigação do impacto de *outliers*, oriundos de erros de mensuração nas principais variáveis do mo-

delo; por fim, testaram-se especificações alternativas, flexibilizando a forma funcional ao longo de algumas dimensões de interesse.

Os resultados do modelo básico estimado para três especificações alternativas estão apresentados na Tabela 3. Todos os coeficientes apresentam o sinal esperado e são em sua maioria estatisticamente significativos ao nível de 0,1%. Os altos coeficientes de determinação encontrados ( $R^2$  em torno de 0,85) revelam que o modelo permite explicar uma parcela significativa do consumo de energia no transporte individual, o que vem a ser de veras estimulante ante a dispersão do consumo observada nos mais de 3.100 municípios da amostra de estimação. Os coeficientes estimados são robustos ao tratamento de heterocedácia.<sup>4</sup>

Destacamos, inicialmente, a magnitude e a significância estatística dos coeficientes das variáveis que capturam o volume de atividades no comércio

TABELA 3

*Modelo de regressão loglinear para o consumo de gasolina e álcool no transporte individual de passageiros*

Variáveis (1)	Parâmetro estimado (2)	Estatística <i>t</i> (3)
Constante	7,023	33,268
População sem renda	-0,275	-5,719
Valor da produção industrial	0,014	2,561
Receita nas vendas do comércio	0,215	15,487
Receita nas vendas de serviços	0,142	11,122
Valor da produção agropecuária	0,012	0,848
População urbana (%)	0,004	5,289
Densidade populacional (hab./km <sup>2</sup> )	-0,016	-1,363
Pessoas com renda até 1 salário mínimo	0,168	4,721
Pessoas com renda de 1 a 2 salários mínimos	0,113	2,796
Pessoas com renda de 2 a 5 salários mínimos	0,219	4,700
Pessoas com renda de 5 a 10 salários mínimos	0,110	3,729
Pessoas com renda de 10 a 15 salários mínimos	0,073	3,914
Pessoas com renda maior que 20 salários mínimos	0,061	4,967
<i>Dummy</i> -- região metropolitana	-0,036	-0,512

$N = 3.120$ ;  $R^2 = 0.8479$ ;  $R^2$  ajustado = 0,8472; estatística  $f = 1.235$ .

<sup>4</sup> A violação da hipótese de homocedácia já era esperada. No entanto, ante o número de observações disponíveis e o alto poder de determinação do modelo, o tratamento desse problema resulta em alterações desprezíveis nos coeficientes estimados. Portanto, limitamo-nos a apresentar os resultados das estimações por mínimos quadrados ordinários.

e no setor de serviços. Supondo serem unitárias as elasticidades específicas do consumo em relação a essas atividades, os coeficientes estimados indicariam então que o comércio e a venda de serviços são responsáveis por cerca de 35% do consumo. Já as atividades industriais e agropecuárias apresentam um impacto bastante reduzido, sendo que para algumas estimações seus coeficientes não foram sequer estatisticamente significativos.

Os resultados para o impacto do número de pessoas por faixa de renda não são menos surpreendentes. De fato, é a princípio pouco intuitivo esperar que os coeficientes das faixas de renda mais baixas fossem maiores em magnitude do que aqueles das faixas de renda mais altas. Detendo-nos um pouco mais a analisar esses resultados, podemos observar que o coeficiente da variável REND1 (número de pessoas com renda mensal de até um salário mínimo), por exemplo, indica quanto aumentará percentualmente o consumo de combustível para um aumento percentual unitário do número de pessoas nessa faixa de renda. Assim, supondo não existirem outros efeitos de segunda ordem, podemos estimar os consumos unitários por pessoa em cada faixa de renda, bem como, *grosso modo*, a parcela do consumo das famílias atribuível a cada faixa de renda da população, para duas hipóteses quanto à elasticidade específica do consumo em relação à renda. Tais estimativas são apresentadas na Tabela 4.

Notamos, para a hipótese de elasticidade consumo/renda unitária, que, embora o consumo por pessoa de baixa renda seja reduzidíssimo, o número total de pessoas nessas faixas menos privilegiadas faz com que seu peso no consumo total seja significativo. Uma pessoa com renda em torno de um salário mínimo, em 1980, determinava um consumo de cerca de 120 litros de gasolina por ano, ou seja, o equivalente a uma despesa mensal de Cr\$ 300,00 (120 litros x Cr\$ 30/litro ÷ 12), para um salário mínimo de Cr\$ 4.150,00 (de maio a outubro de 1980, nas capitais das regiões Sudeste e Sul). Para uma pessoa numa faixa de renda de 20 salários mínimos e consumo de 1 mil litros por ano, tal despesa equivaleria a 5% de sua renda.<sup>5</sup>

Em seguida, a Tabela 4 apresenta os resultados para uma elasticidade específica consumo/renda variável. Ajustou-se, para isso, uma curva do tipo "S" invertida, fixando-se os valores das elasticidades para os extremos da distribuição de renda, assim como para uma faixa intermediária, de forma a manter a participação dos indivíduos no consumo total em 74%. Os resultados se apresentam mais razoáveis, com o maior peso do consumo agora recaindo sobre as faixas de renda mais altas. Assim mesmo, o consumo dos indivíduos com renda até dois salários mínimos ainda participa com cerca de 11% no total (28% na hipótese anterior), enquanto nas faixas intermediárias de dois a 10 salários mínimos este percentual alcança 28% (33% na hipótese anterior).

<sup>5</sup> Deve-se observar que em 1980 o preço real da gasolina atingiu seu pico histórico. Para preços de 1986, os percentuais das despesas com combustível equivaleriam a 5,9 e 2,5% da renda, respectivamente.

TABELA 4

*Consumo pessoal unitário e total por faixa de renda e elasticidades do consumo em relação à renda, produção e total*

Faixa de renda	Elasticidade específica do consumo em relação à renda igual à unidade para todas as faixas			Elasticidade específica variável				
	Consumo pessoal unitário (litros/ano)	Consumo total (mil M\$/ano)	Participação no consumo Brasil %	Parâmetro estimado modelo	Elasticidade específica consumo/renda	Consumo pessoal unitário (litros/ano)	Consumo total (mil M\$/ano)	Participação no consumo Brasil %
Renda $\leq$ 1 SM	139	2.266	16,8	0,168	3,020	34	750	5,55
1 < renda $\leq$ 2 SM	122	1.530	11,3	0,113	2,135	42	717	5,31
2 < renda $\leq$ 5 SM	293	2.950	21,9	0,219	1,491	147	1.978	14,67
5 < renda $\leq$ 10 SM	481	1.487	11,0	0,110	0,799	448	1.862	13,80
10 < renda $\leq$ 20 SM	732	989	7,3	0,073	0,467	1.167	2.118	15,70
Renda > 20 SM	1.278	921	6,1	0,061	0,314	3.032	2.619	19,42
Total		10.043	74,46				10.044	74,46

Elasticidades totais: Renda pessoal: 0,7446; Atividades produtivas: 0,38; e Total (renda + produção): 1,13.

Devemos esclarecer, obviamente, que a interpretação acima não implica que famílias nas faixas de renda inferiores tenham de possuir diretamente automóvel. O consumo estimado pode também ser gerado em viagens eventuais de táxis ou automóveis/utilitários de vizinhos e conhecidos. Este fenômeno é particularmente comum em regiões rurais e/ou desprovidas de transporte coletivo. Não obstante, tabulações do censo demográfico mostram que aproximadamente 30% da frota de automóveis particulares, em 1980, pertenciam a famílias com rendimento médio mensal inferior a cinco salários mínimos (ver Tabela 5), ou seja, mesmo através da posse direta de automóveis, é possível encontrar evidências de uma demanda significativa por transporte individual nas faixas de renda mais baixas, corroborando os resultados obtidos nas estimações.

O coeficiente da variável número de pessoas sem renda (isto é, população total menos número total de pessoas em alguma faixa de renda positiva) é negativo, indicando uma redução de 0,25% no consumo para um aumento de 1% nessa variável. Este resultado pode ser interpretado como o impacto de uma queda na renda média do total da população, uma vez que um aumento no número de pessoas sem renda, *ceteris paribus*, diminui a renda disponível *per capita*.

Cabe ainda notar o impacto da variável percentagem de população urbana que, embora de pequena magnitude, é bastante significativo do ponto de vista estatístico. Da mesma forma que um aumento da taxa

TABELA 5

*Existência de automóveis em domicílios particulares por faixa de rendimento médio mensal domiciliar*

Grupo de rendimento mensal domiciliar (salário mínimo)	Número total de domicílios (x 1.000)	% de domicílios com autos	Número de domicílios com autos (x 1.000)	Número acumulado de domicílios com autos
até 1/4	257	1,4	3,6	3,6
de 1/4 a 1/2	1.295	4,1	14,2	17,8
de 1/2 a 1	3.179	2,1	66,8	84,6
de 1 a 2	5.446	5,3	288,6	373,2
de 2 a 5	7.889	17,6	1.388,4	1.761,6
de 5 a 10	3.862	44,3	1.711,0	3.472,7
de 10 a 20	1.874	73,5	1.377,7	4.850,3
mais de 20	912	90,1	822,0	5.672,3
Total	24.715	23,0	5.672,3	—

FONTE: Censo Demográfico de 1980.

de urbanização, *ceteris paribus*, leva a um aumento do consumo, uma maior densidade populacional pode determinar uma redução no consumo.<sup>6</sup> Este fenômeno pode ser interpretado como resultante da maior viabilidade econômica do transporte coletivo quanto mais densamente povoadas forem as áreas servidas. Notamos, ainda, que não foi detectado nos modelos estimados significância para a variável *dummy* indicadora de município pertencente a região metropolitana.

É possível extrair também do modelo uma "elasticidade de escala" do consumo para um aumento global da renda pessoal e do volume de atividades produtivas, acompanhado ou não de um aumento na população. Para a renda, a elasticidade de escala do consumo seria em torno de 0,74; somando-se uma igual variação das atividades produtivas, tal elasticidade atingiria um valor de 1,12. Note-se que se está implicitamente assumindo que a população cresce na faixa de pessoas com renda, permanecendo o número de pessoas sem renda inalterado. De modo a calcular a elasticidade correspondente a um aumento proporcional de todas as faixas da população, o coeficiente estimado para a variável PENA deveria ser somado às elasticidades anteriormente calculadas, reduzindo os valores finais encontrados.

<sup>6</sup> O coeficiente da variável densidade populacional, no entanto, não se revelou estatisticamente significativo.

Na Tabela 6 encontram-se os resultados das estimações para amostras obtidas após a eliminação de municípios que apresentassem valores extremos para o consumo de combustível por veículo (total de automóveis e de comerciais leves). O poder de determinação do modelo sobe para cerca

TABELA 6

*Modelo de regressão loglinear para o consumo de gasolina e álcool no transporte individual de passageiro (amostra reduzida por eliminação de outliers)*

Variável (1)	Parâmetro estimado (2)	Estatística <i>t</i> (3)
Constante	6,855	41,602
População sem renda	-0,184	-4,879
Valor da produção industrial	0,004	0,926
Receita nas vendas do comércio	0,199	17,694
Receita nas vendas de serviço	0,120	11,598
Valor da produção agropecuária	0,018	1,717
População urbana (%)	0,004	7,453
Densidade populacional (Hab./km <sup>2</sup> )	-0,011	-1,094
Pessoas com renda até 1 salário mínimo	0,119	4,257
Pessoas com renda 1 a 2 salários mínimos	0,136	4,250
Pessoas com renda 2 a 5 salários mínimos	0,227	6,182
Pessoas com renda 5 a 10 salários mínimos	0,097	4,029
Pessoas com renda 10 a 15 salários mínimos	0,080	5,314
Pessoas com renda > 20 salários mínimos	0,050	5,921
<i>DUMMY</i> — Região metropolitana	-0,074	-1,353

$N = 2.963$ ;  $R^2 = 0.9038$ ;  $R^2$  ajustado = 0,9034; estatística  $F = 1.978$ .

de 90% e ocorreram alterações principalmente nos coeficientes das variáveis de número de pessoas por faixa de renda. Os resultados para os consumos unitários por pessoa em cada faixa de renda, apresentados na Tabela 7, revelam-se, contudo, razoavelmente robustos, demonstrando que as alterações observadas nos coeficientes decorrem fundamentalmente de mudanças na distribuição relativa das faixas de população em cada uma das amostras empregadas nas estimações.

Obteve-se uma estimativa para a renda familiar por município (SALTOT) através do somatório do produto do número de pessoas em cada faixa de renda pela renda média de cada faixa. A Tabela 8 apresenta os resultados das estimações do modelo com SALTOT, juntamente com

a variável população total, assim como as demais variáveis de produção e de características geográficas usadas nos modelos anteriores. No sentido de explorar alterações nas elasticidades ao longo das dimensões renda e população, flexibilizou-se a forma funcional loglinear simples através da introdução dos termos quadráticos e cruzados para essas duas variáveis.

A elasticidade do consumo em relação à renda pessoal total, extraída do modelo apresentado na Tabela 8, seria dada por:

$$\hat{E} = 0,31 - 2(0,1) \ln (\text{renda total}) + 0,25 \ln (\text{população})$$

ou:

$$\hat{E} = 0,31 - 0,22 \ln (\text{renda per capita}) + 0,03 \ln (\text{população})$$

Note-se, inicialmente, que esta elasticidade varia inversamente com a renda e diretamente com a população municipal, *ceteris paribus*, ou seja, a propensão marginal a despendar em energia para o transporte individual é maior nos municípios com renda inferior, conforme pode ser observado das Tabelas 4 e 7. Nos extremos, é fácil compreender, a nível do comportamento individual, por um lado, o desejo de maior mobilidade dos indivíduos mais pobres e, por outro, que aumentos na renda dos ricos pouco altera seus padrões de uso de automóvel. A nível municipal,

TABELA 7

*Consumo pessoal unitário e total por faixa de renda e elasticidades do consumo em relação a renda, produção e total (amostra reduzida na estimação)*

Faixa de renda	Elasticidade específica do consumo em relação à renda igual à unidade para todas as taxas			Elasticidade específica variável				
	Consumo pessoal unitário (litros/ano)	Consumo total (mil m <sup>3</sup> /ano)	Participação no consumo Total %	Parâmetro estimado modelo	Elasticidade específica consumo/renda	Consumo pessoal unitário (litros/ano)	Consumo total (mil m <sup>3</sup> /ano)	Participação no consumo Total %
Renda ≤ 1 SM	99	1.586	11,9	0,119	2,995	24	529	3,96
1 < renda ≤ 2 SM	147	1.813	13,6	0,136	2,147	49	844	6,32
2 < renda ≤ 5 SM	305	3.032	22,7	0,227	1,515	144	2.002	14,98
5 < renda ≤ 10 SM	421	1.285	9,7	0,097	0,820	367	1.578	11,81
10 < renda ≤ 20 SM	793	1.066	8,0	0,080	0,481	1.178	2.217	16,59
Renda > 20 SM	1.208	773	5,8	0,058	0,323	2.675	2.394	17,91
Total		9.565	71,56				9.565	71,56

Elasticidades totais: Renda pessoal: 0,7156; Atividades produtivas: 0,34; e Total (renda + produção): 1,06.

TABELA 8

*Modelo de regressão loglinear para o consumo de gasolina e álcool no transporte individual de passageiro com renda pessoal e população municipal total e seus termos quadráticos e cruzados*

Variável (1)	Parâmetro estimado (2)	Estatística <i>t</i> (3)
Constante	5,473	7,623
Renda pessoal total estimada	0,416	1,678
População do município	-0,134	-0,404
Renda pessoal total (termo quadrático)	-0,104	-2,904
População (termo quadrático)	-0,118	-2,423
Renda × população (termo cruzado)	0,229	2,881
<i>DUMMY</i> — Região metropolitana	-0,070	-1,415
Valor da produção industrial	0,018	3,097
Receita nas vendas do comércio	0,217	15,547
Receita nas vendas de serviço	0,146	11,351
Valor da produção agropecuária	0,032	2,361
População urbana (%)	0,005	7,001
Área do município	0,014	1,308

$N = 3.120$ ;  $R^2 = 0,8457$ ;  $R^2$  ajustado = 0,8451; estatística  $F = 1.419$ .

ao somatório dos efeitos dos comportamentos individuais deve-se somar uma série de fatores de necessidade de transporte, distâncias médias, características geográficas, disponibilidade de transporte coletivo, etc. As elasticidades do consumo em relação à renda pessoal calculada de acordo com a fórmula acima mostram, em municípios com cerca de 20 mil habitantes e renda *per capita* mensal de 0,67 salário mínimo, um valor de 0,74. No extremo superior da afluência, temos alguns municípios de São Paulo com renda *per capita* de 2 a 2,5 salários mínimos e população de 70 mil a 8 milhões e 500 mil habitantes (São Paulo) e elasticidades que variam de 0,68 a 0,97 (valores crescendo diretamente com a população). Se fizéssemos ainda uma flexibilização do modelo, com termos lineares, cruzados e quadráticos para as seis faixas de renda utilizadas nos modelos anteriores, observaríamos como o valor da elasticidade de consumo em relação à renda seria afetado pela distribuição desta na população.

As importantes implicações dos resultados relatados nesta subseção, para fins de política, são discutidos na Seção 5. Segue-se a apresentação dos resultados para o consumo de energia no transporte coletivo de passageiros na Subseção 4.3, assim como da demanda por posse de automóveis na Subseção 4.2.

## 4.2 — Posse de automóveis

O roteiro seguido no trabalho de estimação assemelha-se àquele da subseção anterior. Os modelos básicos estimados são idênticos aos apresentados na Tabela 3, exceto uma redução no número de faixas de renda. Mais especificamente, criaram-se cinco faixas de renda, das seis usadas anteriormente, fundindo-se numa só (REND12) as duas faixas de renda inferiores (até um salário mínimo — REND1; e entre um e dois salários mínimos — REND2).

A variável dependente é o número de automóveis cadastrados no município, segundo o Cadastro de Veículos e Proprietários (CVP/TRU — Serpro, 1982). De forma a se estimar o número de veículos existentes em 1980, tomaram-se os valores de frota de 1982, subtraindo-se os veículos dos anos de 1981 e 1982. Cabe notar que a variável dependente assim construída não leva em consideração a idade da frota municipal de automóveis. Conseqüentemente, os coeficientes estimados não devem capturar os efeitos de variações de qualidade da frota, mas tão-somente de número de veículos.

Os resultados do modelo básico estimado estão apresentados na Tabela 9. Todos os coeficientes apresentam o sinal esperado e são, em sua maioria, estatisticamente significativos ao nível de 0,1%. O coeficiente de determinação encontrado ( $R^2 = 0,83$ ), como nos casos ante-

TABELA 9

*Modelo de regressão loglinear para a posse de automóveis*

Variável (1)	Parâmetro estimado (2)	Estatística <i>t</i> (3)
Constante	-0,698	-2,671
População sem renda	-0,855	-13,461
Valor da produção industrial	0,028	3,730
Receita nas vendas do comércio	0,179	9,869
Receita nas vendas de serviço	0,018	1,044
Valor da produção agropecuária	0,257	14,506
População urbana (%)	0,002	1,540
Densidade populacional (Hab./km <sup>2</sup> )	0,395	25,671
Pessoas com renda até 2 salários mínimos	0,300	4,910
Pessoas com renda 2 a 5 salários mínimos	0,268	6,004
Pessoas com renda 5 a 10 salários mínimos	0,355	9,193
Pessoas com renda 10 a 15 salários mínimos	0,166	6,770
Pessoas com renda 20 salários mínimos	0,075	4,659
<i>DUMMY</i> — Região metropolitana	-0,378	-4,113

$N = 3.108$ ;  $R^2 = 0,8281$ ;  $R^2$  ajustado = 0,8274; estatística  $f = 1.146$ .

riores, revela um alto poder de explicação do modelo. Os coeficientes estimados são robustos ao tratamento de heterocedácia.

Dentre os coeficientes das variáveis que capturam os efeitos das atividades produtivas, sobressai-se aquele da produção agropecuária, tanto por sua magnitude, como por sua significância estatística. Nesse aspecto, é revelador contrastar esse resultado com aquele obtido para o consumo de energia, onde o impacto da atividade agropecuária foi bastante reduzido. Ao que esses resultados indicam, a posse de veículo de transporte de passageiros é fundamental no setor agropecuário, face à inexistência de alternativa de transporte motorizado no campo, muito embora o nível de utilização desses veículos seja relativamente baixo quando comparado aos coeficientes estimados para as atividades comerciais e de prestação de serviços (ver Tabelas 3 e 4).

Destaca-se, ainda, a magnitude do coeficiente da variável receita de vendas no comércio. O coeficiente da variável do valor da produção industrial, embora significativo, é de pequena magnitude, tal qual o coeficiente da variável de receita de venda de serviços. Supondo serem unitárias as elasticidades específicas da posse de automóveis em relação às variáveis de atividades produtivas, os coeficientes estimados indicariam que estas atividades seriam responsáveis por 48% da frota de automóveis. Desse valor, 26 pontos percentuais seriam provenientes das atividades agropecuárias. Este alto percentual pode ser explicado por uma alta elasticidade específica de posse de automóveis em relação à atividade agropecuária. Outra explicação seria o fato de que a frota de estabelecimentos agropecuários é de difícil distinção daquela de domicílios rurais. De fato, segundo o Censo Demográfico de 1980, 7,4% dos 7,5 milhões de domicílios rurais indicavam a existência de automóveis (excluído carros ou utilitários utilizados pelos moradores principalmente para o trabalho), totalizando 560 mil veículos, aproximadamente. Por outro lado, o Censo Agropecuário de 1980 apontava para um total de 341 mil veículos utilitários de uso misto pertencentes a estabelecimentos agropecuários. Esta questão pode ser melhor explorada através da utilização de bases de dados mais desagregadas, a nível de estabelecimento e domicílio rural, ficando, fora do escopo deste trabalho.

Os coeficientes estimados para as variáveis de renda pessoal nos permitem obter indicadores muito interessantes. Uma vez que o Censo Demográfico de 1980 já nos fornece uma medida do número de domicílios com automóveis (ver Tabela 5), podemos estimar o número total e percentual de veículos por faixa de renda. Dos 5.672.326 domicílios com automóveis em 1980, admitimos que 30% daqueles com renda superior a 20 salários mínimos teriam dois automóveis. Nas faixas de renda de cinco a 10 e de 10 a 20 salários mínimos, admitimos que esses percentuais fossem de 6 e 18%, respectivamente. Isto representaria uma frota de aproximadamente 6,2 milhões de automóveis, que, somados à frota dos censos das atividades produtivas, de cerca de 1 milhão, nos daria a frota total de nossa amostra de estimação (7,2 milhões de automóveis).

A Tabela 10 apresenta, por faixa de renda, os valores dos coeficientes estimados ( $B_R$ ), a percentagem de domicílios com automóveis ( $P_D$ ), segundo o Censo Demográfico, o percentual da frota total de particulares detida por cada faixa de renda ( $P_R$ ), calculada de acordo com as hipóteses descritas acima, e as elasticidades específicas para a posse de automóvel em relação à renda pessoal ( $E_R$ ), obtidas pela divisão dos coeficientes estimados por  $P_R$  (ver, na Subsecção 3.3, o detalhamento da relação  $B_R = P_R \times E_R$ ).

TABELA 10

*Distribuição da frota de veículos e elasticidades da posse de automóveis por faixa de renda*

Faixa de renda	Elasticidade total estimada ( $B_R$ )	Domicílios com autos* (%)	Fração da frota na faixa de renda ( $P_R$ ) (%)	Elasticidade da posse de autos ( $E_R$ )
até 2 salários mínimos	0,30	3,7	6,0	5,0
2 a 5 salários mínimos	0,27	17,6	22,5	1,20
5 a 10 salários mínimos	0,36	44,3	29,6	1,22
10 a 20 salários mínimos	0,17	73,5	24,6	0,69
Maior do que 20 salários mínimos	0,075	90,1	17,3	0,43

\* Cf. Censo Demográfico de 1980.

O primeiro aspecto a destacar é a significativa queda na demanda marginal por posse de automóveis, dada por  $E_R$ , com o aumento da renda pessoal. Este mesmo fenômeno, também obtido para o consumo de energia, é ratificado para a posse de veículos. Cabe notar que essa queda observada é ampliada pelo fato de não termos levado em consideração a idade da frota, isto é, conforme aumenta a renda pessoal há não só o aumento da demanda por autos, como também de autos de melhor qualidade e mais novos. Como esse último componente da demanda não é levado em consideração no modelo, os parâmetros estimados incorporam apenas o efeito da redução da demanda marginal por posse de veículo com a renda. Este fato também explica o alto valor encontrado para  $E_R$  na faixa de renda até dois salários mínimos.

A magnitude das elasticidades específicas da posse de automóvel em relação à renda ( $E_R$ ) apresenta-se pouco superior à unidade nas faixas de renda intermediárias, de dois a 10 salários mínimos, onde se concentra mais de 50% da frota nacional. Este resultado tem implicações importantes para projeções de frota de veículos, em função da evolução da

renda e sua distribuição, tendo em vista o peso relativo da população nessas faixas de renda. Já nas faixas de renda superiores, as menores elasticidades encontradas indicam que a expansão da posse de veículo, seja pelas pessoas que ainda não o possuem, seja pela posse de mais de um veículo, se dá de forma mais atenuada. Neste caso, os efeitos de variação na qualidade e idade do veículo possuído são possivelmente preponderantes.

Destacamos ainda os coeficientes relativos às variáveis de densidade populacional e da *dummy* de região metropolitana. O primeiro é positivo e evidencia um forte efeito de aumento da posse de automóvel com a densidade populacional. Por outro lado, o coeficiente da *dummy* de região metropolitana é negativo e igualmente significativo.

No sentido de explorar variações nas elasticidades ao longo das dimensões renda e população, flexibilizamos a forma funcional loglinear, conforme feito também para o consumo de energia na Tabela 8. A elasticidade para a posse de automóveis com relação à renda pessoal, extraída do modelo apresentado na Tabela 11, é dada por:

$$\hat{\epsilon} = 1,00 - 0,186 \ln (\text{renda per capita}) + 0,034 \ln (\text{população})$$

TABELA 11

*Modelo de regressão loglinear para a posse de automóveis  
forma funcional com termos quadráticos e cruzados  
de renda pessoal e população*

Variável (1)	Parâmetro estimado (2)	Estatística <i>t</i> (3)
Constante	-2,051	-2,177
Renda pessoal total estimada	1,002	3,080
População do município	-0,786	-1,804
Renda pessoal total (termo quadrático)	-0,093	-1,977
População (termo quadrático)	-0,105	-1,649
Renda × população (termo cruzado)	0,219	2,096
<i>Dummy</i> — Região metropolitana	-0,454	-4,907
Valor da produção industrial	0,034	4,528
Receita nas vendas do comércio	0,188	10,190
Receita nas vendas de serviço	0,036	2,065
Valor da produção agropecuária	0,284	15,841
População urbana (%)	0,003	3,283
Área do município	-0,369	-26,530

*N* = 3.108; *R*<sup>2</sup> = 0,8241; *R*<sup>2</sup> ajustado = 0,8234; estatística *f* = 1.208.

Note-se que a elasticidade é unitária para municípios com renda *per capita* em torno de um salário mínimo, crescendo com valor da população municipal. O sinal do coeficiente de renda *per capita* é o esperado ante as evidências já apresentadas anteriormente.

### 4.3 — Consumo de energia no transporte coletivo

A variável dependente dos modelos estimados é a quantidade de óleo diesel consumida por empresas de transporte de passageiros, predominantemente em rotas municipais, extraída do Inquérito Especial IE-03 do IBGE sobre empresas de transporte rodoviário, em 1980. Dois modelos são apresentados nas Tabelas 12 e 13: o primeiro é idêntico aos modelos básicos anteriores (*e. g.*, Tabela 8), enquanto o segundo inclui também a variável passageiros transportados entre os regressores.

Embora o poder de explicação dos modelos seja ainda bastante razoável ( $R^2$  entre 60 e 75%), a significância estatística dos coeficientes,

TABELA 12

*Modelo de regressão loglinear para o consumo de diesel no transporte coletivo de passageiros*

Variável (1)	Parâmetro estimado (2)	Estatística <i>t</i> (3)
Constante	-0,109	-0,572
População sem renda	0,018	0,395
Valor da produção industrial	-0,002	-0,317
Receita nas vendas do comércio	-0,002	-0,180
Receita nas vendas de serviço	0,018	0,873
Valor da produção agropecuária	-0,005	-0,499
População urbana (%)	0,002	2,320
Densidade populacional (Hab./km <sup>2</sup> )	0,016	1,559
Pessoas com renda até 1 salário mínimo	0,030	0,827
Pessoas com renda 1 a 2 salários mínimos	-0,036	-0,724
Pessoas com renda 2 a 5 salários mínimos	0,170	2,539
Pessoas com renda 5 a 10 salários mínimos	-0,026	-0,462
Pessoas com renda 10 a 15 salários mínimos	0,072	2,046
Pessoas com renda 20 salários mínimos	-0,048	-2,530
<i>Dummy</i> — Região metropolitana	-0,055	-1,348

*N* = 724;  $R^2$  = 0,5864;  $R^2$  ajustado = 0,5782; estatística *f* = 71.

TABELA 13

*Modelo de regressão loglinear para o consumo de diesel  
no transporte coletivo de passageiros*

Variável (1)	Parâmetro estimado (2)	Estatística (3)
Constante	-0,273	-1,852
Passageiros transportados — municipal	0,673	20,867
População sem renda	0,018	0,517
Valor da produção industrial	-0,006	-1,081
Receita nas vendas do comércio	-0,005	-0,534
Receita nas vendas de serviço	-0,010	-0,654
Valor da produção agropecuária	0,007	0,967
População urbana (%)	0,0002	0,344
Densidade populacional (Hab./km <sup>2</sup> )	0,017	2,194
Pessoas com renda até 1 salário mínimo	-0,034	-1,236
Pessoas com renda 1 a 2 salários mínimos	0,056	1,423
Pessoas com renda 2 a 5 salários mínimos	0,005	0,103
Pessoas com renda 5 a 10 salários mínimos	0,037	0,853
Pessoas com renda 10 a 15 salários mínimos	0,033	1,222
Pessoas com renda 20 salários mínimos	-0,022	-1,502
Dummy — Região metropolitana	-0,029	-0,945

$N = 717$ ;  $R^2 = 0,7502$ ;  $R^2$  ajustado = 0,7449; estatística  $f = 140$ .

de maneira geral, é bem inferior àquela encontrada nos modelos anteriores. Destaca-se o coeficiente negativo da variável renda na faixa acima de 20 salários mínimos, consistente com a opção de uma melhor qualidade de transporte (automóvel) possibilitada pela maior renda. O coeficiente da variável de densidade populacional, positivo e estatisticamente significativo (Tabela 11), indica um possível crescimento do consumo de energia por passageiro transportado em municípios mais densamente povoados. Tal fenômeno pode ser explicado em função de vias mais congestionadas, maior número de paradas, etc., nessas situações.

O coeficiente da variável passageiros transportados, na Tabela 13, indica a existência de substanciais economias de escala no consumo de energia no transporte coletivo de passageiros. Para um consumo médio de 0,139 litro de óleo diesel por passageiro transportado, um aumento de 10% no transporte reduziria o consumo unitário para 0,135 litro. Note-se, contudo, que em municípios mais populosos, com maior volume de transporte, este efeito de escala é compensado pelo aumento do consumo causado pela possivelmente maior densidade populacional.

## 5 — Conclusão

Os resultados obtidos e analisados na Seção 4 têm implicações relevantes tanto para a política de preços de combustíveis automotivos, de posse e utilização de veículos, como também para projeções da evolução da demanda por transporte de passageiros e consumo de combustíveis.

Inicialmente, ao contrário da imagem de bem supérfluo, com consumo concentrado nas altas faixas de renda, a posse e o uso de automóveis, dado pelo consumo de combustível, é significativo tanto na forma de componente das atividades produtivas, como também na cesta de consumo das famílias em faixas de renda intermediária e baixa. Como estas são as mais numerosas, acabam por pagar fração ponderável dos tributos que incidem nesses bens.

De fato, tomando como base os resultados apresentados na Tabela 7 (elasticidade específica variável), observamos que as faixas de renda até cinco salários mínimos respondiam por cerca de 25% do consumo total de combustível, enquanto para as faixas de renda acima de cinco salários mínimos esse percentual seria de 46%. O restante de consumo é determinado diretamente pelas atividades produtivas.

Outro aspecto interessante revela que a dinâmica de entrada de veículos novos a álcool nas faixas de renda alta tem um efeito duplo, no sentido da redução do consumo de gasolina: o efeito de redução dado pelo sucateamento da frota a gasolina e, talvez mais importante, o efeito de redução na utilização dos veículos a gasolina que, à medida que envelhecem, vão sendo vendidos para proprietários de renda mais baixa e, conseqüentemente, passam a ter menor utilização.

Pouco se conhece sobre a dinâmica de troca de veículos por indivíduos, em cada faixa de renda e idade de veículo. No entanto, estes dois efeitos podem somar acelerações que variam ao longo do envelhecimento da frota, ocasionando mudanças repentinas no perfil de consumo álcool/gasolina.

Vale destacar ainda a curva do tipo "saturação" encontrada para o consumo de combustível e para a posse de veículo, expressa tanto em termos do consumo unitário, aumentando menos do que proporcionalmente à renda, como também na elasticidade-renda decrescendo com a renda *per capita* (Tabelas 8, 10 e 11).

Outra evidência interessante é a demanda por posse de automóvel nas faixas de renda de dois a 10 salários mínimos (52% da frota de indivíduos), assim como na elasticidade-renda de 1,2, que revela um espaço de mercado pouco explorado diretamente pelas montadoras de veículos. Nessas faixas de renda, os veículos escolhidos são preponderantemente usados, uma vez que não há no mercado opções de carros econômicos, como em outros países. Recentemente, o governo reduziu a alíquota de

IPI para a venda do primeiro carro econômico nacional (motor bicilíndrico, com capacidade inferior a 1 mil centímetros cúbicos), que, dependendo do preço final de venda, pode vir a se tornar uma opção atrativa para os consumidores nas faixas intermediárias de renda.

Os dados obtidos para o consumo de óleo diesel no transporte urbano confirmam as evidências de possibilidades de conservação de energia pela substituição de transporte individual por coletivo, apresentadas na Tabela 1. O consumo médio por passageiro transportado é de apenas 0,14 litro. Em termos de despesa, para um indivíduo que realiza 528 viagens/ano (22 dias/mês X 2 dias e volta X 12 meses) de trabalho e 96 viagens/ano (4 dias/mês X 2 ida e volta X 12 meses) de lazer, gera um consumo de 87 litros de óleo diesel por ano. Para o preço médio de 1980, tal consumo correspondeu a um dispêndio de Cr\$ 1.305,00, ou seja, 3% da receita de um trabalhador que perceba um salário mínimo.

Outro ponto relevante a destacar é a redução do consumo unitário de óleo diesel com o volume de passageiros transportados. Este efeito de economias de escala poderia ter como causa tanto o uso de veículos maiores e com maior rendimento energético (para o mesmo nível de ocupação), possibilitado pelo maior volume de tráfego, como também por um pior nível de serviço fornecido nos centros mais populosos (ônibus lotados nos horários de pico, etc.). De qualquer forma, como as distâncias médias de transporte em centros mais populosos são mais longas, o que *ceteris paribus* determinaria um consumo maior por passageiro, acredita-se que parte do efeito de escala encontrado seja mesmo devido ao maior nível de ocupação dos ônibus nas metrópoles.

As elasticidades estimadas também revelam que o perfil de distribuição de renda tem um impacto fundamental na determinação do consumo de combustível automotivo e a posse de automóveis. Para o futuro, espera-se que o crescimento da renda nacional seja acompanhado de sua redistribuição de forma mais equitativa. Se tal for o caso, o consumo tenderá a crescer globalmente a uma taxa superior àquela da renda, em função da ascensão de indivíduos para faixas de consumo unitário maior. Destaca-se, assim, a importância de se considerar, em trabalhos de projeção, não só cenários de renda global, mas também sua distribuição entre as camadas da população.

As extensões deste estudo, do lado da posse de automóvel, podem caminhar no sentido de incorporar o efeito idade e qualidade do veículo, através da composição de um índice hedônico da quantidade de veículos em cada município. Do lado do consumo de energia, há diversas questões de interesse despertadas pelos resultados encontrados, cujas respostas dependem de uma base de dados mais desagregados. Com os dados aqui utilizados ainda seria possível buscar estratificações da amostra de estimação segundo categorias de interesse, explorando as variações dos parâmetros e das elasticidades encontradas.

## Abstract

*Models for the demand of both energy in the passenger transportation sector and vehicle ownership are developed. The models specification includes variables related to wages, population, production and geographical characteristic of Brazilian counties. The results allow calculation of income elasticities and consumption shares of each income group for both energy in individual passenger transportation and vehicle ownership. Policy implications of the results are discussed.*

## Bibliografia

- BAUMGARTEN, A. A demanda de automóveis no Brasil. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, 26 (2), 1965.
- BERKOVEC, J. New car sales and used car stocks: a model of the automobile market. *Rand Journal of Economics*, Summer, 1985.
- CASTRO, N. de. Produção, distribuição e consumo: determinantes da demanda derivada por transporte e energia. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, 16 (3):713-44, dez. 1986.
- DAHL, C. A. Gasoline demand survey. *Energy Journal*, 7 (1), 1986.
- FARIA, F. *O consumo de energia no transporte coletivo de passageiros*. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1986 (Texto para Discussão do Grupo de Energia, 37).
- GEIPOT. *Anuário estatístico dos transportes*. Brasília, 1983 e 1985.
- IBGE. *Inquéritos especiais do recenseamento geral de 1980*. Rio de Janeiro, 1983.
- . *Empresas de transporte rodoviário*. Rio de Janeiro, 1984, vol. 9.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. *Balanco energético nacional*. Brasília, 1984.
- WORLD BANK. *Urban transport*. Washington, D. C., 1986.

*(Originais recebidos em junho de 1988. Revisos em janeiro de 1989.)*