

IPEA/INPEU  
Serv. de  
Documentação

A demanda por energia em transportes  
: determinantes e possi



RJF0025/87

IPEA - RJ

TEXTO PARA DISCUSSÃO  
GRUPO DE ENERGIA  
Nº XL

"A Demanda por Energia em Transportes: Determinantes e Possibilidades de Conservação".

Newton de Castro

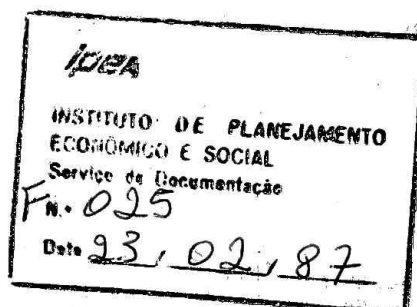
Novembro de 1986

IPEA  
26-86

Tiragem: 100 exemplares

Instituto de Pesquisas do IPEA  
Instituto de Planejamento Econômico e Social  
Avenida Presidente Antonio Carlos, 51 - 13/17º andares  
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

### Páginas

1. Introdução.....	1
2. Transportes e Energia.....	3
3. Um Enfoque para Analisar Conservação de Energia em Transportes.....	6
4. Transporte de Carga: Determinantes do Consumo de Energia e Possibilidades de Conservação.....	11
4.1. - Determinantes do Consumo.....	11
4.2. - Qualidade de Serviço e Escolha de Modo de Transporte.....	16
4.3. - Determinantes do Consumo de Energia e Possibilidades de Substituição entre Insumos nas Empresas de Transporte Rodoviário de Carga.....	22
5. Transporte de Passageiros: Determinantes do Consumo de Energia e Possibilidades de Conservação.....	25
5.1. - Determinantes do Consumo.....	25
5.2. - Modo de Transporte e Consumo de Energia.....	26
5.3. - Possibilidades de Substituição entre Insumos nas Empresas de Transporte de Passageiros.....	29
6. Conclusão.....	30
Referências.....	32

## A DEMANDA POR ENERGIA EM TRANSPORTES:

### DETERMINANTES E POSSIBILIDADES DE CONSERVAÇÃO\*

Newton de Castro\*\*

*O argumento central do artigo é que há potencial para ganhos significativos em conservação de energia nos aspectos operacionais do setor de transportes. Um enfoque para analisar conservação energética em transportes é delineado. São apresentadas estimativas da influência dos principais fatores econômicos que atuam sobre a demanda de energia para transporte. As possibilidades de conservação de energia são analisadas tanto através de mudanças no tipo ou modo de transporte, como também através de mudanças na combinação dos insumos utilizados na produção de capacidade de transporte.*

#### 1. Introdução

Com as duas grandes mudanças nos preços relativos do petróleo e derivados, em 1974 e em 1979, o setor de transportes foi alvo de uma série de políticas governamentais que, pelo menos em tese, objetivavam atenuar os impactos dessas variações de preço sobre o consumidor, assim como estimular a substituição desses derivados. Sem embargo, essas políticas foram concebidas e implementadas sem que se dispusesse de um acervo suficiente de informações qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento do setor de transportes. Some-se a isso a complexidade advinda da natureza do serviço de transporte, onde a qualidade é um fator endogenamente

---

\* Este trabalho apresenta resultados parciais do estudo sobre os determinantes do consumo de óleo diesel no Brasil, conduzido no IPEA/INPES através de convênio com o DNER. Recebi valiosos comentários de Eustáquio J. Reis e de Milton da Mata numa primeira versão deste texto. Agradeço a assistência na pesquisa do economista Henrique Corrêa da Silva, e o apoio logístico de Diva de Mattos.

\*\* Do IPEA/INPES.

determinado pela interação entre oferta e demanda por serviços. Isto é, o ofertador de serviços de transporte não pode estabelecer a priori qual será a qualidade do serviço a ser produzido. Esta será determinada no ato da prestação do serviço quando são conhecidas as condições de demanda e de oferta. Numa indústria, distintamente, o ofertador pode estabelecer univocamente a qualidade dos produtos antes de colocá-los no mercado. Conforme pretendemos de mostrar, a consideração explícita dos atributos de qualidade do serviço é fundamental para uma correta avaliação de medidas de intervenção no setor de transportes.

O sucesso na confecção de políticas de transportes que visem a uma maior eficiência produtiva e, possivelmente (mas não necessariamente), uma menor intensidade no uso de energia, so pode ser fruto de um longo processo de acumulação de conhecimento. No caso brasileiro, essas políticas não foram além dos esforços de substituição de derivados de petróleo por outros energéticos. Dentre estas, destaca-se a substituição da gasolina pelo álcool etílico, no transporte individual por automóvel.

A argumentação central deste trabalho é que uma compreensão global do setor de transporte, incluindo aspectos tanto da oferta como da demanda por serviços, é um pré-requisito para a confecção de políticas adequadas. É também nossa tese que um grande potencial para ganhos de eficiência nesse setor se localiza em seus aspectos operacionais. Estes, por apresentarem maior complexidade para a confecção e implementação de políticas, não tiveram a mesma atenção nos programas até agora concebidos.

Nosso primeiro objetivo é apresentar uma estrutura conceitual — um enfoque — com base para analisar a questão energética nos transportes. A importância desse enfoque é realçada pela complexidade, no caso dos transportes, de se estabelecerem relações causais entre as possíveis variáveis relevantes, e de se proceder à verificação e à quantificação dessas relações. Isto porque há, em transportes, dimensões bastante distintas onde as substituições econômicas entre energia e outros insumos podem se processar. Enquanto em certas dimensões esse processo de substituição é clara-

mente identificável,<sup>1</sup> em outras ele tem origem indiretamente nas atividades produtivas ou de lazer das quais a demanda por transporte é derivada.

O enfoque apresentado será utilizado na organização e no encadeamento do nosso segundo objetivo, qual seja, apresentar e discutir estimações empíricas dos determinantes do consumo de energia em transportes, assim como das possibilidades de sua conservação. Destacamos tanto as possibilidades de conservação via mudança de tipo ou modo de transporte, como também através de mudanças na combinação dos insumos utilizados na produção de capacidade de transporte.

## 2. Transportes e Energia

Dada a magnitude de seu consumo energético, o setor de transportes tem uma importância significativa para o planejamento estratégico do suprimento de energia do País. A participação do setor de transportes no consumo global de energia no Brasil aproxima-se da média encontrada para países em desenvolvimento — em torno de 24% (O.E.C.D., 1975), conforme mostra a Tabela 1.

Enquanto o setor industrial triplicou seu consumo nos últimos 15 anos, o setor de transporte, que iniciou a década de 70 no mesmo ritmo de evolução, teve seu consumo estagnado na década de 80; a desaceleração ocorreu ainda com mais intensidade no setor residencial. Estes dois últimos setores deverão retomar ritmos mais vigorosos de crescimento do consumo, em 1986 e nos anos futuros, em função do esperado crescimento da renda pessoal disponível do País.

No que se refere ao consumo de derivados de petróleo, o setor de transporte destaca-se como o principal consumidor, respondendo por, aproximadamente, 50% do consumo. Embora o crescimento do consumo do álcool etílico, predominantemente no transporte individual por automóvel, tenha se intensificado nos últimos anos, o

<sup>1</sup>Por exemplo, a substituição de energia por capital numa empresa o fertadora de serviços de transporte.

Tabela 1 - Evolução do Consumo Final de Energia por Setor (10<sup>6</sup>tEP)

Setor	Ano	1970	1974	1979	1985
Industrial		19 (33)	30 (36)	47 (41)	56 (41)
Residencial		18 (32)	20 (25)	23 (20)	25 (18)
Transportes		13 (23)	20 (25)	26 (23)	28 (21)
Outros		7 (12)	12 (14)	18 (16)	27 (20)
Total		57 (100)	82 (100)	114 (100)	136 (100)

FONTE: Balanço Energético Nacional - 1986

setor depende maciçamente de derivados de petróleo, conforme pode-se constatar na Tabela 2.

Tabela 2 - Consumo de Energia em Transportes Segundo as Fontes (%)

Ano	Derivados de Petróleo	Alcool Etílico	Eletricidade	Outros	Total
1970	97,2	1,1	1,4	0,3	100
1974	98,2	0,7	1,0	0,1	100
1979	92,6	6,5	0,8	0,1	100
1985	78,7	20,1	1,2	0,0	100

FONTE: Balanço Energético Nacional - 1986

Cabe ainda ressaltar que os derivados de petróleo consumidos mais intensivamente nos transportes - gasolina e óleo diesel -, são exatamente os que apresentam preços internacionais mais

elevados do que outros derivados ou energéticos consumidos na indústria. Portanto, caso se considerem as diferenças nos custos de oportunidade desses derivados para o País, a importância relativa do setor de transportes ganha ainda maior destaque.

Outro aspecto importante é a mudança no perfil da demanda por derivados de petróleo. Acompanhando uma tendência observada em quase todos os países, constata-se também no Brasil um crescimento da participação dos destilados médios — óleo diesel (transporte de carga e passageiros) e querosene (transporte aéreo) — em detrimento das participações relativas da gasolina e do óleo combustível. Assim, entre 1974 e 1984, a participação dos destilados médios no consumo de derivados em transportes passou de 39 para 53%. Essa tendência, no caso brasileiro, foi ainda mais acentuada devido ao aumento do diferencial de preço de venda ao consumidor entre a gasolina e o óleo diesel, que acelerou o processo de "dieselização" da frota nacional de caminhões.<sup>2</sup> Também contribuíram para esse crescimento da participação relativa dos destilados médios os esforços de substituição da gasolina pelo álcool etílico; assim como os do óleo combustível por eletricidade, carvão vapor e vegetal, e coque de carvão mineral, na indústria.

Em termos de projeções, os dados para o consumo de derivados, nos E.U.A., apresentam sistematicamente um crescimento do consumo de óleo diesel e de querosene (jet fuel), e um decréscimo da demanda por gasolina e óleo combustível. As projeções de Pace (1983), para os E.U.A., indicam uma queda na razão de consumo de gasolina com relação aos demais derivados de 1,72 em 1978 para 1,00 no ano 2000. Subjacente a essas modificações, encontram-se movi-

---

<sup>2</sup>A razão de preços gasolina/diesel estava em torno de 1,2 no período de 1966 a 1973 quando disparou, atingindo um pico de 2,1 em 1976 e 2,6 em fins de 1980. A razão média entre 1973 e 1981 foi igual a 1,88. Não obstante, Pinheiro (1983) nos mostra que o processo de dieselização da frota nacional de caminhões foi determinado, basicamente, pela mudança do nível de preços relativos entre capital (veículo) e energia (diesel e gasolina), e não simplesmente pela variação do preço da gasolina vis-à-vis o do diesel. Basta lembrar que em meados dos anos 50 a relação de preço gasolina/diesel girava em torno de 3. Nessa época predominavam os veículos a gasolina; no entanto, o preço da gasolina de então correspondia a cerca de 30% do valor médio que vigorou em 1980/81.



mentos nas relações de preços internacionais dos derivados. O preço médio do diesel, tradicionalmente 10 a 15% inferior ao da gasolina, nos últimos anos já acompanha, ao par, o preço deste último derivado. Por sua vez, as mudanças no mix do consumo mundial de derivados também está acarretando modificações estruturais significativas na indústria de refino.

### 3. Um Enfoque para Analisar Conservação de Energia em Transportes

Conservação de energia é essencialmente um processo econômico de substituição, seja entre insumos produtivos nas empresas ofertadoras ou demandantes de serviços de transporte (e.g. energia por capital); seja por outro bem de consumo quando a energia é demandada por consumidores finais (e.g. menos viagens em automóveis particulares, economizando gasolina ou álcool, e uma maior consumo de eletrodomésticos ou roupas). É fundamental caracterizar o processo de conservação de energia dentro da teoria microeconômica de maneira a evitar falácias de raciocínio, e, principalmente, para podermos usufruir, dentro da análise proposta, do arcabouço conceitual econômico. A associação simplista de conservação de energia à idéia de redução de "desperdícios" não resiste a uma avaliação mais detalhada do processo produtivo ou de consumo individual. Isto é, uma vez especificados corretamente os fatores de produção e o processo produtivo (ou o equivalente para o consumo individual), podemos sempre identificar o processo de substituição que dá origem à conservação de energia.

Para se reduzir um "desperdício" faz-se sempre necessariamente uma contrapartida de algum agente econômico, caracterizada pela alocação adicional de outros insumos (e.g. homens-hora de técnicos para localizar os "desperdícios", avaliar e monitorar o consumo energético; a preocupação constante de um consumidor de manter as "luzes não mais necessárias devidamente apagadas"; etc.). Tal investimento ou "esforço" adicional em troca de uma redução no consumo de energia é exatamente o que a teoria econômica classifica como um processo de substituição, para um dado nível de produção (i.e. na mesma isoquanta) ou de utilidade do consumidor.

O processo de substituição entre energia e outros insumos, entendido como conservação energética, fica ainda mais claro quando se examina uma troca de insumos energéticos. Quando se troca um insumo energético por outro (e.g. gasolina por álcool) não ocorre necessariamente conservação energética. Esta só ocorreria se essa troca fosse acompanhada de uma mudança nas proporções relativas entre energia e os demais insumos. Por exemplo, numa mudança da tecnologia de motor de ciclo Otto a gasolina ou álcool, que envolve uma maior proporção de energia e uma menor de capital vis-à-vis um motor de ciclo Diesel a óleo diesel, temos caracterizado um processo de substituição de energia por capital.<sup>3</sup>

— Um enfoque para conservação de energia em transportes

Podemos distinguir três maneiras básicas para a substituição entre energia e outros insumos (conservação) nos transportes, mantidos constantes o nível e o mix do produto ou o nível de utilidade dos indivíduos, conforme o caso:

(a) pela variação nas toneladas-quilômetro ou passageiros-quilômetro movimentados;

(b) pela variação no nível de serviço, permitindo, assim, que o transporte seja executado por modos ou submodos de transporte com diferentes intensidades no uso de energia;

(c) pela variação na combinação dos insumos usados na produção do serviço de transporte, ou na tecnologia de transporte.

Cabe ressaltar que as motivações para mudanças no uso relativo de insumos são, por um lado, possíveis variações nos seus preços relativos e, por outro, desenvolvimentos tecnológicos que modifiquem as possibilidades de combinação dos insumos para a produção de serviços.

Deve-se também destacar o fato de que as substituições nos itens (a) e (b) se dão fundamentalmente no lado da demanda pe

---

<sup>3</sup>Ver também nota 2 sobre o processo de "dieselização" da frota nacional de caminhões.

Los serviços de transporte, i.e., o usuário, em função de uma nova realidade, modifica suas escolhas de produção, consumo e transporte. Em contraste, as substituições no item (c) se dão dentro da própria empresa de transporte ou nas instalações e recursos físicos que a empresa usa quando estes não são providos por outros a gentes (e.g. rodovias, no caso do transporte rodoviário).

O enfoque para a análise de conservação em transportes está esquematizado na Figura 1. Para cada uma das maneiras identificadas para substituição de energia em transportes destacamos as variáveis afetadas no setor, variáveis de controle governamental, o horizonte de tempo para que as substituições almejadas se processem, e nossa expectativa de relevância como instrumento de política para conservação energética.

Quando nos referimos a conservação (substituição) de energia em transportes, mantemos constantes a estrutura de produção e a demanda final do País. Assim, por exemplo, um aumento no preço do óleo diesel pode causar uma redução nas toneladas-quilômetro transportadas (item a) em função de:

(a.1) uma reorganização na distribuição dos fluxos de transporte gerados pelas atividades econômicas;

(a.2) uma mudança na localização geográfica das atividades econômicas;

(a.3) uma mudança no traçado da malha viária.

No primeiro caso, para um mesmo vetor de demanda final a ser atendido e uma mesma configuração geográfica das fontes produtoras, a substituição viria porque as intensidades energéticas das possíveis combinações de origem e destino diferem. Conseqüentemente, uma variação no custo dos combustíveis irá afetar de maneira diversa os custos de cada possível movimento de transporte, alterando assim a configuração final desses fluxos.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>Por exemplo, para um dado preço do diesel compensaria suprir a demanda de arroz do Rio de Janeiro com a produção do Rio Grande do Sul, para outro nível de preço esse arroz supriria uma outra demanda e o Rio seria atendido, pela produção de Goiás.

FIGURA 1

UM ENFOQUE PARA ANALISAR CONSERVAÇÃO ENERGÉTICA EM TRANSPORTES

POSSIBILIDADES DE SUBSTITUIÇÃO PELA VARIAÇÃO DE	VARIÁVEIS AFETADAS NO SETOR	VARIÁVEIS DE CONTROLE GOVERNAMENTAL	HORIZONTE DE TEMPO DO IMPACTO	RELEVÂNCIA COMO INSTRUMENTO DE POLÍTICA
TONELADAS- -QUILÔMETRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>. LOCALIZAÇÃO</li> <li>. DISTRIBUIÇÃO DOS FLUXOS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. PREÇOS DE INSUMOS</li> <li>. POLÍTICA FISCAL</li> <li>. REG.USO DO SOLO</li> </ul>	LONGO	PEQUENA
QUALIDADE DE SERVIÇO	<ul style="list-style-type: none"> <li>. PREÇO DOS SERVIÇOS</li> <li>. QUALIDADE DOS SERVIÇOS</li> <li>. ESTRUTURA DO MERCADO</li> <li>. CAPACIDADE OFERTADA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. PREÇOS DE INSUMOS</li> <li>. CONTROLES OPERACIONAIS</li> <li>. CONTROLE DE MERCADO: CAPACIDADE, Nº DE FIRMAS</li> <li>. SERVIÇOS DE INFORMAÇÃO</li> </ul>	MÉDIO	MÉDIA
COMBINAÇÃO DOS INSUMOS PARA PRODUÇÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>. UTILIZAÇÃO DOS INSUMOS</li> <li>. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS</li> <li>. ESCOLHA DE TECNOLOGIA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. PREÇOS DE INSUMOS</li> <li>. CONTROLES OPERACIONAIS</li> <li>. INFRA-ESTRUTURA</li> <li>. POLÍTICA FISCAL</li> <li>. SERVIÇOS DE INFORMAÇÃO</li> <li>. PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO</li> </ul>	MÉDIO	MÉDIA

Variações nos custos de transporte ou nos preços regionais de outros insumos da produção podem induzir a uma reorganização da localização das atividades econômicas e, portanto, dos fluxos de transporte e das toneladas-quilômetro demandadas. Mudanças na malha viária alteram a quilometragem entre as diversas origens e destinos. A mesma forma de raciocínio segue para o transporte de passageiros.

As mudanças envolvendo a qualidade do serviço de transporte (item b) estão usualmente associadas a uma variação na intensidade do uso de energia. Há uma marcante correlação positiva entre a intensidade do consumo energético e a qualidade do serviço de transporte; correlação esta também manifesta em outros setores da atividade humana. Uma firma, ao optar por uma qualidade de serviço inferior, rearranja também os demais componentes de sua logística de movimentação de insumos ou de distribuição de produtos, com impactos no uso de energia e de outros insumos de produção. Da mesma forma, o usuário de um sistema de transporte de massa (e.g. ônibus), ao voltar-se para o transporte por automóvel, pode rearranjar a alocação do seu tempo ao custo de um maior dispêndio de energia e cruzados no transporte, e um menor consumo de outros bens.

Na combinação dos insumos para a produção da capacidade de transporte (item c) há diversas opções que conduzem a diferentes níveis de utilização destes. São claras as possibilidades de substituição entre manutenção (mão-de-obra, materiais, etc.) e energia. Da mesma forma, pode-se pensar em possibilidades para a substituição de energia por mão-de-obra técnica gerencial, através de melhor opções de rota e controle operacional dos veículos. Combinando melhores técnicas de armazenamento, consolidação e despacho de cargas, e tamanho de veículos, pode-se chegar a diferentes proporções de uso de capital, mão-de-obra e energia, para um dado nível de serviço.

Quanto à relevância de políticas atuando em cada um desses três níveis de possibilidades de conservação de energia, cabe destacar que as políticas que atuam sobre a localização e, conseqüentemente, os fluxos de transporte, têm tido caráter eminentemente político-social. Objetivos como o desenvolvimento e ocupação

regional, redução das desigualdades regionais e distribuição de renda são dominantes sobre o objetivo de conservação energética. Assim, nas próximas seções nos concentramos em discutir as possibilidades de conservação energética a partir de variações na qualidade dos serviços de transporte (b) ou na combinação dos insumos de produção (c). Essa discussão, tanto para o caso do transporte de carga como para o de passageiro, é precedida de uma análise dos resultados de estimações empíricas dos determinantes econômicos do consumo de energia nesses dois serviços de transporte. Isto é, dos determinantes das toneladas ou dos passageiros-quilômetro produzidos e da demanda de energia derivada desse processo de produção.

#### 4. Transporte de Carga: Determinantes do Consumo de Energia e Possibilidades de Conservação

##### 4.1. - Determinantes do Consumo

Quais os principais fatores que determinam as toneladas-quilômetros movimentadas no Brasil? O que pesa mais na demanda por energia para o transporte: a movimentação das safras agrícolas, da produção industrial, ou o transporte dos produtos para consumo final?

O transporte rodoviário de carga é responsável por cerca de 50% do óleo diesel consumido no Brasil. Os resultados empíricos recentes, para o caso brasileiro, revelam que o fator mais importante na determinação do consumo no transporte de carga é o transporte dos produtos para consumo final. Segue-se a produção agrícola e a produção industrial. A Tabela 3 apresenta o impacto no consumo de óleo diesel para um aumento de 10% em diversos fatores selecionados.

A interpretação desses resultados segue o seguinte raciocínio. Enquanto as mercadorias são transportadas como insumos para alimentar os processos produtivos (e.g. café em grão para uma torrefação), a demanda por energia derivada desse transporte seria atribuída ao produto industrial ou agrícola, conforme o caso. Já a distribuição do País de mercadorias prontas para consumo final teria a demanda por energia daí derivada atribuída ao componente de

Tabela 3 - Transporte de Carga: Determinantes do Consumo

Variação no Consumo de Óleo Diesel para um Aumento de 10% em Fatores Seleccionados

	Fator	Variação (%)
CONSUMO	SALÁRIOS (população constante)	8,5
	SALÁRIO MÉDIO	3,9
	SALÁRIOS E POPULAÇÃO (salário médio constante)	4,6
PRODUÇÃO	PRODUÇÃO AGRÍCOLA (valor médio por tonelada constante)	2,6
	VALOR MÉDIO POR TONELADA DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA (produção total constante)	5,6
	PRODUÇÃO INDUSTRIAL	1,0

FONTE: Castro, 1986

salários (i.e. salários como proxy da renda destinada ao consumo). Essa distinção fica clara quanto tomamos o caso de produtos destinados à exportação. Para estes, a demanda por energia no transporte deveria ser atribuída tão somente ao produto industrial e/ou agrícola.

Outro aspecto a ressaltar é quanto à magnitude das elasticidades estimadas, apresentadas na Tabela 3. Nestas temos dois componentes. O primeiro é a elasticidade do consumo específico de diesel com relação à variável seleccionada. Por exemplo, o consumo de diesel utilizado especificamente no transporte da produção industrial com relação ao produto industrial. Espera-se, em geral, que essas elasticidades sejam próximas da unidade. Por outro lado, o modelo estimado tem como variável endógena, a ser explicada, o consumo total de diesel no transporte. Assim, portanto, as elasticidades dos consumos específicos de diesel são ponderadas pela participação destes no consumo total. Por exemplo, supondo fosse unitária a elasticidade do consumo de diesel para o transporte indus-

trial com relação ao produto industrial, e que o consumo nesse tipo de transporte representasse 10% do consumo total de energia no transporte de carga, teríamos uma elasticidade do consumo total com relação ao produto industrial de 0,1 ( $1 \times 0,1 = 0,1$ ).<sup>5</sup>

Caso as elasticidades do consumo específico de diesel forem de fato próximas da unidade, devemos então tomar as elasticidades apresentadas relativas a salários, produção agrícola e industrial, como indicadores da participação no consumo total do consumo atribuível a cada uma destas variáveis (i.e.  $Q_x/Q$ ). Assim, também a elasticidade relativa ao valor médio da produção agrícola deve ser ponderada pela percentagem do consumo atribuível ao transporte de produtos agrícolas. Desse modo, obteremos a elasticidade específica dessa variável para o consumo no transporte agrícola. Assumindo, por exemplo, que a elasticidade específica do consumo de diesel no transporte agrícola seja unitária ( $\epsilon_A=1$ ), teríamos a percentagem do consumo nesse tipo de transporte igual a 26%. Ponderando, com este valor, a elasticidade do consumo total com relação ao valor médio da produção agrícola, iremos obter uma elasticidade específica para consumo específico no transporte agrícola de 2,15 ( $0,56/0,26$ ).

De acordo com esse resultado, uma mercadoria com um valor específico 10% superior a uma outra demandaria, em média, 21,5% a mais de energia no seu transporte. Esse valor reflete as características médias de transporte das mercadorias que influem tanto no consumo energético global (e.g. distância média de transporte),

<sup>5</sup>Generalizando, temos  $\frac{\partial Q}{\partial X} \frac{X}{Q} = \left( \frac{\partial Q_x}{\partial X} + \frac{\partial Q_0}{\partial X} \right) \frac{X}{Q_x} \cdot \frac{Q_x}{Q}$ , onde  $Q$  = consumo de diesel total;  $X$  = variável qualquer;  $Q_x$  = consumo de diesel específico da variável  $X$ ;  $Q_0$  = consumo de diesel não atribuível a variável  $X$ ; e  $Q = Q_x + Q_0$ . Assumindo  $\partial Q_0 / \partial X = 0$ , obtemos  $\frac{\partial Q}{\partial X} \frac{X}{Q} =$

$$= \left( \frac{\partial Q_x}{\partial X} \frac{X}{Q_x} \right) \frac{Q_x}{Q} . \text{ Ou seja: } \epsilon_Q = \epsilon_x \cdot \frac{Q_x}{Q}, \text{ onde } \epsilon_Q \text{ e } \epsilon_x \text{ são as elasticidades do consumo total e específico, respectivamente. Para o exemplo acima, substituindo, temos: } 0,1 = 1 \times 10\%.$$



como também na intensidade do consumo por unidade de serviço (e.g. consumo por tonelada-quilômetro em função do tamanho de lote, qualidade do serviço prestado, etc.).<sup>6</sup>

Esses resultados têm importantes implicações para trabalhos de projeção de demanda por energia no setor de transporte de carga, como também para a análise de políticas governamentais para os setores de transporte e energia. Assim, por exemplo, podemos apresentar explicações bastante plausíveis para o comportamento, em 1984, do consumo de óleo diesel, que, crescendo menos do que o PIB, contrariou uma tendência observada durante mais de 30 anos. De acordo com os resultados encontrados, esse fenômeno pode ter ocorrido em função de um crescimento dos gastos de consumo pessoal inferior ao crescimento do PIB. Sendo o consumo de óleo diesel significativamente mais elástico ao consumo do que ao produto, tem-se a explicação para o fenômeno.<sup>7,8</sup>

Em 1985, o consumo de diesel já apresentou sinais de recuperação, em função do crescimento do nível geral de salários, principalmente a partir do 2º semestre. Não obstante, seu crescimento neste ano foi ainda 2,5 pontos percentuais inferior ao do

<sup>6</sup> A magnitude estimada para essa elasticidade está de acordo com a grande amplitude encontrada para o rendimento energético no transporte, tanto em empresas rodoviárias quanto ferroviárias, discutida na subseção seguinte.

<sup>7</sup> Lembrando a identidade básica macroeconômica  $C+G+I+NX \equiv Y \equiv Y_d + (T-R) \equiv (T-R)+S+C$ , notamos que o produto  $Y$  pode ser demandado para consumo ( $C$ ), investimentos ( $I$ ), por gastos do governo ( $G$ ), ou pelas exportações líquidas ( $NX$ ). Em 1984, o País realizou um esforço brutal de ajustamento no seu setor externo duplicando o saldo da balança comercial (US\$ 13,1 contra US\$ 6,5 bilhões em 1983). Esse ajuste se deu basicamente em função de uma redução no consumo ( $C$ ), que passou de 80%, em 1983, para 76% do PIB, em 1984, liberando assim cerca de US\$ 8,8 bilhões para satisfazer as demandas do setor externo ( $NX$ ) e público ( $G$ ) (Brasil, 1985).

<sup>8</sup> Cabe ressaltar que o preço do diesel permaneceu no mesmo patamar de meados de 1981 até meados de 1985 (cerca de Cz\$ 4,5/litro, a preços de março de 1986). Lembramos que o modelo desenvolvido investiga apenas a parte do consumo de diesel atribuída ao transporte de carga. Para esclarecer totalmente os motivos para o comportamento atípico do consumo de diesel em 1984, teríamos que dispor de modelos semelhantes para os demais setores relevantes (transporte de passageiros, agricultura, etc.).

PIB. Já em 1986 espera-se um crescimento do consumo de diesel superior ao do PIB, em função do grande avanço no consumo interno.<sup>9</sup>

Essa discussão nos leva a outro fator essencial para a compreensão da demanda derivada por transporte e óleo diesel, qual seja, a importância relativa de cada um dos determinantes do consumo. O que o modelo nos informa é que o principal componente na determinação da demanda derivada por transporte e energia é o consumo, em comparação com a produção das mercadorias, propriamente. Isto pode ser visto da seguinte maneira: enquanto as mercadorias são movimentadas como insumos para a produção, há economias no transporte proporcionadas por lotes maiores e mais homogêneos. Já na fase de distribuição das mercadorias para consumo há um aumento na demanda derivada por transporte e energia, em função da maior dispersão geográfica dos pontos de consumo e da conseqüente redução dos tamanhos dos lotes e dos estoques. Esses fatores, por sua vez, implicam uma demanda por melhores níveis de serviço de transporte. Exemplificando: a produção de Cz\$ 100 de óleo numa central de esmagamento de soja em Porto Alegre ou Londrina gera uma demanda por transporte e óleo diesel menor do que a distribuição pelo Brasil para consumo dessa mesma produção.

Outra implicação importante é com relação à política de preço do óleo diesel. Os resultados indicam que um aumento no salário médio da população tem um impacto ponderável na demanda por óleo diesel.

Tomemos duas regiões com o mesmo perfil de atividades econômicas e mesmo total de salários, uma porém com salário médio 10% superior (ou seja, população 10% inferior em número). Esta exige um padrão de transporte com consumo de energia, em média, 3,9% superior. Como a parcela do consumo de diesel atribuível a salários é cerca de 46%, teríamos uma elasticidade do consumo específico com relação ao salário médio de 0,85. Esse resultado indica

---

<sup>9</sup> De 1954 a 1983 o consumo de óleo diesel cresceu a uma taxa anual cerca de 2,5% superior à do PIB, não tendo neste período, um só ano de crescimento inferior.

que as faixas da população de mais alta renda apresentam um padrão de consumo de mercadorias caracterizadas por uma demanda de transporte com maior uso de óleo diesel. Conseqüentemente, uma política de subsídio ao diesel que contemplasse sua utilização no transporte de carga poderia ter impactos distributivos perversos, uma vez que a maior parcela dessas transferências terminaria por beneficiar os grupos mais afluentes.

#### 4.2. - Qualidade de Serviço e Escolha de Modo de Transporte

Hã, pelo menos em tese, um grande espaço para políticas que atuem visando à substituição de energia, através da utilização de modos ou submodos de transporte menos intensivos no uso de energia. No caso do transporte de carga, a Tabela 4 apresenta estimativas da energia média consumida, por modo de transporte, em litros equivalente de óleo diesel por tonelada-quilômetro.

Tabela 4 - Energia Consumida no Transporte de Carga por Modo  
(litros equivalente de óleo diesel/100 tkm)

Modo/País	Brasil <sup>a</sup>	EUAB
Dutoviário	-	0,6
Hidroviário	1,3	0,8
Ferroviano	1,4	1,2
Rodoviário	3,1	3,8
Aéreo	-	47,8

<sup>a</sup>Hidroviário: cabotagem, 1982

Ferroviano: RFFSA, média

Rodoviário: média de 1030 empresas de transporte comercial.  
Elaborado a partir de dados de GEIPOT (1985) e FIBGE (1984).

<sup>b</sup>U.S.Congress, Energy use in freight transportation, C.B.O. 1982.

De acordo com as evidências da Tabela 4, parece haver um potencial para substituição de energia via mudança de modo de trans

porte. Em contrapartida, os custos logísticos de transporte incorridos pelos usuários serão, via de regra, afetados pelas mudanças nos atributos do serviço de transporte. Os modos de transporte oferecem diferentes níveis de qualidade de serviço e dispõem de diferentes proporções de recursos na produção de capacidade de transporte. Por sua vez, os usuários, em função da qualidade do transporte, tomam suas decisões logísticas de produção, estoques e comercialização. Uma melhor qualidade de transporte está geralmente associada, por um lado, a um maior dispêndio de recursos por parte da empresa transportadora, por outro, a um menor custo logístico por parte dos usuários, e vice-versa.

Cabe destacar que essas possibilidades de substituição energética também existem dentro de um mesmo modal. Na Tabela 5, por exemplo, apresenta-se o consumo médio de óleo diesel por tonelada-quilômetro para caminhões de diferentes capacidades de carga. Como se pode observar, o caminhão de 14 toneladas de capacidade de carga útil, típico no transporte rodoviário no Brasil, consome 73% mais combustível do que o treminhão de 48 toneladas de capacidade.

Os valores apresentados na Tabela 5 foram obtidos supondo-se uma mesma utilização da capacidade de carga dos veículos. Na prática, uma mudança de caminhões de menor capacidade para caminhões de maior capacidade, mantendo-se o mesmo nível de utilização, só se daria através de uma deterioração do nível de serviço (diminuição da frequência de viagens), ou de uma maior concentração de cargas entre uma origem e um destino (e.g., viabilizada pelo crescimento do mercado, da empresa, ou de novas práticas operacionais como redespachos; cf. Castro, 1984).

Um exame mais detalhado dos consumos energéticos unitários apresentados para os vários modos de transporte revela que os valores apresentados na Tabela 4 são médias de uma distribuição de consumo com grande amplitude. Assim, expandimos essa análise apresentando na Figura 2 o consumo energético unitário estimado para diversos tipos de empresas de transporte rodoviário e ferroviário.

Tabela 5 - Consumo de Óleo Diesel em Caminhões  
Segundo Diversas Fontes

Capacidade de Carga Útil	Consumo*			
	Fontes			
	a	b	c	d
12	2,6			
14		2,4		
18	2,2			
19			2,8	
21			2,7	
25	2,1			
26		1,9		
38			1,8	
48		1,4		
Protótipo Harvester				1,0

\* Litros de óleo diesel/100 tkm de capacidade.

<sup>a</sup> Dados compilados pela Secretaria Técnica da NTC (ver Revista BR)

<sup>b</sup> Revista BR, nº 208, p.37.

<sup>c</sup> Alston, L. World Bank Working paper 634, 1984

<sup>d</sup> Revista Carga 1,1.

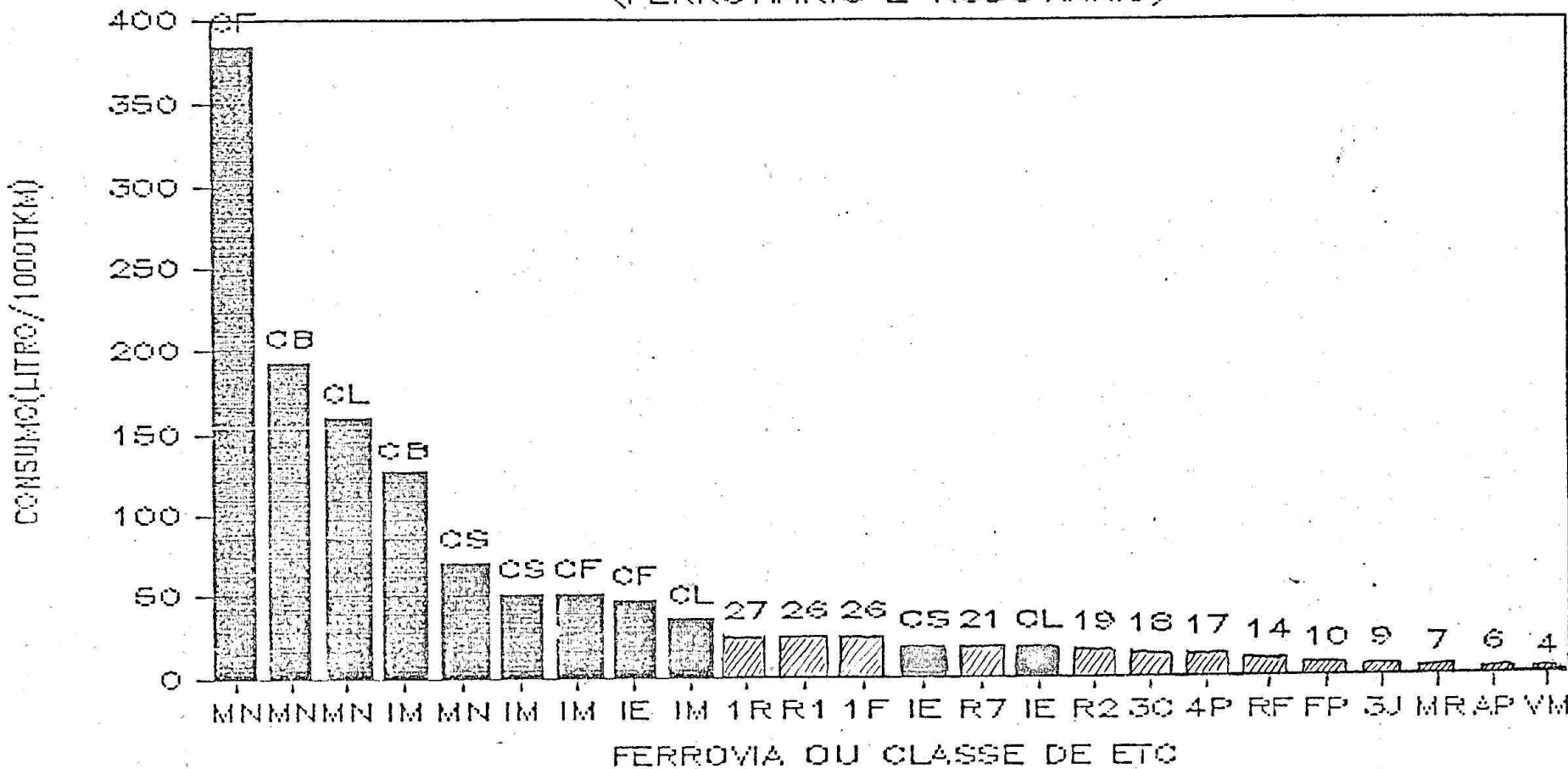
A média obtida pela RFFSA na Tabela 4 (14 litros de diesel por 1000 tkm) esconde, portanto, uma dispersão de consumo entre 9 e 27 litros de óleo diesel por 1000 tkm.<sup>10</sup>

Na faixa superior do consumo unitário ferroviário já encontramos empresas rodoviárias que apresentam um rendimento energético

<sup>10</sup> A média da RFFSA aparece na Figura 2 com a legenda RF. O consumo de 9 e 27 litros por 1000 tkm foram apresentados pelas Superintendências de Produção de Juiz de Fora e Recife, respectivamente (legendas 3J e 1R). As divisões operacionais com transporte suburbano de passageiros foram eliminadas. O transporte interior de passageiros não foi considerado nos cálculos.

FIGURA 2

# CONSUMO DE DIESEL (litro por 1000tkm) (FERROVIÁRIO E RODOVIÁRIO)



- Legenda: Ferrovias
- 1R: Superint.de Produção-Recife
  - R1: Superint.Regional-Recife
  - 1F: Superint.de Produção-Fortaleza
  - R2: Superint.Regional-Salvador
  - R2: Superint.Regional-Belo Horizonte
  - 3C: Div.Operac.-Campos
  - 4P: Superint.de Produção-São Paulo
  - RF: RFFSA-média
  - FP: FEPASA-média
  - 3J: Superint.de Produção-Juiz de Fora
  - MR: E.F.Mineração Rio do Norte
  - AP: E.F.Arapá
  - VM: E.F.Vitória a Minas

- Legenda: Empresas de Transporte Rodoviário de Carga-ETC
- de linhas predominantemente
  - MN: municipais
  - IM: intermunicipais
  - IE: interestaduais
  - IN: internacionais
  - de carga predominantemente
  - CF: frigorificada
  - CL: líquida
  - CS: seca
  - CB: c/veículo basculante
  - AT: automóveis

Elaborada a partir de  
GEIPOT (1985) e FIBGE  
(1984).

tico até superior (e uma qualidade de serviço certamente muito superior) ao ferroviário. Por exemplo, as empresas rodoviárias de cargas líquida e seca (legendas CL e CS, respectivamente) com linhas predominantemente interestaduais (legenda IE) obtiveram um rendimento de 21 litros de diesel por 1000 tkm, comparável à Superintendência Regional de Salvador da RFFSA (legenda R7).

Por outro lado, nas distâncias curtas (empresas de linhas predominantemente municipais MN), onde há baixa densidade de carga, muitas paradas dos veículos para coleta ou entrega de volumes, ou no transporte de cargas especiais (e.g. carga frigorificada da CF) temos um consumo unitário até uma ordem de grandeza superior à média das empresas rodoviárias. No outro extremo temos a ferrovia-padrão — Estrada de Ferro Vitória-Minas (legenda VM) —, líder nos índices de produtividade, que apresenta um consumo unitário de 4 litros por 1000 tkm. As ferrovias que revelam consumos vizinhos a este da Vitória-Minas também têm características de transporte bastante semelhantes, com o tráfego concentrado numa única linha, um sentido e uma mercadoria predominantes (minério).<sup>11</sup>

A grande dispersão de valores revelada na Figura 2 é produto não só das características tecnológicas dos modos de transporte, mas principalmente das características impostas pela demanda. Ou seja, o tipo de mercadoria, volume, distância, possibilidade de conjugar cargas no retorno dos veículos, dispersão da malha de origens/destinos, etc. são os determinantes das características da oferta e, por sua vez, da produtividade dos fatores de produção.

Seria ingênuo, portanto, comparar valores médios de consumo dos modais e concluir que cargas transportadas com um dado consumo energético pudessem atingir reduções significativas nesse valor através de uma simples mudança na tecnologia de transporte, ce teris paribus. O que se pode esperar, na prática, são mudanças mais suaves nas características de serviço demandadas, levando a modificações também suaves no padrão de oferta de serviço e de pro

<sup>11</sup> Devemos notar que os valores encontrados nos Quadros 4, 5 e 6 são semelhantes aos encontrados em estudos de outros países (ver Alston, 1984, pp.70/71/72).

atividade dos fatores. Assim, concluímos que as reais possibilidades de conservação residem dentro do próprio modo de transporte em que as cargas são transportadas. Da mesma forma, mudanças no modo de transporte, mantidas as características do serviço constantes, são pouco prováveis de levar a ganhos nos índices de produtividade dos fatores.

Sendo o transporte rodoviário responsável por cerca de 70% das toneladas-quilômetro transportadas e 90% da energia consumida no transporte de carga, poderíamos concluir que as possibilidades de conservação de energia no transporte de carga concentram-se nesse modo de transporte. Assim, o maior potencial de conservação estaria não em ganhos oriundos de mudanças de modo de transporte, mas sim em melhorias técnicas e operacionais dentro do próprio modo rodoviário, mantido o mesmo perfil de distribuição intermodal de carga.

Devemos enfatizar que modificações no perfil de distribuição intermodal de carga no Brasil deverão ocorrer principalmente em função de modificações na demanda por serviços. Assim, o surgimento do complexo de Carajás ou de uma grande expansão da produção de grãos no cerrado deve conduzir a um aumento na participação do modo ferroviário. Por outro lado, a desconcentração e crescimento da renda nacional deve provocar uma intensificação na demanda por bens de consumo e por serviços de transporte rodoviário e aéreo. Lembremos que essa tendência já se solidificou nos países da Europa e nos E.U.A.; por exemplo, entre 1963 e 1984 a percentagem de toneladas-quilômetro transportada por rodovia cresceu de 31 para 48% na França, de 21 para 52% na Alemanha e de 68 para 81% no Reino Unido (cf. Gil, 1986). Nos E.U.A. a participação das ferrovias nas toneladas-quilômetro transportadas decresceu de 61 para 37%, entre 1940 e 1975 (cf. Wyckoff e Maister, 1977).

No Brasil, há ainda um agravante que penaliza o modo de transporte ferroviário. Enquanto este é responsável por todo o custo de construção e manutenção de sua infra-estrutura, o modo rodoviário não contribui de maneira significativa sequer para a manutenção da malha rodoviária. O resultado é que os fretes desses modais, em distância e cargas compatíveis, são praticamente equiva-



lentes. Na Figura 3 podemos notar que, em 1982, o frete médio cobrado pela RFFSA (excluindo-se o frete de minério de ferro) e pela FEPASA se situou em pé de igualdade com a média de alguns grupos de empresas rodoviárias de linhas interestaduais e internacionais. Vemos também que o frete médio pago ao transportador autônomo se situou exatamente entre o frete dessas duas ferrovias.<sup>12</sup> Mais uma vez, a amplitude obtida para os valores de frete, na Figura 3, reforça o ponto de que médias setoriais se constituem numa base sofrível para comparações e conclusões sobre o potencial de conservação de energia via mudança de modo de transporte.

#### 4.3. - Determinantes do Consumo de Energia e Possibilidade de Substituição entre Insumos nas Empresas de Transporte Rodoviário de Carga

As características do serviço de transporte têm influência significativa sobre o consumo de óleo diesel nas empresas rodoviárias. Na Tabela 6 apresentamos as estimações dos impactos de variáveis selecionadas no consumo de energia dessas empresas.

Tabela 6 - Impacto no Consumo de Diesel em Empresas de Transporte Rodoviário para Mudança de 10% em Variáveis selecionadas

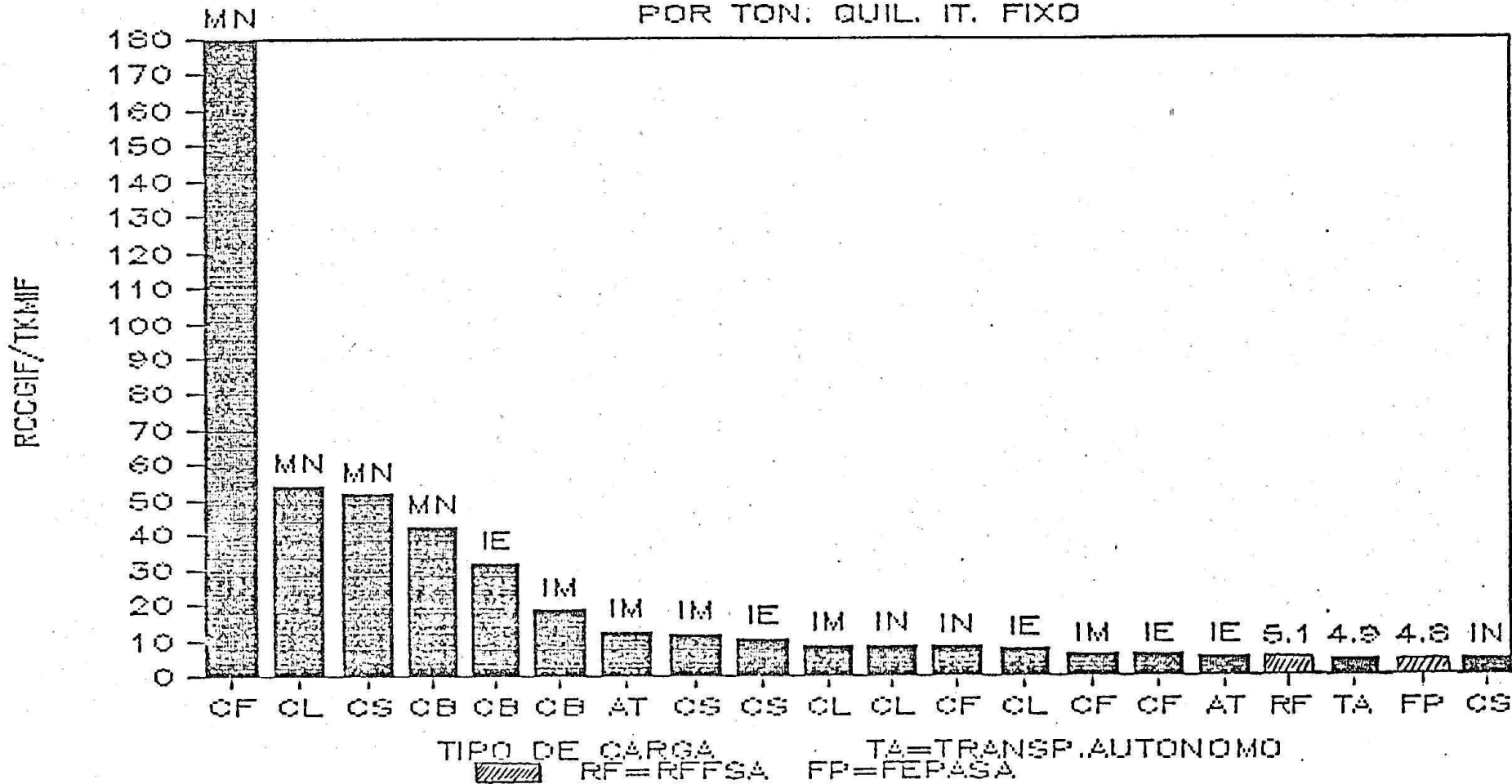
Variável	Impacto (%)
Toneladas-quilômetro	7,4
Extensão total das linhas	-2,7
Número total de linhas	4,5
Valor unitário das mercadorias transportadas (proxy para qualidade do serviço)	1,9

<sup>12</sup> Valor do médio frete do transportador autônomo para julho de 1982, segundo o relatório das Centrais de Informação de Fretes da Secretaria dos Transportes do Paraná.

FIGURA 3

# RECEITA TRANSP. CARGA COM ITIN. FIXO

POR TON. QUIL. IT. FIXO



Legenda: Empresas de Transporte Rodoviário de Carga-ETC de linhas predominantemente

MN: municipais  
 IM: intermunicipais  
 IE: interestaduais  
 IN: internacionais

de carga predominantemente

CF: frigorificada  
 CL: líquida  
 CS: seca  
 CB: c/veículo basculante  
 AT: automóveis

Elaborada a partir de GEIPOT (1985) e FIBGE (1984).

O primeiro fato a ressaltar são as economias de densidade para o consumo de energia. Isto é, dadas duas empresas com as mesmas características quanto ao número e extensão de linhas, e valor das mercadorias transportadas (como medida de aproximação para o tipo de serviço demandado), se uma destas transportou 10% mais carga (e, portanto, produziu 10% a mais de toneladas-quilômetro), seu consumo de energia será 7,4% maior. Da mesma forma, se a diferença entre estas empresas for em relação à extensão das linhas, mantidas as demais variáveis constantes, a empresa com extensão 10% maior teria um consumo 2,7% menor. Esse resultado já poderia ser antecipado em função da significativa variação do consumo unitário de energia, em função do tipo de linha, observado na Figura 2.

Um aumento do número de linhas, ceteris paribus, significa uma redução na densidade de transporte na malha servida pela empresa. Assim, um aumento de 10% no número de linhas, para a mesma extensão total e toneladas-quilômetro transportadas, levaria a um incremento de 4,5% no consumo de energia. A correlação entre a qualidade de serviço e o consumo energético é demonstrada pelo impacto do valor unitário das mercadorias. Mercadorias de mais alto valor demandam melhores níveis de serviço que, por sua vez, acarretam um maior consumo energético.

Esses resultados expressam a melhor combinação possível de insumos (i.e., a de menor custo total) na produção dos serviços demandados, para um determinado nível de preços. Cabe então perguntar, qual o impacto de variações nos preços dos insumos em suas proporções relativas na produção dos serviços de transporte? Conforme ressaltado no enfoque sintetizado na Figura 1, esses resultados servem para avaliar políticas de conservação via alterações nos preços dos insumos, através da análise dos rearranjos nas quantidades consumidas (cf. Rezende, 1984). Para se obter esses resultados estimam-se as funções de custo ou de produção das empresas de transporte, calculando-se, a partir destas, as elasticidades de substituição entre insumos motivados por variações em seus preços.

Os resultados por ora obtidos indicam que a tecnologia de transporte rodoviário de carga é relativamente rígida, apresen-

tando poucas possibilidades de substituição entre insumos (cf. Rezende, 1984; Swait, 1986). Esses resultados carecem ainda de investigações mais aprofundadas, estando os valores das elasticidades já estimadas ainda sujeitos a revisões.

## 5. Transporte de Passageiros: Determinantes do Consumo de Energia e Possibilidades de Conservação

### 5.1. - Determinantes do Consumo

Da mesma maneira que associamos o consumo de energia no transporte de carga às características sócio-econômicas das regiões, podemos correlacionar o consumo de energia no transporte de passageiros a características relevantes dos núcleos municipais. Como vimos para o transporte de carga, o consumo por unidade produzida — no caso, passageiro-quilômetro — varia substancialmente, dependendo do tipo e das características do transporte utilizado: automóvel, táxi, ônibus, etc.. A associação, portanto, diretamente entre consumo de energia no transporte de passageiros e variáveis de interesse incorpora não só a geração global de demanda por transporte, como também aspectos da distribuição de fluxos, escolha de modo e características da oferta de transporte.

Para o consumo de energia tomamos o total, em litros de gasolina equivalente, consumidos no transporte por automóvel e ônibus. Os resultados preliminares de estimação indicam que o consumo global de energia no transporte de passageiros é elástico a salários (elasticidade  $\epsilon=1,2$ ).<sup>13</sup> Nesta elasticidade destacamos dois componentes: o componente salário médio sendo responsável por 0,2, e o componente salário total (salário médio constante) por 1,0, do seu valor absoluto (ver Tabela 7). Ainda aparecem com destaque as variáveis percentagem da população urbana ( $\epsilon=0,3$ ) e a densidade populacional ( $\epsilon=-0,06$ ). Note-se que os resultados, ainda sujeitos a revisão, também indicaram que estas elasticidades variam de maneira significativa por faixa de população municipal.<sup>14</sup>

<sup>13</sup>Nesse modelo a variável salário foi usada como aproximação para a renda municipal.

<sup>14</sup>Para maiores detalhes ver Castro, 1986 (c).

Tabela 7 - Transporte de Passageiros: Determinantes do Consumo  
 Variação no Consumo de Energia para um Aumento  
 de 10% em Fatores Seleccionados

Fator	Variação (%)
Salários (população constante)	12
Salário Médio	2
Salários e População (salário médio constante)	10
Percentagem População Urbana	3
Densidade Populacional (hab/km <sup>3</sup> )	- 0,6

FONTE: Castro, 1986 (c).

#### 5.2. - Modo de Transporte e Consumo de Energia

As Tabelas 8 e 9 revelam a total predominância do ônibus no transporte coletivo de passageiros no País, sendo este responsável por cerca de 92% dos passageiros-quilômetro transportados e por cerca de 15 a 20% do total de óleo diesel consumido. Cerca de 79% dos passageiros transportados por rodovias são em linhas municipais, ficando as linhas intermunicipais e interestaduais com 20 e 1%, respectivamente. Nas viagens interurbanas a predominância do modo rodoviário continua marcante; a médio prazo, porém, espera-se uma crescente participação do avião, principalmente nos percursos médios e longos.

A intensidade energética dos vários modos de transporte de passageiros revela grandes possibilidades de conservação de energia. A Tabela 9 apresenta o rendimento energético dos diferentes meios de transporte de passageiros. Deve-se ressaltar que as possibilidades de substituição, 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

Tabela 8 - Perfil da Demanda no Transporte de Passageiros (1982)

Viagens Urbanas		Viagens Interurbanas	
Modo	Passageirosx10 <sup>6</sup> /ano	Modo	Passageirosx10 <sup>6</sup> /ano
Ônibus	9.000	Ônibus	3.200
Trem	500	Trem	20
Metrô	500	Avião	12

Elaborada a partir de IBGE, 1984; GEIPOT, 1985.

Tabela 9 - Passageiros-quilômetro por modo e Consumo Energético (1982)

Modo	PasxKMx10 <sup>9</sup> /ano	(%)	Consumo Energético (tep/10 <sup>6</sup> )	(%)	Consumo Específico (tep/10 <sup>6</sup> x Passxkm)	Índice
Ônibus	342	(70)	2,3	(16)	7	100
Automóvel	120	(24)	10,3	(70)	86	1229
Trem	14	(3)	0,3	(2)	21	300
Avião	11	(2)	1,6	(11)	145	2071
Metrô	3	(1)	0,1	(1)	30	429
Total	490	(100)	14,6	(100)	-	-

Elaborada a partir de IBGE, 1984; GEIPOT, 1985.

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 dispenderiam 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.

No caso do transporte de passageiros observamos um diferencial substantivo entre as duas opções mais comuns de transporte. Enquanto o ônibus transporta 70% dos passageiros-quilômetro, consome somente 16% da energia; por outro lado, o automóvel, transportando 24%, consome 70% da energia dispendida no transporte de passageiros (ver Tabela 9).

Do lado da qualidade de serviço, a discrepância de opções parece igualmente significativa, principalmente nos últimos anos, com a deterioração do sistema de transporte urbano de massa. No transporte por ônibus, a compressão tarifária, verificada nos últimos tempos, também influiu de maneira determinante na queda do nível de serviço. Hoje, o automóvel se apresenta como a única alternativa disponível que oferece um nível mínimo de serviço. Isto se dá mesmo quando as condições de mercado apresentam possibilidades de se oferecer, no transporte de massa, opções intermediárias de preço e melhor qualidade de serviço.

As políticas disponíveis para incentivar os modais de maior rendimento podem ser divididas entre políticas de preço e de regulamentação que influem no nível de serviço (e.g., frequência mínima de partidas, faixas de rolamento exclusivas, etc.). Os resultados disponíveis para o Brasil indicam que os usuários são consideravelmente mais sensíveis a variações no nível de serviço do que nos custos monetários das viagens. Swait e Ben-Akiva (1985) estimam que um aumento de 10% no tempo de trânsito do ônibus e do automóvel particular causaria, em cada caso separadamente, uma redução de 4,5 e 3,6%, respectivamente, na utilização desses modos. O mesmo aumento de 10% nos custos monetários de cada um desses dois modos causaria uma redução de apenas 0,3 e 0,7%, respectivamente (elasticidades médias para a cidade de São Paulo).

Os valores encontrados têm implicações de grande significação para a orientação de políticas de incentivo ao uso de modos com maior rendimento energético. Ao que esses valores indicam, as políticas com maior potencial de apresentarem impactos

substantivos na escolha de modo no transporte urbano de passageiros são aquelas que visem melhorar o nível de serviço proporcionado pelo transporte de massa. Assim, medidas como faixas exclusivas para ônibus, menor nível de ocupação nos ônibus e trens nos horários de maior movimento, são exemplos de boas candidatas a surtirem os efeitos desejados.

### 5.3. - Possibilidades de Substituição entre Insumos nas Empresas de Transporte de Passageiros

Faria (1986), a partir da especificação de uma função de custo tipo "translog", avaliou a existência de economias de escala, bem como a substituíbilidade entre os fatores de produção de empresas de transporte de passageiros (ônibus), dos segmentos urbanos e rodoviário. As principais conclusões desse trabalho foram:

- "...o consumo de óleo diesel no transporte coletivo de passageiros é relativamente pouco sensível ao preço desse combustível" (p.51);

"a constatação de economias de escala diferenciadas: até cerca de 170 ônibus no transporte urbano e até cerca de 600 ônibus no transporte rodoviário" (p.52).

Quanto à substituíbilidade dos insumos destacamos, na Tabela 10, as elasticidades parciais de substituição de Allen e as elasticidades-preço, para valores médios das participações nos custos dos insumos selecionados. A rigidez tecnológica revelada por Faria (1986) está evidente nos valores das elasticidades de Allen, todas próximas de zero. Estas podem variar de zero (nenhuma possibilidade de substituição) a mais infinito (insumos perfeitamente substitutos entre si), ou menos infinito (insumos perfeitamente complementares entre si). As elasticidades preço indicam que um aumento de 10% no preço da energia levaria a uma redução de 0,42% na utilização desse fator pelas empresas. Ao mesmo tempo, os impactos na utilização dos demais fatores seriam:

- um aumento de 1,9% em capital;
- um aumento de 1,76% no trabalho;
- uma redução de 2,23% em manutenção.



Esses resultados foram consistentes em duas especificações para o nível de produção: número de passageiros transportados, e receita no transporte de passageiros.

Tabela 10 - Elasticidades Parciais de Substituição de Allen e Elasticidades Preço para Energia de Empresas de Transporte Coletivo de Passageiros (segmento urbano)

	Elasticidades de substituição de Allen	Elasticidades preço (auto e cruzadas)
Energia	-0,123	-0,042
Capital	0,557	0,190
Trabalho	0,515	0,176
Manutenção	-0,653	-0,223

FONTE: Faria (1986)

## 6. Conclusão

Nosso objetivo neste texto foi discutir os determinantes do consumo de energia e as possibilidades de sua conservação em transportes, a partir de um enfoque conceitual básico. Este nos permitiu identificar duas dimensões onde as possibilidades de conservação de energia pareciam merecer maiores estudos, a saber, a través de variações na qualidade do serviço de transporte (mudança de modo ou submodo de transporte), e através de variações na combinação dos insumos utilizados na produção da capacidade de transporte.

Nossa principal conclusão para o transporte de carga é que o maior potencial de conservação de energia está em melhorias no rendimento operacional (e energético) dentro do próprio modal rodoviário. É pouco provável que se obtenham reduções, economicamente interessantes para o País, no consumo de energia ou transportes, através de mudanças na distribuição intermodal de cargas, para o atual perfil de demanda.

Já no transporte de passageiros a ênfase das políticas de conservação de energia deve se voltar para a qualidade do serviço de transporte de massa. O objetivo é atrair o usuário do automóvel particular para o transporte de massa, de rendimento energético substancialmente maior, proporcionando-lhe opções intermediárias de preço e maior qualidade de serviço do que as opções de hoje disponíveis.

REFERÊNCIAS

- Alston, L. Railways and energy. World Bank staff working papers nº 634, Washington D.C., 1984.
- BRASIL. Banco Central do Brasil. Brasil - programa de ajustamento econômico, vol.6, fev.1985.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Balço energético nacional, 1986.
- Carga - A revista dos transportes. Ano 1, nº 1. São Paulo, 1986.
- Castro, N. Produção, distribuição e consumo: Determinantes da demanda derivada por transporte e energia. Pesquisa e Planejamento Econômico, Rio de Janeiro, 16 (3), 1986.
- Castro, Jr. N.R. Tecnologia, custos, capacidade de carga e consumo energético de veículos no transporte rodoviário de bens. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, TDE 22, 1984.
- Castro, N. Estrutura e desempenho do setor de transporte rodoviário de carga. (mimeo) IPEA/INPES, 1986 (b).
- Castro, N. A demanda global por energia no transporte individual e coletivo de passageiros (mimeo), IPEA/INPES, 1986 (c).
- Faria, F. O consumo de energia no transporte coletivo de passageiros. Texto para Discussão do Grupo de Energia, 37. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1986.
- Gil, A. Labour implications of technological change in rail and air transport. International Labour Review, vol.125 (1), jan/feb. 1986.
- GEIPOT. Anuário estatístico dos transportes. Brasília, 1985.
- IBGE. Empresas de transporte rodoviário. V.9., Rio de Janeiro, 1984.
- O.E.C.D. Statistics of energy, 1975.
- Pace Co. Consultants Inc. Refinery processing requirements for the future, em Doshier, J.R., 1983 NPRA Annual Meeting, 1983.
- Pinheiro, A.C. Sobre a dieselização da frota brasileira de caminhões (TDE nº 17, Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1983).

- Revista BR, São Paulo, Assoc.Nac.das Empresas de Transporte Rodoviário de Carga - NTC., nº 208, 1984.
- Rezende, A.E. Análise da demanda por insumos das empresas profissionais de transporte rodoviário de cargas. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, TDE 21, 1984.
- Secretaria de Transportes do Paraná. Central de Informação de Fretes - Relatório de Atividades. Julho 1986.
- Severo, C. "A política de transportes e o problema energético". Palestra no Seminário "Energia para o Transporte", São Paulo, 1983.
- Swait, J. e Ben-Akiva, M. "Empirical test of a constrained choice discrete model: Mode choice in São Paulo, Brazil". Mimeo, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1985.
- Swait, J. Distribuição intramunicipal de bens e serviços: demanda, tecnologia de produção e potencial de conservação de energia. TDE 36, Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1986.
- U.S.Congress, Energy use in freight transportation, Washington, D. C., Congressional Budget Office, Staff Working Paper, 1985.
- Wyckoff, D. e Maister D. The motor carrier industry. Lexington Books, Lexington, MA., 1977.

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 R.A. 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 Álcool", 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, Fevereiro 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, 24 p.

- 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 1984, 92 p.
- Nº XXI- "Análise da Demanda por Insumos das Empresas Profissionais de Transporte Rodoviário de Cargas", Antonio Edmundo de Rezende, Setembro 1984, 119 p.
- NºXXII- "Tecnologia, Custos, Capacidade de Carga e Consumo Energético de Veículos no Transporte Rodoviário de Bens", Newton de Castro, Novembro 1984, 40 p.
- NºXXIII "Impactos Ambientais Decorrentes do Consumo de Carvão Mineral, Sérgio Margulis, Novembro 1984, 63 p.

- NºXXIV- "Energia na Indústria Cerâmica", Luciane Pierri de Mendonça, Janeiro 1985, 109 p.
- Nº XXV- "Energia na Indústria de Papel e Celulose", Maria de Fátima Salles Abreu Passos, Janeiro 1985, 111 p.
- NºXXVI- "Modelo do Setor Petróleo (MOSPET): Oferta e Demanda de Derivados e Balanço de Divisas", Lauro R.A. Ramos, Fevereiro 1985, 65 p.
- NºXXVII "Notas sobre Energia na Indústria de Barrilha", José Cesário Cecchi, Fevereiro 1985, p.
- NºXXVIII "Análise do Consumo Energético no Setor Industrial da Região Central do País", Flávio Freitas Faria e Luiz Carlos Guimarães Costa, Fevereiro 1985, p. (revisado)
- NºXXIX- "O Planejamento da Oferta de Carvão Mineral no Brasil: o Modelo MOCAM e suas Aplicações", Octávio A.F. Tourinho, Sérgio Margulis, Vagner Laerte Ardeo, Março 1985, 255 p.
- Nº XXX- "Agricultura e Produção de Energia: Um Modelo de Programação Linear para Avaliação Econômica do PROÁLCOOL", Octávio A.F. Tourinho. Léo da Rocha Ferreira, Ruderico Ferraz Pimentel, Março 1985, 174 p.
- Nº XXXI "Um Modelo de Demanda de Energia do Setor de Transporte Rodoviário de Carga", Luis Carlos P.J. Boluda, Março 1985, 136 p.
- Nº XXXII "Uma Avaliação do Programa CONSERVE/Indústria", Alfredo Behrens, Abril 1985, 33 p.
- NºXXXIII "A Expansão de Longo Prazo do Sistema Elétrico Brasileiro: Uma Análise com o Modelo PSE", Octávio A.F. Tourinho, Agosto 1985, 58 p.
- NºXXXIV "Produção, Distribuição, Consumo e Demanda Derivada por Transporte e Energia", Newton de Castro, Novembro 1985, 45 p.

- Nº XXXV- "O Modelo MOCAM II e suas Aplicações à Análise da Política de Oferta do Carvão Mineral", Octávio A. F. Tourinho e Vagner Laerte Ardeo, Abril 1986, 77 p.
- Nº XXXVI- "Distribuição Intramunicipal de Bens e Serviços: Demanda, Tecnologia de Produção e Potencial de Conservação de Energia", Joffre Dan Swait, Abril 1986, 50 p.
- Nº XXXVII- "O Consumo de Energia no Transporte Coletivo de Passageiros", Flávio Freitas Faria, Abril 1986, 54 p.
- Nº XXXVIII- "O Terceiro Choque do Petróleo: uma Análise Comparativa Usando os Modelos do INPES", Vagner Laerte Ardeo, Outubro 1986, 62 p.
- Nº XXXIX - "Reavaliação Econômica e Novos Ajustamentos do Proálcool", Léo da Rocha Ferreira e Ronaldo Serôa da Motta, Novembro 1986, 28 p.

O INPES edita ainda as seguintes publicações: Pesquisa e Planejamento Econômico (quadrimestral), desde 1971; Literatura Econômica (bimestral), desde 1977; Coleção Relatório de Pesquisa, Série de Textos para Discussão Interna (TDI); Série Monográfica, Série PNPE e Série de Estudos de Política Industrial e Comércio Exterior (EPICO).