

IPEA/INPES  
Serv. de  
Documentação

Textos para Discussão  
Grupo de Energia  
Nº XXXI

"Um Modelo de Demanda de  
Energia do Setor de Trans  
porte Rodoviário de Cargas".

Luis Carlos Boluda

Março de 1985

IPEA  
28-85

Um modelo de demanda de energia do  
setor de transporte rodov



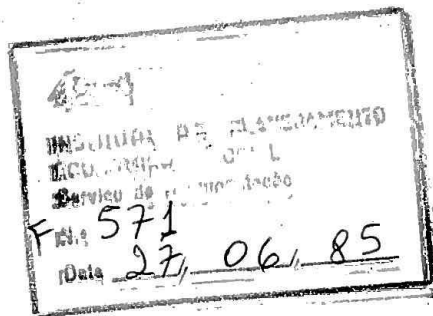
RJF0571/85

IPEA - RJ

Tiragem: 100 exemplares

Trabalho elaborado em :

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



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



## SUMÁRIO

|   | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 1 - INTRODUÇÃO .....  | 1             |
| 2 - METODOLOGIA .....   | 4             |
| 2.1 - Considerações gerais .....  | 4             |
| 2.2 - Construção do modelo de simulação do consumo de energia no TRC .....                      | 8             |
| 2.2.1 - Estimação da frota de caminhões, por tipo de combustível .....                          | 14            |
| 2.2.1.1 - Estimação da venda agregada de novos caminhões, medida em tct .....                   | 14            |
| 2.2.1.2 - Estimação da venda agregada de novos caminhões, por tipo de combustível .....         | 16            |
| 2.2.1.3 - Processo de sucateamento da frota .....   | 20            |
| 2.2.2 - Estimação da utilização da frota de caminhões, por tipo de combustível .....            | 24            |
| 2.2.3 - Estimação da eficiência energética da frota de caminhões, por tipo de combustível ..... | 28            |
| 3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS .....  | 31            |
| 3.1 - Considerações iniciais .....  | 31            |
| 3.2 - Modelo de demanda agregada por novas tct .....  | 31            |
| 3.2.1 - Análise teórica do TRC de curto e longo prazos .....                                    | 33            |
| 3.2.1.1 - Elasticidade-renda de curto e longos prazos .....                                     | 33            |
| 3.2.1.2 - Elasticidade-preço de curto e longos prazos .....                                     | 34            |
| 3.3 - Projeções da frota de caminhões, por tipo de combustível .....                            | 37            |
| 3.3.1 - Projeções das vendas de novos caminhões, por tipo de combustível .....                  | 37            |
| 3.3.2 - Sucateamento da frota de caminhões, por tipo de combustível .....                       | 42            |
| 3.3.3 - Análise dos cenários médios de PIB e preço real de energia .....                        | 44            |
| 3.3.4 - Análise do cenário médio de PIB e otimista de preço real de energia .....               | 45            |

|   | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 3.4 - Projeções da utilização da frota, por tipo de combustível .....                                 | 50            |
| 3.5 - Projeções da eficiência energética da frota, por tipo de combustível .....                      | 52            |
| 3.6 - Projeções do consumo de energia no TRC, por tipo de combustível .....                           | 54            |
| 4 - CONCLUSÕES .....  | 63            |
| 4.1 - Considerações gerais .....  | 63            |
| 4.2 - Principais resultados da pesquisa .....   | 64            |
| 4.2.1 - Análise das elasticidades-renda e preço da demanda de novas tct .....                         | 64            |
| 4.2.2 - Análise das projeções de frota, por tipo de combustível, e de consumo de energia no TRC ..... | 65            |
| 4.3 - Sugestões para o aprofundamento da pesquisa ...   | 74            |
| BIBLIOGRAFIA .....  | 75            |
| APÊNDICE I - MODELOS DE DEMANDA DE NOVAS TCT, POR CATEGORIA DE CAMINHÕES .....                        | I/1 a 6       |
| APÊNDICE II - ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS .....   | II/1          |
| A.II.1 - Produção de caminhões, por categoria e combustível .....                                     | II/1          |
| A.II.2 - Venda de caminhões no mercado interno, por categoria e combustível .....                     | II/4          |
| A.II.3 - Capacidade de carga de caminhões, por categoria e combustível .....                          | II/6          |
| A.II.4 - Tonelada de capacidade de Transporte (tct) de caminhões, por categoria e combustível .....   | II/8          |
| A.II.5 - Eficiência energética de caminhões, por categoria e combustível .....                        | II/10         |
| A.II.6 - Utilização dos caminhões, por categoria e combustível .....                                  | II/14         |
| A.II.7 - Variáveis de preço .....   | II/15         |
| A.II.7.1 - Preços de energia .....  | II/17         |
| A.II.7.2 - Preço dos caminhões novos, por categoria e combustível .....                               | II/17         |

|  | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| A.II.8 - Indicadores de desempenho na economia .....   | II/25         |
| A.II.9 - Frota de caminhões .....  | II/27         |
| A.II.10- Consumo de Energia no TRC .....   | II/31         |
| APÊNDICE III - ANÁLISE DO MODELO ECONÔMICO SUBJACENTE À<br>EQUAÇÃO DE DEMANDA DE NOVOS CAMINHÕES ..... | III/1 a 3     |

LISTA DAS TABELAS

|   | Página |
|---|--------|
| Tabela 2.1 - Evolução do Transporte de Carga no Brasil em Valores Absolutos e Relativos, por Segmento Modal, no Período 1950/79 .....   | 11     |
| Tabela 2.2 - Estimativa da Utilização Média da Frota de Caminhões, por Categoria e Tipo de Combustível, em 1982 .....   | 25     |
| Tabela 2.3 - Estimativa da Utilização Média da Frota de Caminhões Diesel em Função de seu Consumo Estimado no Período 1977/82 .....   | 27     |
| Tabela 3.1 - Cenários Para as Variáveis de Política Econômica no Período 1983/93 .....  | 41     |
| Tabela 3.2 - Cenários Para as Taxas de Crescimento das Demais Variáveis do Modelo de Simulação do Consumo de Energia no TRC no Período 1983/93 ..   | 43     |
| Tabela 3.3 - Projeções das Vendas de Novos Caminhões a Diesel, Segundo os Cenários de PIB e Preço Real de Energia no Período 1983/93 .....  | 46     |
| Tabela 3.4 - Projeções das Vendas de Novos Caminhões a Gasolina, Segundo os Cenários de PIB e Preço Real de Energia no Período 1983/93 .....  | 47     |
| Tabela 3.5 - Projeções da Frota de Caminhões a Diesel, Segundo os Cenários de PIB e Preço Real de Energia no Período 1983/93 .....  | 48     |
| Tabela 3.6 - Projeções da Frota de Caminhões a Gasolina, Segundo os Cenários de PIB, e Preço Real de Energia no Período 1983/93 .....   | 49     |
| Tabela 3.7 - Projeções do Consumo de Óleo Diesel no TRC, Segundo os Cenários de Frota, Utilização e Eficiência Energética dos Caminhões a Diesel no Período 1983/93 .....                     | 57     |
| Tabela 3.8 - Projeções do Consumo de Gasolina no TRC em Diesel-equivalente, segundo os Cenários de Frota, Utilização e Eficiência Energética dos Caminhões a Gasolina no Período 1983/93 .... | 58     |
| Tabela 3.9 - Projeções do Consumo Total de Energia no TRC, Segundo os Cenários Médios de PIB e Preço Real de Energia no Período 1983/93 .....   | 59     |

|   |       |
|---|-------|
| Tabela 4.1 - Taxas de Crescimento Associadas aos Cenários das Variáveis de Política Econômica no Período 1983/93 .....                | 65    |
| Tabela 4.2 - Projeções de Vendas de Novos Caminhões, Frota e Consumo de Energia no TRC, segundo a Política A no Período 1983/93 ..... | 69    |
| Tabela 4.3 - Projeções de Vendas de Novos Caminhões, Frota e Consumo de Energia no TRC, segundo a Política B no período 1983/93 ..... | 71    |
| Tabela 4.4 - Projeções de Vendas de Novos Caminhões, Frota e Consumo de Energia no TRC, segundo a Política C no período 1983/93 ..... | 73    |
| Tabela 4.5 - Efeito da Variação de Políticas de Preço de Energia no Consumo Total de Energia no TRC no Período 1983/93 .....          | 74    |
| Tabela A.II.1 - Produção de Caminhões, por Categoria e Tipo de Combustível, no Período 1957/82 ..                                     | II/5  |
| Tabela A.II.2 - Vendas de Caminhões, por Categoria e Tipo de Combustível, no Período 1957/82 .....                                    | II/7  |
| Tabela A.II.3 - Capacidade de Carga de Caminhões, por Categoria e Tipo de Combustível, no Período 1957/82 .....                       | II/9  |
| Tabela A.II.4 - Tct de Novos Caminhões, por Categoria e Tipo de Combustível, no Período 1957/82 .....                                 | II/11 |
| Tabela A.II.5 - Eficiência Energética de Caminhões, por Categoria e Tipo de Combustível, no Período 1957/82 .....                     | II/13 |
| Tabela A.II.6 - Utilização de Caminhões, por Categoria e Tipo de Combustível, no Período 1957/82 .....                                | II/16 |
| Tabela A.II.7 - Preço Real da Energia e Índice Deflator Implícito da Economia no Período 1959/82 .....                                | II/18 |
| Tabela A.II.8 - Preço Real de Novos Caminhões por Categoria e Tipo de Combustível, no Período 1957/82 .....                           | II/20 |
| Tabela A.II.9 - Custo/tkm da tct de Novos Caminhões, por Categoria e Tipo de Combustível, no Período 1957/82 .....                    | II/21 |
| Tabela A.II.10 - Participação Percentual dos Custos Fixo e Variável, por tkm, na Formação do Preço de Novas tct .....                 | II/26 |

|  | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| Tabela A.II.11 - Índices de Desempenho Econômico, por Ramos de Atividade .....   | II/28         |
| Tabela A.II.12 - Frota Total de Caminhões no Brasil, Segundo Diversas Fontes no Período 1957/82 ..                         | II/29         |
| Tabela A.II.13 - Frota Total de Caminhões, por Tipo de Combustível, Segundo o DNER/ANFAVEA/SERPRO no Período 1977/82 ..... | II/30         |
| Tabela A.II.14 - Evolução do Consumo de Óleo Diesel, Segundo Diversas Agregações e Fontes no Período 1957/82 .....         | II/33         |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

|   | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| Gráfico 3.1 - Consumo de Diesel no TRC, Segundo os Cenários das Variáveis de Política Econômica no Período 1983/93: Cenário Otimista de PIB...                              | 60            |
| Gráfico 3.2 - Consumo de Gasolina no TRC, em Diesel Equivalente, segundo os Cenários das Variáveis de Política Econômica, no Período 1983/93: Cenário Otimista de PIB ..... | 61            |
| Gráfico 3.3 - Consumo de Diesel no TRC, Segundo os Cenários das Variáveis de Política Econômica, no Período 1983/93: Cenário Médio de PIB...                                | 62            |
| Gráfico 3.4 - Consumo de Gasolina no TRC, Segundo os Cenários das Variáveis de Política Econômica, no Período 1983/93: Cenário Médio de PIB .....                           | 63            |

Glossário das Variáveis que Aparecem na Metodologia da Pesquisa

- 1)  $BE_{ij}(t)$  = break-even dos caminhões novos da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$  (km/veículo);
- 2)  $CG_{ij}(t)$  = capacidade de carga útil dos caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;
- 3)  $CAPN_i(t)$  = capacidade média de carga útil dos novos caminhões do ciclo  $i$  no ano  $t$ ;
- 4)  $C_1^k$  = coeficiente técnico de custo variável do modelo de caminhão  $k$ , relativo a combustíveis e óleos lubrificantes;
- 5)  $C_2^k$  = coeficiente técnico de custo variável do modelo de caminhão  $k$ , relativo a peças;
- 6)  $C_3^k$  = coeficiente técnico de custo fixo do modelo de caminhão  $k$ , relativo à remuneração e depreciação de capital;
- 7)  $CE_i(t)$  = consumo do combustível  $i$  no TRC no ano  $t$ ;
- 8)  $FX_{ij}(t)$  = custo fixo de caminhões novos da categoria  $j$  e combustível  $i$ , por tonelada-quilômetro (tkm), no ano  $t$ ;
- 9)  $C_{ij}(t)$  = custo operacional total dos caminhões novos da categoria  $j$  e combustível  $i$ , por tkm, no ano  $t$ ;
- 10)  $VR_{ij}(t)$  = custo variável dos caminhões novos da categoria  $j$  e combustível  $i$ , por tkm, no ano  $t$ ;



- 11)  $E_i(t)$  = eficiência energética da frota do ciclo  $i$  no ano  $t$  (quilômetros/litro de combustível);
- 12)  $PT(t)$  = custo total, por tkm, da tct dos novos veículos no ano  $t$ ;
- 13)  $E_{ij}(t)$  = eficiência energética dos novos caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;
- 14)  $F_{ij}(t)$  = frota de caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;
- 15)  $F_i(t)$  = frota de caminhões do ciclo  $i$  no ano  $t$ ;
- 16)  $h(y)$  = função de sucateamento do IPEA/INPES em função da idade ( $y$ ) dos caminhões;
- 17)  $PIBA(t)$  = índice do produto real na agricultura no ano  $t$ ;
- 18)  $PIBI(t)$  = índice do produto real na indústria no ano  $t$ ;
- 19)  $PIBC(t)$  = índice do produto real no comércio no ano  $t$ ;
- 20)  $PIBS(t)$  = índice do produto real no setor terciário no ano  $t$ ;
- 21)  $PIB(t)$  = índice do produto real total na economia no ano  $t$ ;
- 22)  $\alpha_j(t)$  = participação percentual da categoria  $j$  na produção total de novas tct;
- 23)  $PE(t)$  = preço médio real da energia útil no ano  $t$ , isto é, corrigido pela eficiência energética dos caminhões;

- 24)  $P_{ij}(t)$  = preço real do caminhão novo da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ,  $j$ =leve (l), médio (m), semipesado (s), pesado (p);
- 25)  $PK(t)$  = preço médio real do capital no ano  $t$ ;
- 26)  $P_i(t)$  = preço real do combustível  $i$  no ano  $t$ ,  $i$ =diesel, gasolina;
- 27)  $PM_{ij}(t)$  = preço real do motor dos caminhões novos da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;
- 28)  $PM_i(t)$  = preço médio real do motor dos caminhões novos do ciclo  $i$  no ano  $t$ ;
- 29)  $PC_i(t)$  = preço médio real dos caminhões novos do ciclo  $i$  no ano  $t$ ;
- 30)  $Z_j(t)$  = probabilidade de compra de caminhões da categoria  $j$  entre as tecnologias diesel e gasolina no ano  $t$ ;
- 31)  $PRD_{ij}(t)$  = produção de caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;
- 32)  $U_i(t)$  = quilometragem percorrida pela frota do ciclo  $i$  no ano  $t$  (utilização);
- 33)  $rpr(t)$  = razão entre os preços reais da gasolina e do diesel no ano  $t$ ;
- 34)  $rcap(t)$  = taxa de crescimento da capacidade média de carga útil dos novos caminhões no ano  $t$ ;
- 35)  $re_i(t)$  = taxa de crescimento da eficiência energética da frota de caminhões do ciclo  $i$  no ano  $t$ ;

- 36)  $ra_j(t)$  = taxa de crescimento da participação da categoria  $j$  na produção total de novas tct;
- 37)  $rip(t)$  = taxa de crescimento do índice do produto real total na economia no ano  $t$ ;
- 38)  $rpc_{ij}(t)$  = taxa de crescimento do preço real do caminhão novo da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;
- 39)  $rp_d(t)$  = taxa de crescimento real do preço do óleo diesel no ano  $t$ ;
- 40)  $ru_i(t)$  = taxa de crescimento da utilização da frota de caminhões do ciclo  $i$  no ano  $t$ ;
- 41)  $U_{ij}^k(t)$  = utilização do caminhão novo de modelo  $k$  da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;
- 42)  $U_{ij}(t)$  = utilização média do caminhão novo da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;
- 43)  $VT_{ij}(t)$  = venda de caminhões novos da categoria  $j$  e combustível  $i$ , medida na unidade tct, no ano  $t$ ;
- 44)  $V_{ij}(t)$  = venda de caminhões novos da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;
- 45)  $VT_i(t)$  = venda de caminhões novos do ciclo  $i$ , medida na unidade tct, no ano  $t$ ;
- 46)  $VT(t)$  = venda total de caminhões novos, medida na unidade tct, no ano  $t$ ;

## Sumário das Principais Hipóteses Adotadas na Metodologia da Pesquisa

- H1 = a variável utilização da frota de caminhões, por combustível -  $U_i(t)$  -, foi considerada exógena no modelo de simulação do consumo de energia no TRC;
- H2 = a eficiência energética da frota de caminhões, por combustível, foi suposta igual à dos novos veículos incorporados à mesma a cada ano;
- H3 = a eficiência energética da frota de caminhões, por combustível, foi considerada exógena no modelo de simulação do consumo de energia no TRC (alguns ensaios preliminares foram realizados no sentido de relaxar esta hipótese, de modo que esta dificuldade pode ser solucionada numa pesquisa futura);
- H4 = os valores estimados de  $U_{dj}^k(t)$  foram supostos constantes no tempo e os de  $U_{gj}^k(t)$  linearmente decrescentes a partir de um determinado período (ver Seção A.II.5 do Apêndice II);
- H5 = a utilização dos caminhões, dentro de uma mesma categoria, aumenta proporcionalmente com sua capacidade de carga útil (ver Seção A.II.6 do Apêndice II);  
e
- H6 = os coeficientes técnicos de custo operacional dos novos veículos foram considerados constantes no tempo (ver Seção A.II.6 do Apêndice II).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Michal Gartenkraut pela leitura atenta dos textos preliminares da pesquisa, da qual resultaram sugestões va liosas para a elaboração da versão final deste trabalho.

Agradeço também a Newton Rabello de Castro e Antônio Edmu ndo Rezende, pelo apoio técnico e pelas críticas e sugestões fei tas ao longo do andamento da pesquisa:

Agradeço também a Ana Resck pela eficiência e paciência no trabalho de datilografia dos vários textos preliminares da pes quisa e à equipe da Mecanografia que, com igual competência, pre parou a versão final deste documento.

UM MODELO DE DEMANDA DE ENERGIA DO SETOR DE

TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS

Luis Carlos Boluda

1 - INTRODUÇÃO

O principal objetivo desta pesquisa é a elaboração de projeções para o consumo de energia (óleo diesel e gasolina) no Transporte Rodoviário de Cargas (TRC) no período 1983/1993. Para lograr tal meta, o presente estudo foi orientado no sentido de quantificar os parâmetros

- Frota anual de caminhões, por tipo de combustível;
- Eficiência energética da frota (km/l); e
- Quilometragem anual percorrida pela frota (utilização)

Entretanto, a implementação de um estudo dessa natureza esbarra na dificuldade da criação de um acervo organizado de informações desagregadas sobre o TRC.<sup>1</sup> A base de dados desta pesquisa (ver Apêndice II) permitiu apenas que se desenvolvesse um modelo de simulação da demanda de energia do setor.

Mais especificamente, a metodologia desta pesquisa foi devotada, essencialmente, à obtenção de projeções da frota de caminhões, por tipo de combustível. Para isto, utilizou-se a técnica de análise econométrica de séries históricas compreendendo o período 1957/82<sup>2</sup> para estimar a venda agregada de novos caminhões, identificando-se em seguida os veículos a diesel e a gasolina através de modelos (logit) de decisão de compra entre as tecnologias Otto e Diesel. Não obstante as fortes evidências de que a frota sobrevivente de caminhões a gasolina foi praticamente convertida

---

<sup>1</sup>O mercado de serviços de transporte rodoviário é pulverizado e há dificuldade em mensurar-se variáveis tais como consumo de energia, sucateamento da frota, sua utilização e sua eficiência energética.

<sup>2</sup>Este período foi utilizado por ser o que permitiu a obtenção do maior número de dados históricos sobre as variáveis que compõem a metodologia da pesquisa.

para o ciclo diesel,<sup>3</sup> considerou-se a possibilidade da recuperação do mercado dos novos veículos de carga a gasolina (atualmente irrelevante no transporte de bens e mercadorias arroladas no PIB), mediante a simulação de um processo de reversão da política de preços relativos de energia favorável ao ciclo Otto, mantendo-se fixo o preço real dos caminhões.

A partir das projeções da demanda de reposição e/ou expansão do estoque de caminhões, por tipo de combustível, estimou-se a frota em circulação no País no período 1983/93, que juntamente com a sua utilização e sua eficiência energética estimadas determinaram o consumo de energia no TRC.

Embora não se objetive modelar o comportamento das empresas do TRC no contexto desta pesquisa,<sup>4</sup> a elasticidade-preço (de capital + energia) e a elasticidade-renda da venda agregada de novos veículos de carga no TRC, estimadas através de um modelo de regressão múltipla, permitem fazer algumas inferências acerca das reações do setor a aumentos de preço de energia e capital e a variações na renda nacional, no que concerne ao comportamento da sua frota de caminhões, o que afeta diretamente o consumo de energia no TRC.

A fonte bibliográfica básica desta pesquisa é o trabalho de Paes de Barros e Ferreira (1982), onde podem ser encontradas diversas referências de estudos nacionais e internacionais na área de demanda de energia no transporte individual. No transporte de cargas e passageiros, contudo, onde o óleo diesel encontra o seu uso mais intensivo no Brasil, a bibliografia conhecida é menor, valendo mencionar necessariamente o trabalho de D. Greene (1982), cujo objetivo é estimar a demanda de óleo diesel dos caminhões no tráfego inter-regional. Cumpre referir também o estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (1982),

---

<sup>3</sup>Embora este fato não tenha sido comprovado estatisticamente nesta pesquisa.

<sup>4</sup>Estudos mais desagregados sobre as empresas do TRC podem ser encontrados, por exemplo, em Rezende (1983c) e Reck (1983).

onde procurou-se analisar as políticas de substituição e racionalização do uso do óleo diesel no transporte rodoviário. No setor de transporte coletivo de passageiros, pode-se citar a pesquisa conduzida por Flávio F. Farias e Luiz Carlos Costa (1983), focalizando a demanda de energia do setor.

O trabalho, além desta introdução onde foram feitas algumas considerações gerais, está dividido em mais três seções e três apêndices. Na Seção 2 objetiva-se expor minuciosamente a parte metodológica da pesquisa, bem como as hipóteses adotadas para tornar possível a sua implementação, para que o leitor possa compreender como foram obtidos os resultados em sua abrangência e limitações. Na Seção 3 são reportados o modelo econométrico que estima a venda agregada de novos caminhões e a simulação de cenários para o consumo futuro de energia no TRC, dados os cenários estabelecidos para as variáveis de política econômica. Na Seção 4 são apresentadas as conclusões da pesquisa. Finalmente, nos apêndices são introduzidos a base de dados utilizada no trabalho, contendo informações detalhadas sobre a construção de todas as variáveis que fazem parte do modelo de demanda de energia no TRC, bem como alguns ensaios preliminares no sentido de obterem-se modelos de demanda por capacidade de transporte rodoviário de cargas desagregados por categoria de caminhão. No Apêndice III é apresentada uma pequena discussão teórica sobre o processo de geração, reposição e expansão do estoque de caminhões em circulação no País.



## 2 - METODOLOGIA

### 2.1 - Considerações gerais

Com o intuito de facilitar a compreensão dos aspectos básicos envolvidos na discussão da metodologia desta pesquisa, serão descritos resumidamente nesta seção os principais procedimentos adotados visando a atingir uma das metas do estudo, qual seja, derivar previsões para a demanda de energia no TRC no período 1983/93.

Com base em dados históricos de venda total de novos caminhões, PIB e preço de energia e capital, relativos ao período 1957/82, construíram-se as variáveis que permitiram estimar econometricamente o modelo de demanda agregada dos novos veículos, que entra diretamente no processo de estimação da frota de caminhões, por combustível, conforme a exposição que se segue na Subseção 2.2.1.

Uma vez estimado o modelo de venda agregada de novos veículos, medida numa unidade mais conveniente - tonelada de capacidade de transporte (tct) - suas projeções, pelos motivos discutidos mais adiante no texto, foram obtidas através de cenários básicos para as variáveis exógenas do modelo - PIB e preços reais de diesel e gasolina -, mantendo-se o preço real dos caminhões constante.

Obtidas as projeções da demanda agregada das novas tct, procedeu-se à sua separação em tct diesel e tct gasolina através de uma metodologia desenvolvida por Pinheiro e Ramos (1984) para analisar a competitividade diesel x gasolina nas categorias de caminhões leves e médios. Este procedimento tem por objetivo permitir a simulação do comportamento do mercado de caminhões novos a gasolina numa situação hipotética onde a política de preços relativos de energia se tornasse favorável ao ciclo Otto. Desta forma, é possível fazer algumas inferências sobre a eficácia desta política no tocante à recuperação deste mercado e ao seu impacto no consumo de diesel do TRC.

O próximo passo é converter as tct, por combustível, as sim derivadas em cada ano, em número de caminhões. Estes valores correspondem às vendas de novos veículos a serem incorporados à frota existente de cada ano, descontando-se obviamente a depreciação do estoque que ocorre de um ano para outro. Isto foi feito nesta pesquisa através da função de sucateamento do IPEA/INPES, estimada por Paes de Barros e Ferreira (1982).

Com base nas projeções da frota de caminhões, o consumo de energia no TRC foi obtido indiretamente por meio da simulação de cenários das variáveis (endógenas) utilização e eficiência energética da frota, uma vez que não foi possível estimar uma equação autônoma de demanda de energia no setor. Tampouco foi possível, pela via indireta, endogeneizar a utilização e eficiência médias da frota no âmbito desta pesquisa a partir da base de dados introduzida no Apêndice II. Tendo em vista facilitar a compreensão global da metodologia a ser desenvolvida, apresentam-se, a seguir, as Figuras 2.1, 2.2 e 2.3.

FIGURA 2.1

OBTENÇÃO DO MODELO DE DEMANDA AGREGADA DE NOVAS tct

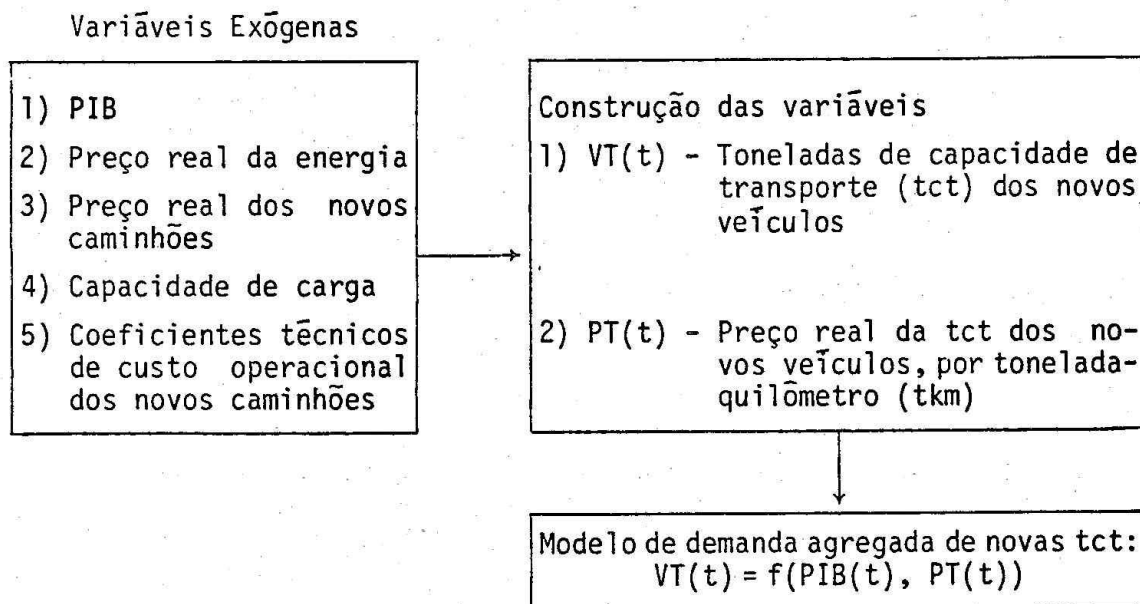
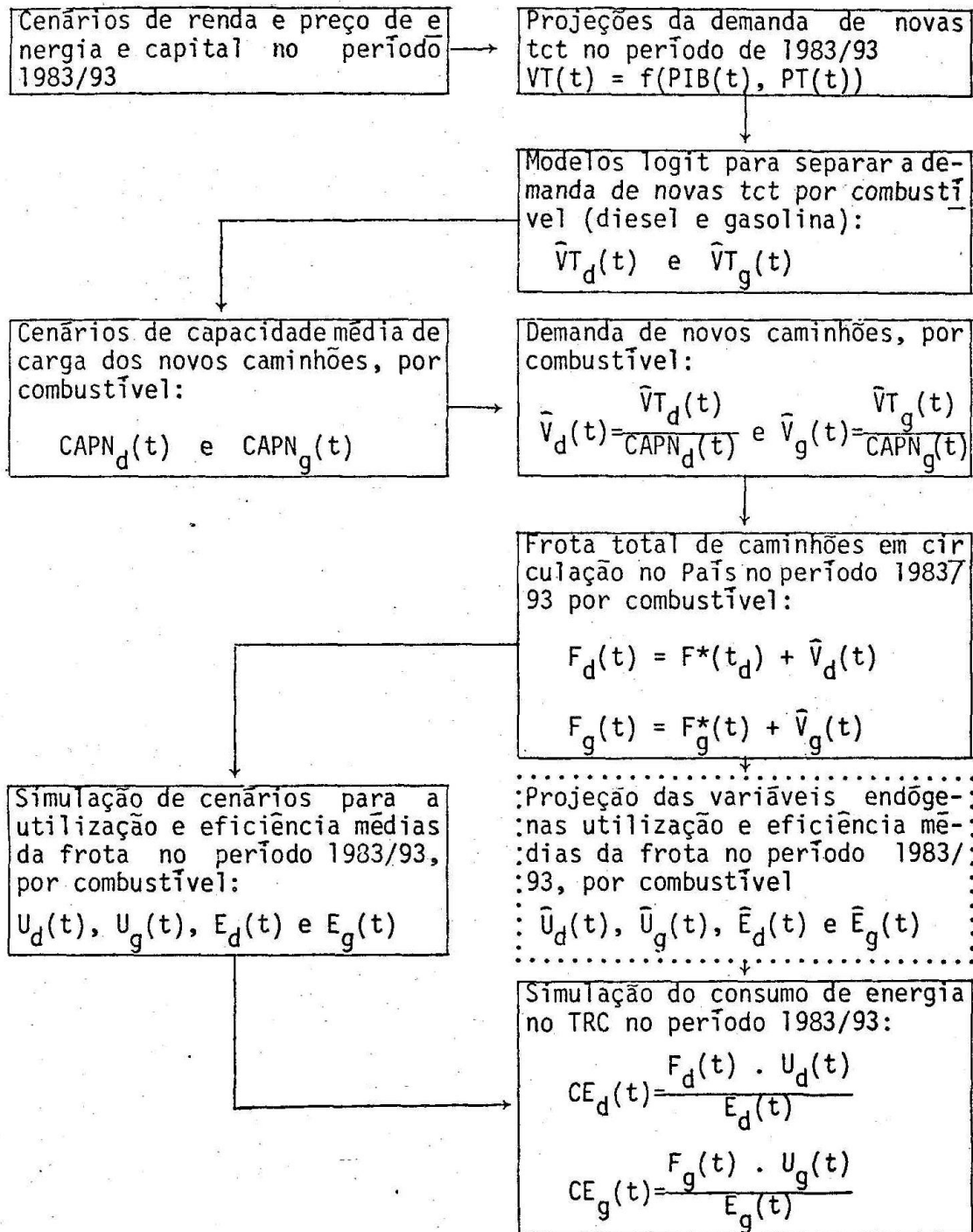


FIGURA 2.2

## SIMULAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NO TRC NO PERÍODO 1983/93

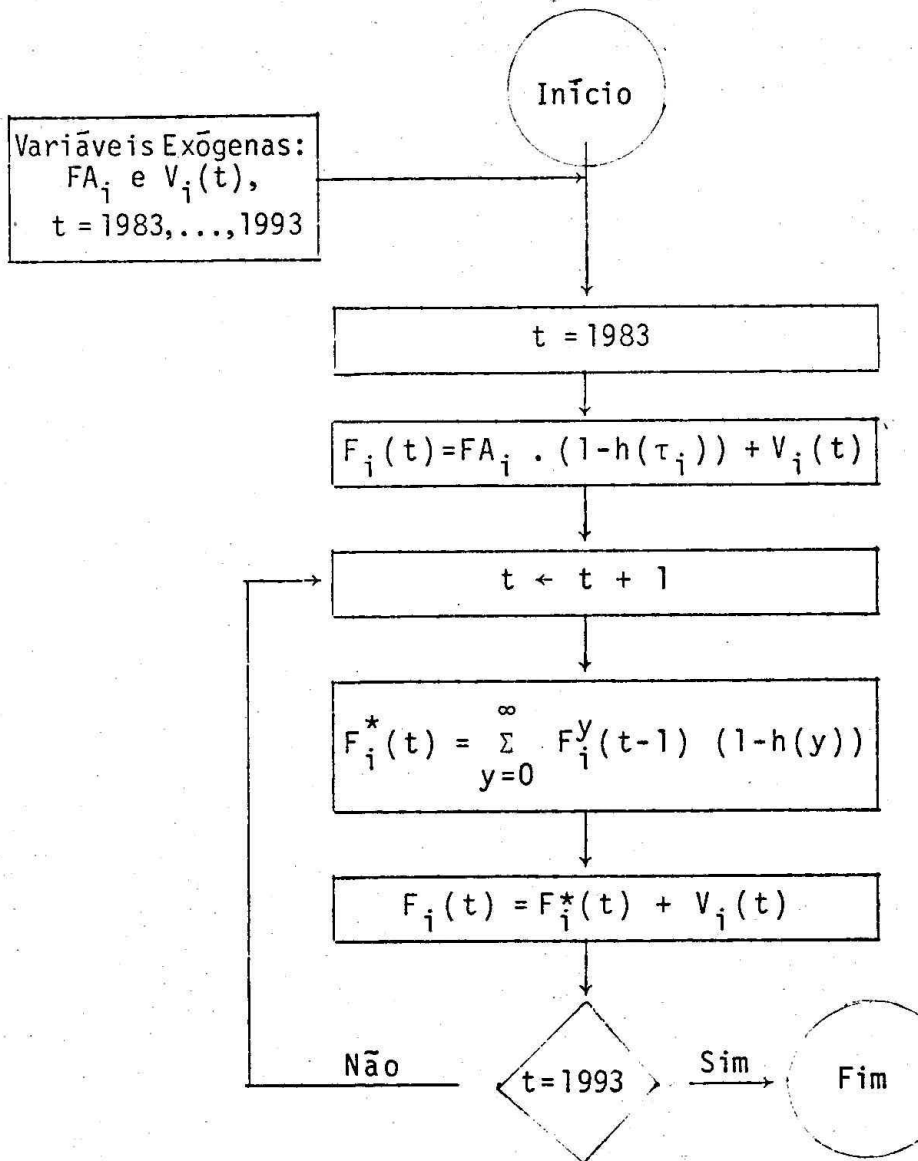


Observações: a)  $F_i^*(t)$  denota a frota de caminhões do ciclo  $i$  sobreviventes no ano  $t$ ; e

b) o retângulo pontilhado indica um procedimento metodológico correto, mas que não pôde ser implementado por falta de dados.

FIGURA 2.3

ALGORITMO PARA DETERMINAR A FROTA TOTAL EM CIRCULAÇÃO  
NO PAÍS NO PERÍODO 1983/93



- Observações:  $FA_i$  = frota de caminhões do ciclo  $i$  em 1982;  
 $\tau_i$  = idade média da frota de caminhões do ciclo  $i$  em 1982;  
 $h(t)$  = função de sucateamento do IPEA/INPES;  
 $F_i^y(t-1)$  = frota de caminhões do ciclo  $i$  com idade  $y$  no ano  $t-1$ ;  
 $V_i(t)$  = venda de novos caminhões do ciclo  $i$  no ano  $t$ .  
 $F_i^*(t)$  = frota de caminhões do ciclo  $i$  sobreviventes no ano  $t$ ; e  
 $F_i(t)$  = frota de caminhões do ciclo  $i$  em circulação no ano  $t$ .

## 2.2 - Construção do modelo de simulação do consumo de energia no TRC

As premissas básicas que nortearam a concepção metodológica original da pesquisa foram estabelecidas em Rezende (1983 a). A idéia básica do trabalho partiu do fato de que, sendo a quantidade toneladas-quilômetro (tkm) produzidas pelo TRC derivada das atividades produtivas do País, o procedimento teórico mais correto seria considerá-la como endôgena. Neste sentido, o objetivo inicial do trabalho contemplou a estimativa da capacidade de transporte rodoviário demandada pelos vários setores da economia a partir de uma metodologia de função de custo.<sup>1</sup> Esta idéia, no entanto, foi abandonada por falta de dados. Assim sendo, não considerou-se neste trabalho o modelo teórico que relaciona as atividades econômicas do País, a produção das tkm e a demanda por novos caminhões, concentrando-se apenas na sua última componente.

Para produzir os serviços de transporte requeridos pelas atividades econômicas do País, o TRC necessita, essencialmente, de capital e energia, entre outros insumos, tendo em vista a formação da frota de caminhões para realizar o fluxo de bens e mercadorias geradas pelo PIB. Com base nessa argumentação, estipulou-se um modelo básico para estimar a demanda (derivada) por capacidade de transporte rodoviário dos novos veículos em função de indicadores da renda nacional e dos preços reais de capital e de energia. O modelo pode ser escrito como:<sup>2</sup>

$$VT(t) = f(P_i(t), P_{ij}(t), PIB(t)) \quad (2.1)$$

<sup>1</sup>Para maiores detalhes, consultar Rezende (1983b).

<sup>2</sup>Uma variante do modelo (2.1) pode ser obtida introduzindo-se um elemento dinâmico na sua forma funcional, o que poderia ser feito acrescentando-se a variável frota do ano t-1 ou a própria variável endôgena defasada de um ano. Como os dados históricos de frota são extremamente precários, restou apenas a segunda alternativa. (Este ponto será abordado na Seção 3).

onde:

$VT(t)$  = venda total de caminhões novos no mercado interno no ano  $t$ , medida numa unidade de capital denominada tonelada de capacidade de transporte ( $tct$ ), a ser definida na Subseção 2.2.1.1;

$P_i(t)$  = preço real do combustível  $i$  no ano  $t$ ;

$i$  = óleo diesel ( $d$ ), gasolina ( $g$ );

$P_{ij}(t)$  = preço médio real do caminhão novo da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;

$j$  = leve ( $l$ ), médio ( $m$ ), semipesado ( $s$ ), pesado ( $p$ );

$PIB(t)$  = indicador de desempenho da economia no ano  $t$ ;  
e

$f$  = forma funcional a ser especificada econometricamente.

Uma vez definido o modelo (2.1), é importante tecer algumas considerações acerca do problema da sua identificação como uma equação de demanda. Observa-se no mercado de caminhões que, via de regra, a sua produção num determinado período é muito próxima das vendas realizadas, conforme pode ser verificado nos dados anuais descritos no Apêndice II deste trabalho, ou nos publicados mensalmente pela Revista Transporte Moderno. Isto significa que tanto a produção como as vendas de veículos de carga somente são observadas em pontos de equilíbrio do mercado, o que recomenda uma certa cautela ao denominar-se a equação (2.1) como de demanda por capacidade de transporte dos novos veículos. Esta dificuldade poderia ser contornada se existisse uma regulamentação do TRC em termos de preço e de oferta, conforme se verifica no transporte interurbano de passageiros. Neste caso, as variações



de preço e renda nacional iriam de fato traçar a demanda por novos caminhões. Como não foi possível utilizar-se um modelo econômico para o TRC contendo um sistema de equações simultâneas, tendo em vista solucionar o problema, o termo "demanda" continuará sendo empregado na designação do modelo (2.1).

A importância de estimar-se o modelo (2.1) reside no fato de que suas projeções convertidas em número de veículos, por tipo de combustível, entram diretamente no processo de previsão das frotas de caminhões a diesel e a gasolina, que por sua vez afetam diretamente o consumo futuro desses energéticos no TRC.

Adotou-se nesta pesquisa um tratamento isolado do setor, não se considerando explicitamente os processos de substituição e/ou complementaridade intermodal, isto é, com os modos ferroviário e marítimo, principais concorrentes do TRC na prestação de serviços de transporte de carga dentro do território nacional. Neste sentido, o modelo (2.1), no que concerne ao efeito-preço, ao utilizar apenas variáveis que compõem os custos de produção do TRC, que, em última análise, determinam o preço do frete dos serviços ofertados pelo setor, não considera explicitamente a competição modal entre os meios de transporte. Não obstante, transferências de cargas entre o TRC e os demais setores podem ser diagnosticadas, observando-se o comportamento da frota projetada. Por exemplo: num cenário de PIB crescente, onde se espera um aumento da demanda (derivada) de transporte para movimentar o fluxo de um número maior de bens e mercadorias produzidas, a obtenção de projeções de frota declinantes no tempo significa, ceteris paribus, que o TRC estaria produzindo menos tkm.

Apenas a título de ilustração, pode-se observar que no período em análise o TRC, além de registrar o maior crescimento de volume de cargas transportadas (17,6 vezes o valor observado em 1950), conquistou mercados antes dominados pelas demais modalidades de transporte, conforme mostram os dados da Tabela 2.1. No período 1977/79 a participação do setor no total de mercadorias transportadas situou-se na faixa de 70% (estima-se que este valor não deve ter-se alterado muito nos anos posteriores a 1979).

TABELA 2.1

EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE DE CARGA NO BRASIL EM VALORES ABSOLUTOS E RELATIVOS, POR  
SEGMENTO MODAL, NO PERÍODO 1950/79

| ANOS | RODOVIÁRIO*           |         | FERROVIÁRIO           |      | MARÍTIMO**            |      | AÉREO                 |     | TOTAL                 |           |
|------|-----------------------|---------|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|-----|-----------------------|-----------|
|      | 10 <sup>9</sup> x tkm | %       | 10 <sup>9</sup> x tkm | %    | 10 <sup>9</sup> x tkm | %    | 10 <sup>9</sup> x tkm | %   | 10 <sup>9</sup> x tkm | %         |
| 1950 | 17,3                  | 49,5    | 8,3                   | 23,8 | 9,2                   | 26,4 | 0,1                   | 0,3 | 34,9                  | 100,0     |
| 1955 | 26,9                  | 56,6    | 9,3                   | 19,5 | 11,3                  | 23,7 | 0,1                   | 0,2 | 47,6                  | 100,0     |
| 1960 | 42,0                  | 60,3    | 13,1                  | 18,8 | 14,5                  | 20,8 | 0,1                   | 0,1 | 69,6                  | 100,0     |
| 1965 | 75,0                  | 68,9    | 18,3                  | 16,8 | 15,5                  | 14,2 | 0,1                   | 0,1 | 108,9                 | 100,0     |
| 1970 | 124,5***              | 69,6*** | 30,3                  | 16,9 | 21,6                  | 12,1 | 0,2                   | 0,1 | 178,9                 | 100,0**** |
| 1975 | 204,8***              | 67,7*** | 58,9                  | 19,5 | 31,7                  | 10,5 | 0,5                   | 0,2 | 302,3                 | 100,0**** |
| 1979 | 304,5***              | 70,0*** | 73,8                  | 17,0 | 44,2                  | 10,2 | 0,9                   | 0,2 | 434,6                 | 100,0**** |

FONTE: Anuário Estatístico dos Transportes [ver MT/GEIPOT (1970/80)]:

Período 1950/68: ano de 1971;

Período 1969/74: ano de 1979; e

Período 1975/79: ano de 1980.

\* Estimado com base na evolução da frota de veículos.

\*\* Cabotagem.

\*\*\* Dados estimados pelo GEIPOT, sujeitos a retificação.

\*\*\*\* A partir de 1969 aparece o transporte dutoviário, de modo que a soma das participações percentuais de cada modalidade não mais totaliza 100%.



Antes de dar prosseguimento à análise metodológica desta pesquisa, um comentário se faz necessário sobre as projeções do consumo de gasolina no TRC. Até aproximadamente 1972, a participação dos caminhões do ciclo Otto na produção de tkm era significativa. Com a aceleração do processo de dieselização dos veículos de carga, praticamente consolidada em 1978, o mercado de novos caminhões a gasolina foi virtualmente extinto vis-à-vis o dos caminhões do ciclo diesel. Além disso, a frota sobrevivente desses veículos foi quase convertida para operar com motor diesel. Como a estimação de (2.1) envolve o período 1957/82, é necessário incluir as tct produzidas pelos caminhões a gasolina. Todavia, a partir de 1983, início do período de simulação do consumo de energia no TRC, não haveria problema algum em simular-se apenas o consumo de óleo diesel, dada a irrelevância da participação dos veículos do ciclo Otto na produção de serviços de transporte. Optou-se, nesse trabalho, por um processo de simulação segundo o qual poderia haver margem para a recuperação do mercado de caminhões a gasolina, talvez nas faixas dos caminhões leves ou médios, de acordo com o interesse dos condutores da política econômica do País. (Este assunto será explorado com mais detalhes mais adiante no texto.)

Uma vez estimado o modelo (2.1), a proposta original da pesquisa consistia em derivar o consumo de energia no TRC condicionado à frota de caminhões, através das seguintes equações:

$$CE_i(t) = e(P_i(t), F_i(t), PIB(t)), i = d, g \quad (2.2)$$

onde:

$CE_i(t)$  = consumo do combustível  $i$  no TRC no ano  $t$ ;

$F_i(t)$  = frota de caminhões que utilizam o combustível  $i$  no ano  $t$ ; e

$e$  = forma funcional a ser especificada econometricamente.

O modelo (2.2) assim formulado implica que as projeções do consumo de energia no TRC são de curto prazo, no sentido de que, fixada uma frota num determinado instante do horizonte de previsão, o consumo daquele instante é então estimado e o processo repete-se, sucessivamente, até completar-se o período em que as projeções são requeridas.

Todavia, não foi possível estimar o modelo (2.2) em virtude da dificuldade de obterem-se dados históricos de consumo de óleo diesel (e gasolina) no TRC, de modo a permitir o desenvolvimento de um trabalho econométrico satisfatório para a equação de energia. Contemplou-se, inicialmente, a possibilidade de utilização (no caso da demanda de óleo diesel) de informações sobre consumo de diesel nos postos revendedores de derivados de petróleo como proxy da variável endógena de (2.2). Infortunadamente, contudo, os dados divulgados pelo CNP<sup>3</sup> estão muito aquém do que se poderia esperar, consolidando a decisão de abandonar a idéia de estimar o modelo (2.2).

Assim sendo, o procedimento adotado, tendo em vista dar prosseguimento à pesquisa, foi derivar indiretamente o consumo futuro de energia no TRC através da seguinte identidade:

$$CE_i(t) = \frac{F_i(t) \cdot U_i(t)}{E_i(t)} \quad (2.3)$$

onde:

$U_i(t)$  = utilização da frota de caminhões do ciclo  $i$  no ano  $t$ ; e

$E_i(t)$  = eficiência energética da frota de caminhões do ciclo  $i$  no ano  $t$ .

---

<sup>3</sup>Para maiores detalhes sobre a disponibilidade de dados de consumo de energia no TRC, consultar o Apêndice II deste trabalho.

A análise dos determinantes fundamentais do consumo de energia no TRC que aparecem em (2.3) e das hipóteses adotadas para a obtenção dos resultados da pesquisa é o objetivo das próximas seções.

### 2.2.1 - Estimação da frota de caminhões, por combustível

Proceder-se-á, inicialmente, à análise do primeiro determinante do consumo de energia no TRC que aparece no numerador de (2.3) - frota de caminhões, por combustível, em circulação no País. Para projetar esta variável partiu-se do seu valor observado em 1982, de acordo com os dados de cadastro de veículos e proprietários do DNER/SERPRO. Para estimar a frota de caminhões a diesel e a gasolina em cada ano do horizonte de previsão são necessários:

- a) estimar o número de novos veículos a diesel e a gasolina a serem incorporados à frota já existente a cada ano; e
- b) sucatear a frota composta pelos veículos antigos que estão saindo de circulação em cada ano.

#### 2.2.1.1 - Estimação da venda agregada de novos caminhões, medida em tct

O primeiro passo a ser seguido para a obtenção do item a reporta-se à estimativa da demanda por capacidade de transporte dos novos veículos de carga, objetivo da análise que se segue. O modelo (2.1), utilizado para determinação da venda agregada de novos caminhões, é aqui reproduzido por conveniência:

$$VT(t) = f(P_i(t), P_{ij}(t), PIB(t))$$

De acordo com a exposição feita no Apêndice II, os organismos institucionais, assim como as entidades ligadas ao TRC, classificam usualmente os caminhões em quatro categorias, a saber: leves, médios, semipesados e pesados (esta última inclui ainda os

veículos extrapesados). Como esses veículos possuem características distintas entre si, sendo, portanto, alocados em diferentes tipos de operações, o ideal seria estimar uma equação (2.1) para cada categoria. Numa primeira abordagem, todavia, limitar-se-á apenas à análise da sua forma agregada, deixando para o Apêndice I a apresentação de alguns ensaios no sentido de refinar a metodologia ora em discussão. Assim sendo, não é conveniente utilizar a quantidade de caminhões vendidos como unidade de capital e gerar a variável  $VT(t)$  como a soma de todas as unidades vendidas em cada ano. Adotou-se como unidade alternativa a tonelada de capacidade de transporte ( $tct$ ) dos novos veículos.<sup>4</sup> Desta forma, a variável endógena no modelo (2.1) foi definida como:

$$VT(t) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^4 V_{ij}(t) \times Cg_{ij}(t) \quad (2.4)$$

onde:

$VT(t)$  = venda agregada de novos caminhões expressa na unidade  $tct$ .<sup>5</sup>

$V_{ij}(t)$  = venda de novos caminhões da categoria  $j$  e ciclo  $i$  no ano  $t$ ; e

$CG_{ij}(t)$  = capacidade de carga útil dos novos caminhões da categoria  $j$  e ciclo  $i$  no ano  $t$ .

Como não se conhece o load-factor médio dos caminhões em circulação no País, por categoria e combustível, foram utilizados os valores de  $CG_{ij}(t)$  obtidos a partir de uma agregação dos dados de capacidade de carga de caminhões informados pelos fabricantes,

<sup>4</sup>A conversão do número de caminhões vendidos em cada ano em  $tct$  tem por intuito homogeneizar os dados de vendas das diversas categorias, dado que suas respectivas capacidades de carga diferem significativamente entre si (ver Apêndice II para maiores detalhes), tendo por isso finalidades distintas no processo de prestação de serviços de transporte.

<sup>5</sup>Outras hipóteses implícitas na utilização da  $tct$  como unidade de capital não serão aqui analisadas, podendo o leitor interessado consultar o trabalho de Rezende (1983b).

a nível de modelo. Este procedimento pode ter levado a uma superestimativa da variável endógena do modelo (2.1). Para maiores detalhes sobre a construção de  $CG_{ij}(t)$  consultar a Seção A.II.3 do Apêndice II.

#### 2.2.1.2 - Estimação da venda agregada de novos caminhões, por combustível

O passo seguinte é estimar a demanda por novos caminhões diesel e gasolina. Entretanto, como o modelo (2.1) estima novas tct e não quantidade de caminhões, é necessário antes separá-las por tipo de combustível e depois convertê-las em número de veículos, a fim de proceder-se ao seu sucateamento. Enfrenta-se aqui dois sérios problemas ao adotar-se o tratamento agregado da demanda de novos caminhões. É preciso, inicialmente, encontrar uma forma para estimar individualmente as tct produzidas pela tecnologia diesel e as que se originam do ciclo Otto. Com base no trabalho desenvolvido por Pinheiro e Ramos (1984), onde foram estimadas as probabilidades de compra de caminhões diesel e gasolina nas categorias em que existe competição entre as duas tecnologias - leves e médios -, adotou-se o procedimento descrito a seguir para a separação das tct novas:

Calcularam-se, primeiramente, as tct produzidas pelos novos caminhões leves e médios com dados observados em 1982,<sup>6</sup> cujas expressões se escrevem da seguinte forma:

---

<sup>6</sup> A participação das categorias leves e médios no total das tct vem diminuindo sistematicamente desde 1970, quando seu valor agregado situava-se em torno de 75%, até alcançar 38% em 1982. Por isso, adotou-se o ano de 1982 como ponto de partida para separar as novas tct estimadas pelo modelo (2.1) por tipo de combustível.

$$VT_j(t_0) = \sum_{i=1}^2 V_{ij}(t_0) \times CG_{ij}(t) \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = \ell, m \\ t_0 = 1982 \end{array} \quad (2.5)$$

Obteve-se então a sua participação na produção total de novas tct, ou seja:

$$\alpha_j(t_0) = \frac{VT_j(t_0)}{VT(t_0)}, \quad j = \ell, m \quad (2.6)$$

Para derivar as tct produzidas pelas tecnologias gasolina e diesel, foram utilizadas as seguintes relações:

$$VT_{ij}(t_0) = \alpha_j(t_0) \cdot P(Z_j(t_0) = i) \cdot VT(t_0) \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = \ell, m \end{array} \quad (2.7)$$

onde:

$Z_j(t)$  = variável aleatória que indica se um caminhão vendido da categoria  $j$  consome diesel ou gasolina.

Com base na relação (2.7), projetaram-se as novas tct, por tipo de combustível, de acordo as seguintes relações:

$$\begin{aligned} VT_d(t) &= \alpha_\ell(t) \cdot V\hat{T}(t) \cdot P(Z_\ell(t) = d) + \\ &+ \alpha_m(t) \cdot V\hat{T}(t) \cdot P(Z_m(t) = d) + \\ &+ (1 - \alpha_\ell(t) - \alpha_m(t)) \cdot V\hat{T}(t) \quad \therefore \\ VT_d(t) &= V\hat{T}(t) \left[ \alpha_\ell(t) \cdot P(Z_\ell(t) = d) + \right. \\ &\left. + \alpha_m(t) \cdot P(Z_m(t) = d) + 1 - \alpha_\ell(t) - \alpha_m(t) \right] \quad (2.8) \end{aligned}$$

onde:

$VT_d(t)$  = novas tct diesel no ano  $t$ ;

$V\hat{T}(t)$  = novas tct estimadas pelo modelo (2.1) no ano  $t$ ;  
e

$t$  = 1983, ..., 1993.

Analogamente, as novas tct gasolina -  $VT_g(t)$  - serão da  
das por:

$$VT_g(t) = V\hat{T}(t) \left[ \alpha_\ell(t) \cdot P(Z_\ell(t) = g) + \right. \\ \left. + \alpha_m(t) \cdot P(Z_m(t) = g) \right] \quad (2.9)$$

Entretanto, a determinação da demanda por novas tct, por tipo de combustível, depende ainda de:

- a) projetar as variáveis  $\alpha_j(t)$ ,  $j = \ell, m$ ; e
- b) projetar as probabilidades  $P(Z_j(t) = i)$ ,  $j = \ell, m$ ,  $i = d, g$ .

O item a origina-se da dificuldade introduzida pelo tra  
tamento agregado da demanda de capacidade de transporte rodoviário. Neste caso, a única forma encontrada foi a elaboração de ce  
nários para as taxas de crescimento de  $\alpha_j(t)$  ( $r\alpha_j(t)$ ). Assim:

$$\alpha_j(t) = \alpha_j(t_0) (1 + r\alpha_j(t)), \quad j = \ell, m \quad (2.10)$$

No caso das probabilidades de compra de caminhões diesel e gasolina, utilizou-se, basicamente, o trabalho de Pinheiro e Ramos (1984), já referenciado nesta seção. A relação econômica por eles utilizada para explicar  $P(Z_j(t)=i)$  pode ser escrita co  
mo:



$$P(Z_j(t)=i) = p(BE_{ij}(t)), \quad i=d,g, \quad j=l,m \quad (2.11)$$

onde:

$$BE_{ij}(t) = \frac{P_{jd}(t) - P_{jg}(t)}{P_g(t) \cdot E_{jg}(t) - P_d(t) \cdot E_{jd}(t)} \quad i=d,g \quad j=l,m$$

(a variável  $BE_{ij}(t)$ , medida em km/veículo, é o break-even dos caminhões novos da categoria  $j$  e ciclo  $i$  no ano  $t$ );

$E_{ij}(t)$  = eficiência energética dos caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  (l/km); e

$p$  = distribuição de probabilidade a ser especificada.

Como a variável endógena de (2.11) é discreta no sentido de refletir a escolha de indivíduos entre duas alternativas - comprar um caminhão a diesel ou um a gasolina -, (2.11) pertence à classe dos modelos de resposta qualitativa, os quais requerem métodos especiais para a estimação dos seus parâmetros. Pinheiro e Ramos (1984) supuseram uma distribuição logística para  $p$ , resultando no seguinte modelo logit binário:

$$P(Z_j(t)=i) = \frac{1}{1 + \text{EXP} [a + b \cdot BE_{ij}(t)]} \quad \begin{array}{l} i=d,g \\ j=l,m \end{array} \quad (2.12)$$

A estimação econométrica desse modelo e os cenários estabelecidos para a sua projeção serão discutidos na Seção 3.

Para a obtenção das projeções das frotas a diesel e a gasolina no período 1983/93, é necessário ainda introduzir uma variável que reflita a evolução da capacidade média de carga dos novos veículos, por tipo de combustível. Fixado o combustível  $i$ , a relação:



$$\text{CAPN}_i(t_0) = \frac{\text{VT}_i(t_0)}{\sum_j \text{V}_{ij}(t_0)} \quad \begin{array}{l} i=d,g \\ j=l,m,s,p \end{array} \quad (2.13)$$

onde:

$$\text{VT}_i(t_0) = \sum_j \text{V}_{ij}(t_0) \cdot \text{CG}(t_0), \quad \begin{array}{l} i=d,g \\ j=l,m,s,p \end{array}$$

fornece a média ponderada da capacidade de carga dos novos caminhões que utilizam o combustível  $i$  em 1982 -  $\text{CAPN}_i(t_0)$ .

Assim, da divisão do lado esquerdo de (2.8) e (2.9) pelo de (2.13) resulta a estimativa da demanda por novos caminhões, por tipo de combustível:

$$\text{V}_d(t) = \frac{\text{VT}_d(t)}{\text{CAPN}_d(t)} \quad (2.14)$$

e:

$$\text{V}_g(t) = \frac{\text{VT}_g(t)}{\text{CAPN}_g(t)} \quad (2.15)$$

Observou-se nos últimos 10 anos um comportamento relativamente estável da variável  $\text{CAPN}_i(t)$ , de modo que suas projeções foram derivadas pela simulação de cenários da sua taxa de crescimento no horizonte de previsão do trabalho. Desta forma:

$$\text{CAPN}_i(t) = \text{CAPN}_i(t_0) (1 + \text{rcap}(t)) \quad (2.16)$$

### 2.2.1.3 - Processo de sucateamento da frota

Uma vez estimada a demanda de reposição e/ou expansão da frota de caminhões, por combustível, a determinação da frota rodante no período 1983/93, depende ainda do processo de sucateamento da frota a ser projetada. A modelagem da probabilidade de so-

brevivência de um veículo automotivo no instante  $t+T$ , dado que o mesmo foi emplacado no instante  $t$ , foi investigada no IPEA/INPES por Paes de Barros e Ferreira (1982), com ênfase especial no caso dos automóveis de passeio. Devido à sérios problemas de coleta de dados, foram necessárias várias simplificações do modelo por eles desenvolvido, resultando em:

$$P(X \geq T) = 1 - P(X < T) = h(T) \quad (2.17)$$

onde:

$X$  = tempo de vida útil do veículo;

$T$  = idade do veículo; e

$h$  = função de distribuição (acumulada) estimada economicamente.

Como proxy para o lado esquerdo de (2.17), Paes de Barros e Ferreira utilizaram:

$$P(X \geq T) \cong \frac{VS_t(t+T)}{NE(t)} \quad (2.18)$$

onde:

$VS_t(t+T)$  = número de veículos sobreviventes no ano  $t+T$ , dado que foram emplacados no ano  $t$ ; e

$NE(t)$  = número de veículos emplacados no ano  $t$ .

No caso específico dos caminhões, para determinar  $VS_t(t+T)$  Paes de Barros e Ferreira utilizaram a composição etária da frota de veículos de carga fornecida pelo cadastro de veículos e proprietários do DNER/SERPRO de 1979, que contém informações sobre caminhões emplacados no período 1963/79 e que ainda estavam em circulação no País em 31 de dezembro de 1979. Em função des-

ses dados, os novos emplacements de caminhões foram obtidos através da seguinte relação:

$$NE(t) = PRD(t) - EXP(t) + IMP(t) \quad (2.19)$$

onde:

$NE(t)$  = novos emplacements de caminhões no ano  $t$ ;

$PRD(t)$  = produção de caminhões no ano  $t$ ;

$EXP(t)$  = exportações de caminhões no ano  $t$ ; e

$IMP(t)$  = importação de caminhões no ano  $t$ .

Com base nas informações acima descritas, a função de sucateamento (2.17) foi estimada através de uma distribuição logística. Dada a precariedade dos dados, houve sérios problemas de ajuste da cauda da distribuição, o que resultou numa estimativa da vida média dos caminhões da ordem de 17 anos. Como o objetivo de Paes de Barros e Ferreira era estudar a demanda de gasolina dos automóveis de passeio, não foram investigados com maior profundidade os problemas relacionados com a classe dos veículos de carga. É importante levantar este ponto, pois não foi possível no âmbito da presente pesquisa estimar uma função de sucateamento mais apurada para os caminhões, de modo que fica o registro do fato de que a utilização da função de sucateamento do IPEA/INPES é problemática. Este é um dos pontos básicos para reflexão sobre o refinamento metodológico da pesquisa.

Isto posto, a estimativa da frota de caminhões, por combustível, em circulação no País no período 1983/93, foi obtida de acordo com os seguintes procedimentos:

$$FA_i = FA_i(t_0) \cdot (1 - h(y)) \quad (2.20)$$

onde:

$$y = \tau_i = \begin{cases} 6 & \text{se } i=d \\ 11 & \text{se } i=g \end{cases}$$

$FA_i$  = frota de caminhões do ciclo  $i$  sobreviventes em 1983;

$FA_i(t_0)$  = frota de caminhões do ciclo  $i$  em 1982; e

$h(y)$  = função de sucateamento do IPEA/INPES em função da idade  $y$  da frota.

Estimou-se em cinco e dez anos, respectivamente, a idade média da frota diesel e gasolina em 1981 com base nos dados do cadastro de veículos e proprietários da ANFAVEA/SERPRO desse mesmo ano. Como não foi possível obter os dados de 1982 junto ao GEIPOT, adquirente das informações sobre composição estária da frota, por tipo de combustível, em 31 de dezembro de 1982, admitiu-se que não houve alterações no perfil da frota. Este procedimento é necessário para permitir o início do processo de sucateamento dos veículos antigos, pois não é conhecida a frota de caminhões em 1982 por idade.

Finalmente, a estimativa da frota futura, por tipo de combustível, será dada pela seguinte expressão (ver Figura 2.3):

$$F_i(t) = \sum_{y=0}^{\infty} F_i^y(t-1) \cdot (1-h(y)) + V_i(t) \quad \begin{matrix} i=d,g \\ t=1983, \dots, 1993 \end{matrix} \quad (2.21)$$

### 2.2.2 - Estimação da utilização da frota de caminhões, por combustível

O segundo determinante do consumo de energia no TRC que aparece no numerador da identidade (2.3) é a utilização da frota de caminhões, por tipo de combustível,  $U_1(t)$ . Convém recordar que a decisão de utilizar-se essa identidade deveu-se à impossibilidade de da coleta de dados históricos de consumo de diesel e gasolina no TRC. Ao se tentar contornar uma séria dificuldade de obtenção de informações, passou-se a enfrentar outra igualmente complicada, que é o levantamento da quilometragem média anual percorrida pelos caminhões, por categoria e combustível. Apesar de existirem pesquisas amostrais realizadas pelo DNER com o objetivo de estimar a utilização da frota de caminhões no País, seus resultados não são devidamente divulgados. É um fato reconhecido que a mensuração dessa variável é extremamente difícil, uma vez que existem milhares de empresas de transporte de carga e pouco mais de um milhão de caminhões trafegando no imenso território nacional. Um outro aspecto importante da questão é a confiabilidade dos resultados dessas pesquisas. O GEIPOT, por exemplo, vem desenvolvendo desde 1980 uma pesquisa sobre o inter-relacionamento de custos rodoviários, denominado PICR, onde um dos objetivos é estimar a utilização média dos veículos de carga através de modelos econômicos com base em medições de variáveis de tráfego em determinadas rodovias [ver GEIPOT (1980)]. Embora se tentasse estimar o consumo de óleo diesel no TRC no período 1981/82 com alguns dados de utilização fornecidos por essa pesquisa, os resultados obtidos foram desanimadores. Estimaram-se valores muito superiores ao consumo total desse combustível no País naquele período.

Assim sendo, adotou-se a técnica Delphi de consulta a especialistas na área de transportes, tendo em vista estimar a quilometragem média anual percorrida pelos diversos tipos de caminhões (para maiores detalhes, consultar a Seção A.II.5 do Apêndice II). Os resultados relativos a 1982 são apresentados na Tabela 2.2, a seguir.

TABELA 2.2  
ESTIMATIVA DA UTILIZAÇÃO MÉDIA DA FROTA DE  
CAMINHÕES, POR CATEGORIA E  
COMBUSTÍVEL, EM 1982

| CATEGORIA<br>j | COMBUSTÍVEL                   |                                 |
|----------------|-------------------------------|---------------------------------|
|                | Diesel<br>U <sub>dj</sub> (t) | Gasolina<br>U <sub>gj</sub> (t) |
| Leve           | 36.000                        | 18.000                          |
| Médio          | 48.000                        | 21.000                          |
| Semipesado     | 78.000                        | -                               |
| Pesado         | 96.000                        | -                               |
| FROTA          | 45.500                        | 20.000                          |

FONTE: Consenso de especialistas em transporte.

A utilização média da frota pode ser estimada, então, pela seguinte expressão:

$$U_i(t_0) = \frac{\sum_j F_{ij}(t_0) \cdot U_{ij}(t_0)}{\sum_j F_{ij}(t_0)} \quad (2.22)$$

i=d,g  
j=l,m,s,p

onde:

$F_{ij}(t_0)$  = frota de caminhões da categoria j e combustível i fornecida pelo cadastro de veículos e proprietários do DNER/SERPRO em 31 de dezembro de 1982; e

$U_{ij}(t_0)$  = utilização média dos caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  em 1982 (para maiores detalhes sobre a construção da variável  $U_{ij}(t)$ , consultar a Seção A.II.5 do Apêndice II).

Uma outra forma de estimar a utilização média anual da frota de caminhões diesel é admitindo que o consumo de diesel no TRC representa cerca de 50% do consumo total desse derivado, que é um outro número utilizado em pesquisas de transportes.<sup>7</sup> Neste caso, pode-se escrever:

$$U_d(t) = \frac{0,50 \cdot CT_d(t) \cdot E_d(t)}{F_d(t)} \quad (2.23)$$

onde:

$CT_d(t)$  = consumo total de diesel no Brasil no ano  $t$ .

Com base nos dados históricos de eficiência energética construídos no Apêndice II, nas informações de consumo total de diesel da PETROBRÁS e na frota diesel do DNER/ANFAVEA/SERPRO do período 1977/82, obtiveram-se as estimativas para  $U_d(t)$ , apresentadas na Tabela 2.3, a seguir.

Comparando-se os dados das Tabelas 2.2 e 2.3, nota-se que as utilizações estimadas mantêm a mesma ordem de grandeza, o que mostra de certa forma que os valores aqui apresentados não são tão arbitrários como se poderia imaginar a princípio.

Foram consideradas a utilização média anual da frota es

---

<sup>7</sup>O fato é que não há como saber o volume de óleo diesel consumido no TRC, pois a maior parte é vendida nos postos de revenda situados ao longo das rodovias, sendo impossível qualquer tipo de controle. Além disso, o diesel também é comprado diretamente às empresas distribuidoras pelas empresas de carga própria, a quem o CNP controla e regula o abastecimento, mas não divulga os dados, alegando razões de sigilo. Para maiores detalhes, consultar a Seção A.II.10 do Apêndice II.



TABELA 2.3

UTILIZAÇÃO MÉDIA DA FROTA DE CAMINHÕESDIESEL EM FUNÇÃO DE SEU CONSUMOESTIMADO NO PERÍODO 1977/82

(km/ano)

| ANOS | UTILIZAÇÃO |
|------|------------|
| 1977 | 52.900     |
| 1978 | 54.200     |
| 1979 | 51.200     |
| 1980 | 47.100     |
| 1981 | 42.700     |
| 1982 | 44.400     |

NOTA: Consumo de diesel no TRC no ano  $t$  -  $CE_d(t)$  - igual a 50% do consumo total.

timada em 1982 - 45.000 km para os caminhões a diesel e 20.000 km para os caminhões a gasolina - e a hipótese<sup>8</sup> (reconhecidamente restritiva) de que:

$H_1$  = a variável utilização da frota de caminhões, por combustível -  $U_i(t)$  -, foi considerada exôgena no modelo de simulação do consumo de energia no TRC.

<sup>8</sup> É claro que a variável  $U_i(t)$  é endôgena ao sistema de atividades do TRC, e um modelo agregado para a mesma pode ser formulado como  $U_i(t) = \phi(P_i(t), PIB(t), U_i(t-1))$ . Acredita-se, porém, na necessidade de um tratamento mais desagregado desta relação econômica, pois as distâncias percorridas pelos veículos em suas diversas rotas e a frequência com que isto ocorre são decisões gerenciais das empresas de TRC que dependem do tipo de serviços que produzem e das características do setor da economia onde atuam. Assim, o ideal seria ter modelos de utilização, por categoria de caminhão, ou pelo menos setoriais.



Assim, projetou-se  $U_i(t)$  em função de cenários de simulação da sua taxa de crescimento -  $ru_i(t)$ :

$$U_i(t) = U_i(t_0) (1 + ru_i(t)) \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ t = 1983, \dots, 1993 \end{array} \quad (2.24)$$

### 2.2.3 - Estimação da eficiência energética da frota de caminhões, por combustível

Finalmente, resta descrever o método de obtenção da variável  $E_i(t)$ , que aparece no denominador de (2.3), terceiro determinante fundamental do consumo de energia no TRC. Aqui, o problema pode ser dividido em duas partes, a saber:

- a) determinação da eficiência energética média da frota de caminhões antigos; e
- b) determinação da eficiência energética dos novos veículos.

A primeira parte do problema não pôde ser resolvida devido à impossibilidade de obtenção de dados de eficiência de caminhões, por idade, ou à dificuldade de estimá-la através de alguma relação tecnológica entre variáveis de tráfego.<sup>9</sup> Por isto, assumiu-se que:

$H_2$  = a eficiência energética da frota de caminhões, por

---

<sup>9</sup> Uma tentativa foi feita com dados de cross-section publicados pela Revista BR (nº 188, jun. 1983), onde foram medidas as eficiências de uma frota de 50 Scania no trecho Uruguaiana-Buenos Aires, com diferentes quilometragens percorridas e diferentes volumes de carga transportada, desde o veículo vazio até a sua capacidade máxima de carga útil. O período de medição cobriu cerca de um ano. Os resultados, porém, não permitiram inferir relação alguma entre eficiência, capacidade de carga e idade do veículo, esta última variável medida em quilômetros.

combustível, é igual à dos novos veículos incorporados à mesma a cada ano.

Foram realizados alguns ensaios preliminares a fim de estimar a eficiência dos novos veículos através de uma relação econômica, segundo a qual admite-se que a mesma é função do preço da energia e do motor novo, ou seja, os fabricantes reagiriam a constantes aumentos do preço da energia produzindo veículos energeticamente mais eficientes, a um preço maior ao consumidor, porém compensado pela redução dos custos de energia, de modo a estimular a aquisição desses veículos. O modelo estatístico a ser estimado a partir da relação econômica estabelecida é

$$E_i(t) = S(P_i(t), P) \quad (2.25)$$

onde:

$$PM_i(t) = \left[ \sum_j PM_{ij}(t) \cdot PRD_{ij}(t) \right] / \sum_j \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = l, m, s, p \end{array}$$

$PM_{ij}(t)$  = preço real do motor do combustível  $i$ ; da categoria  $j$  e combustível

$PRD_{ij}(t)$  = produção de caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ; e

$S$  = curva em forma de S para  $p$  e inovações tecnológicas.

As funções mais utilizadas nesse tipo de previsão são:

a)  $Y = L / (1 + a \cdot \text{EXP}(-bx))$  (Logística);

b)  $Y = L \cdot \text{EXP}(-a \cdot \text{EXP}(-bx))$  (Gompertz);

c)  $Y = \text{EXP}(a - (b/x))$ .

A análise destes ensaios será apresentada na Seção 3.

O outro método para projetar-se  $E_i(t)$  baseia-se nas taxas de crescimento histórico desta variável no período em análise, considerando-se o ano de 1982 como ponto de partida para derivar as suas projeções, de acordo com a simulação de cenários dessas taxas. Neste caso, tem-se:

H 3 = A eficiência energética da frota de caminhões, por combustível, foi considerada exógena no modelo de simulação do consumo de energia no TRC.

Assim sendo, pode-se escrever:

$$E_i(t) = E_i(t_0) \cdot (1 + re_i(t)) \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ t = 1983, \dots, 1993 \end{array} \quad (2.26)$$

onde:

$re_i(t)$  = taxa de crescimento médio da eficiência energética dos caminhões novos no ano  $t$ .

### 3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 3.1 - Considerações iniciais

Serão discutidos nesta seção os principais resultados da pesquisa. A dificuldade de obtenção de uma base de dados quantitativa e qualitativamente compatível com a complexidade de uma pesquisa desta natureza fez com que a concepção teórica inicial do estudo fosse alterada, dando origem à metodologia descrita na Seção 2.

Tendo em vista as limitações inerentes ao tratamento agregado da demanda de novas tct (modelo (2.1)), foram realizados alguns ensaios preliminares com o objetivo de obter estimativas de (2.1), desagregadas por categoria, os quais serão reportados no Apêndice I.

#### 3.2 - Modelo de demanda agregada por novas tct

Várias especificações envolvendo as variáveis de política econômica foram formuladas com o intuito de estimar o modelo de demanda por capacidade de transporte rodoviário dos novos veículos. A forma funcional que melhor se ajustou às séries históricas que compõem a base de dados do IPEA/INPES foi a que estabelece uma relação linear entre os logaritmos das variáveis do modelo. Segundo esta forma, as elasticidades-renda e preço são diretamente obtidas a partir dos coeficientes estimados.

Partiu-se, inicialmente, de um modelo econométrico estático, cuja formulação pode ser escrita como:

$$\ln VT(t) = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln PIB(t) + \beta_2 \ln P_d(t) + \beta_3 \ln P_g(t) + \beta_4 \ln PC_d(t) + \beta_5 \ln PC_g(t) \quad (3.1)$$

onde:

$PC_i(t)$  = preço real médio dos caminhões do ciclo  $i$ ,  $i = d, g$

No entanto, todas as especificações formuladas no sentido de tratar os efeitos preço de energia e de capital individualmente resultaram insatisfatórias do ponto de vista estatístico. Assim sendo, construiu-se uma variável que incorporasse ambos os efeitos, internalizando-os numa única elasticidade-preço a ser estimada econometricamente.

A idéia de criar-se uma única variável de preço (de energia mais capital) originou-se da análise das planilhas de custos operacionais de caminhões publicadas pela Revista Transporte Moderno (vários números), que contêm informações detalhadas sobre coeficientes técnicos associados a gastos com insumos produtivos do TRC. Com base nesses dados, construiu-se uma proxy para o preço do frete, dando origem à seguinte variável:

$$PT(t) = \left[ \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^4 C_{ij}(t) \cdot PRD_{ij}(t) \right] / \left[ \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^4 PRD_{ij}(t) \right] \quad (3.2)$$

onde:

$PT(t)$  = custo médio real da tct dos novos caminhões no ano  $t$ , por tkm; e

$C_{ij}(t)$  = custo da tct/tkm do caminhão da categoria  $j$  e ciclo  $i$  no ano  $t$ .

Para maiores detalhes sobre a construção dessa variável, consultar a Seção A.2.7 do Apêndice II.

Finalmente, o modelo econométrico utilizado para projetar a demanda por novas tct tem a seguinte equação:

$$\ln VT(t) = 11,388090 + 0,740463 \ln PIB(t) - 1,202280 \ln PT(t) \quad (3.3)$$

(25,991)      (8,853)      (-4,648)

$R^2 = 0,883$ ;  $DW = 1,7574$ ; <sup>1</sup> período de estimação = 1957/82.

<sup>1</sup>Corrigido pelo procedimento AUTOREG disponível no software SAS, implantado no computador do IBGE.

O leitor interessado em consultar uma pequena digressão sobre o modelo econômico subjacente ao modelo estatístico (3.3), segundo uma concepção estrutural sobre reposição e expansão de estoque de caminhões, pode reportar-se ao Apêndice III.

Devido à natureza inercial do estoque de veículos de carga, dada a rigidez de expansão ou contração da capacidade de transporte da frota de caminhões, é razoável supor que o mesmo responda lentamente às variações das medidas de política econômica, ou seja, não se espera mudanças bruscas na capacidade de transporte do TRC em curtos períodos de tempo. O mesmo poderia ser dito em relação à demanda por novas tct numa economia em regime de steady-state. No caso brasileiro, porém, a condição de estacionaridade não se verifica, de modo que o modelo (3.3), estimado com dados históricos que englobam períodos de grande crescimento econômico, bem como pelo menos três anos de recessão, não pode ser considerado adequado para derivar projeções cobrindo longos períodos de tempo. A utilização de (3.3) requer, neste caso, a correção das suas elasticidades para refletir as mudanças estruturais do TRC e/ou conjunturais da economia ao longo do tempo.

### 3.2.1 - Análise teórica do TRC de curto e longo prazos

#### 3.2.1.1 - Elasticidade-renda de curto e longo prazos

De acordo com a breve exposição feita no Apêndice III, a elasticidade-renda da demanda de novas tct pode ser dividida em duas partes, a saber: de expansão ( $\beta_1^e$ ), associada às variações do PIB ( $\Delta\text{PIB}$ ) e de reposição ( $\beta_1^r$ ), associada ao PIB propriamente dito. Do ponto de vista teórico, é razoável supor que  $\beta_1^e < 1$  no curto prazo, pois se o produto real sofre uma variação de  $\Delta\text{PIB}$ , o TRC não deve reagir instantaneamente, variando sua frota na mesma proporção, uma vez que as empresas de transporte de carga podem realocar seus insumos produtivos de modo a produzir as tkm geradas pelo PIB com a mesma frota, aumentando (ou diminuindo), por exemplo, a utilização dos caminhões via uso mais intensivo de mão-de-obra. No longo prazo, porém, a persistir um padrão contínuo de

desempenho econômico do País, elas devem variar sua frota proporcionalmente às variações continuadas do produto real. A elasticidade-renda de reposição ( $\beta_1^R$ ) depende, basicamente, do tempo médio de vida útil dos veículos, podendo ser considerada como uma elasticidade quase tecnológica. É lógico que o processo de renovação da frota é mais lento ou mais rápido, dependendo dos indicadores de crescimento econômico. De qualquer forma, é difícil fazer inferências sobre o seu comportamento de curto e longo prazos com base nos dados desta pesquisa.

### 3.2.1.2 - Elasticidade-preço de curto e longo prazos

A variável  $PT(t)$  incorpora efeitos de custo de energia e capital de forma agregada. No entanto, é possível separar as componentes de custo variável (energia) e custo fixo (capital) a partir das informações analisadas no Apêndice II (ver Tabela A.II-10). A partir desses dados, verificou-se que o custo variável responde, em média, por cerca de 1/3 do custo total, enquanto que o custo fixo absorve os 2/3 restantes. Admitindo-se que estes percentuais permitem, de fato, separar os efeitos de preço de energia e de capital, pode-se escrever:

$$\beta_2^E = \frac{1}{3} \cdot \beta_2 = \frac{1}{3} (-1,20) = -0,40$$

e:

$$\beta_2^K = \frac{2}{3} \cdot \beta_2 = \frac{2}{3} (-1,20) = -0,80$$

Como não foram considerados todos os itens de custo variável - apenas combustíveis e lubrificantes -, é de se esperar que  $\beta_2^E$  esteja superestimada. Com relação à elasticidade-preço de capital aqui derivada, o erro cometido na estimação de  $\beta_2^K$  é menor, uma vez que a única parcela relevante desconsiderada foi Salários dos Motoristas e Leis Sociais.

Conforme já foi mencionado na Seção 2 deste trabalho o modelo (3.3), versão final de (2.1), não incorpora variáveis que per



mita uma análise explícita dos processos de substituição e/ou complementaridade intermodal. Entretanto, este fenômeno pode ser analisado observando-se o comportamento das projeções da frota de caminhões, por tipo de combustível. Por exemplo, se os estoques de capacidade de transporte a diesel e a gasolina estão diminuindo, ao mesmo tempo em que a atividade econômica está em ascensão, isto significa, ceteris paribus, que o efeito-preço de demanda de novas tct está atuando de tal forma que a venda de novos veículos, estimada a partir de (3.3), não é suficiente para repor os que foram sucateados, ou seja, o TRC estaria produzindo menos tkm via redução da sua frota, caso a utilização e o load-factor dos caminhões permaneçam constantes.

Seguindo este raciocínio, é razoável supor que o TRC seja mais sensível a preço no curto prazo. Isto porque as empresas de transporte de carga (as ETC por exemplo), se pressionadas por aumentos significativos de preço de capital e energia num curto espaço de tempo, poderiam, ao invés de repassar automaticamente para o frete todos os aumentos de custo, tentar substituir estes insumos contratando carreteiros autônomos, reduzindo a utilização e aumentando o load-factor dos caminhões ou, eventualmente, ofertando menos serviços de transporte. Estes procedimentos poderiam aumentar a sua competitividade no mercado.

No longo prazo, contudo, a necessidade de repasse ao frete de contínuos impactos de preço dos insumos produtivos do setor poderia levar à redução da venda de novos caminhões e, conseqüentemente, da frota e da tct ofertada pelo setor, caso se utilize uma elasticidade-preço de -1,20 para projetar a demanda de novas tct num horizonte de tempo muito longo. Para ilustrar esta argumentação, estendeu-se o processo de simulação além de 1993 até o ano 2000. Os resultados obtidos mostraram que haveria significativa redução das novas tct (já convertidas em número de veículos, por tipo de combustível) nos cenários básicos de PIB e de preço de energia a serem introduzidos mais adiante.

A redução da tct total ofertada pelo TRC significaria, ceteris paribus, redução da quantidade de tkm produzidas pelo se-



tor, i.e., transferências de cargas para os demais concorrentes modais.<sup>2</sup>

Assim, a utilização de (3.3) para projetar a demanda por novas tct sem a devida correção das suas elasticidades, num horizonte cobrindo longos períodos de tempo, fornece resultados cuja interpretação vai perdendo significado, à medida que se avança no horizonte de previsão.

A natureza estática de (3.3) motivou a tentativa de estimação de um modelo que incorporasse algum ajuste dinâmico da demanda de novas tct.<sup>3</sup>

<sup>2</sup>Acredita-se que, ceteris paribus, o crescimento da frota de caminhões efetivamente em circulação no País, isto é, já sucateada, indica que o TRC está, pelo menos, preservando a sua participação no mercado de serviços de transporte, se a sua utilização e o load-factor mantêm-se num regime estável.

<sup>3</sup>Sua equação se escreve como:

$$\begin{aligned} \ln VT(t) = & 7,840672 + 0,372338 \ln PIB + 0,390830 \ln VT(t-1) - \\ & (5,5093) \quad (3,1263) \quad (2,9145) \\ & - 1,204081 \ln PT(t) \\ & (2,9145) \end{aligned}$$

$R^2 = 0,93$ ; H-DURBIN = 1,1747; período de estimação = 1957/82.

Os coeficientes deste modelo foram estimados através de um algoritmo não-linear, disponível do software GIVE implantado no Laboratório de Computação Científica-(LCC).

Sua especificação permite estimar as elasticidades-renda e preço de longo prazo, de acordo com as seguintes relações:

$$\beta_k^l = \frac{\beta_k}{1-\alpha}, \quad k = 1,2$$

onde:

$\alpha$  = coeficiente de velocidade de ajuste dinâmico da demanda de capacidade de transporte rodoviário.

Com base no valor estimado de  $\alpha$  (0,39), estimaram-se as seguintes elasticidades de longo prazo:

$$\beta_1^l = 0,61$$

e:

$$\beta_2^l = 1,98$$

Os resultados obtidos mostraram que a especificação dinâmica de (3.3), introduzindo-se a variável endógena defasada de um ano no modelo, o torna inadequado para projetar a demanda por novas tct, pois segundo as elasticidades-renda e preço estimadas a partir do modelo, o TRC torna-se muito mais sensível ao preço (de energia mais capital) no longo prazo, tese não corroborada nesta pesquisa. Desta forma, a sua utilização leva a resultados de difícil interpretação econômica de longo prazo, tendo sido por isto abandonado.

### 3.3 - Projeções da frota de caminhões, por combustível

#### 3.3.1 - Projeções das vendas de novos caminhões, por combustível

Uma vez projetada a demanda por novas tct, a estimativa da frota de caminhões, por combustível pode ser obtida de acordo com a metodologia apresentada na Subseção 2.2. Como a variável endógena do modelo (3.3) é uma agregação de todas as categorias de caminhões, sem especificação do tipo de combustível, é necessário separar a tct total dos novos veículos em diesel e gasolina. Isto só se tornou possível graças ao trabalho de Pinheiro e Ramos (1984), onde foram investigados os determinantes da competitividade entre as duas tecnologias nas faixas de caminhões leves e médios. De acordo com as relações (2.12), foram estimadas as probabilidades de compra de veículos a gasolina e a diesel, segundo os seguintes modelos logit binários:

$$P(Z_{\ell}(t) = g) = \frac{1}{1 + \text{EXP} \left[ \frac{3,99858 - 0,002939 \text{ BE}_{gl}(t)}{(240,507) (-209,710)} \right]} \quad (3.4)$$

onde os números entre parênteses são os testes t assintóticos (período de estimação = 1959/82).

Como os modelos econométricos de resposta qualitativa são, via de regra, heterocedásticos, a sua estimação através do método de mínimos quadrados ordinários não é aconselhada. Pinhei-

ro e Ramos os estimaram, então, pela técnica de máxima verossimilhança.<sup>4</sup>

O segundo modelo por eles estimado para determinar a probabilidade de compra de caminhões médios a gasolina não pôde ser utilizado neste trabalho, pois o ajuste da distribuição logística forneceu uma cauda muito grossa no período final (1978/82) dos dados históricos por eles utilizados. Isto deve-se ao fato de que o processo de dieselização praticamente se consolidou em 1978, de modo que a proporção das vendas de veículos leves e médios a gasolina reduziu-se a partir desse ano a menos de 5% do total de caminhões novos vendidos no País (ver Tabela A.II.2 no Apêndice II). Assim sendo, procurou-se alternativamente estimar o mesmo modelo pelo método de Berkson,<sup>5</sup> resultando na seguinte equação (estimada também no TROLL):

$$P(Z_m(t) = g) = \frac{1}{1 + \text{EXP} \left[ \frac{25,58280 - 2,20727 \ln BE_{gm}(t)}{9,56749 \quad (-9,41498)} \right]} \quad (3.5)$$

$R^2 = 0,79$ ;  $DW = 1,98$ ;<sup>6</sup> período de estimação 1957/82

Para derivar as novas tct diesel e gasolina,  $\hat{VT}_d(t)$  e  $VT_g(t)$ , respectivamente, é necessário ainda a elaboração de cenários para as taxas de crescimento -  $\alpha_j(t)$  - das participações das faixas leves e médios na formação da tct total dos novos caminhões. Este procedimento não será mais necessário quando forem utilizados modelos de demanda de novas tct desagregadas por cate

<sup>4</sup>Disponível no software: TROLL, implantado no computador do IBGE.

<sup>5</sup>Este método caracteriza-se, basicamente, pela formação de células (no caso, anos) onde se utiliza as suas frequências relativas como estimadores das probabilidades requeridas em cada célula e uma transformação que lineariza o modelo logit, estimando-se em seguida a sua forma linearizada pelo método de mínimos quadrados generalizados.

<sup>6</sup>Corrigido por um processo auto-regressivo de segunda ordem, cuja equação se escreve como:

$$u(t) = 0,6828 u(t-1) - 0,5965 u(t-2) + \epsilon_t$$

goria (no Apêndice I este ponto será investigado com mais detalhe). Considerou-se no presente trabalho que:

$$ra_j(t) = 0, j = l, m, t = 1983, \dots, 1993 \quad (3.6)$$

ou seja, admitiu-se que as proporções de venda dos novos veículos de cada categoria não se modificarão no horizonte de previsão. É oportuno mencionar, no entanto, que o processo de simulação das taxas de crescimento das variáveis supostas exógenas é automático, sendo possível modificá-lo imediatamente, de modo a implementar qualquer cenário das variáveis que compõem o modelo de demanda de energia no TRC.

Uma vez definido o método de previsão das proporções  $\alpha_j(t)$ , utilizaram-se as equações (2.8) e (2.9) na estimação de  $\hat{VT}_d(t)$  e  $\hat{VT}_g(t)$ , respectivamente. Como (3.3) depende de variáveis de política econômica, as projeções da demanda agregada por novas tct -  $\hat{VT}(t)$  - foram obtidas a partir de cenários para as taxas de crescimento real dessas variáveis no período 1983/93. No caso do Índice do produto real, tendo em vista facilitar a análise dos resultados, foram elaborados apenas dois cenários básicos de PIB - médio e otimista (o primeiro tem sido utilizado nos estudos do Banco Mundial e o segundo é uma pequena variação deste). Com relação ao comportamento futuro do preço real do diesel e da gasolina, foram consideradas três hipóteses de crescimento - pessimista, médio e otimista -, do ponto de vista daqueles que demandam diesel e gasolina. Os cenários de preço da gasolina foram obtidos a partir dos cenários de preço de diesel. Assim, as projeções das variáveis exógenas de (3.3) foram derivadas das seguintes relações:

$$PIB(t) = PIB(t_0) (1 + rip(t)), \quad \begin{array}{l} t_0 = 1982 \\ t = 1983, \dots, 1993 \end{array} \quad (3.7)$$

$$P_d(t) = P_d(t_0) (1 + rpd(t)) \quad (3.8)$$

$$P_g(t) = P_j(t_0) \cdot rpr(t) \quad (3.9)$$

$$P_{ij}(t) = P_{ij}(t_0) (1 + r_{pc_{ij}}(t)) \quad (3.10)$$

onde:

$r_{ip}(t)$  = taxa de crescimento do índice do produto real no ano  $t$ ;

$r_{ipd}(t)$  = taxa de crescimento do preço real do diesel no mercado interno no ano  $t$ ;

$r_{pr}(t)$  = razão entre o preço real da gasolina e do diesel no ano  $t$ ; e

$r_{pc_{ij}}(t)$  = taxa de crescimento do preço médio real dos caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ .

Nas relações que aparecem em (3.10), o preço médio real dos caminhões foi mantido constante no horizonte de previsão- $r_{pc_{ij}}(t) = 0$ . Este procedimento tem por intuito facilitar a análise dos efeitos renda e preço de energia sobre a demanda de novas tct. Para avaliar o impacto hipotético da preservação (ou até mesmo o aumento) da frota de caminhões a gasolina no consumo de diesel do TRC, simulou-se através da variável  $r_{pr}(t)$  um processo de reversão da política de preços relativos de energia favorável à gasolina. A Tabela 3.1 apresenta os cenários básicos a cima descritos.

Conforme discutido na Subseção 2.2, nas equações (3.4) e (3.5) a variável exógena  $BE_{ij}(t)$ ,  $i = d, g$  e  $j = l, m$  é função dos preços de energia e capital. Desta forma, as projeções das probabilidades de compra de caminhões leves e médios, por combustível, foram derivadas de acordo com os mesmos cenários ilustrados na Tabela 3.1.

Obtidas as projeções da demanda de novas tct, por tipo de combustível, o passo seguinte é convertê-las em número de novos caminhões a serem incorporados às frotas antigas a diesel e a gasolina, utilizando-se para isto as relações (2.14) e (2.15). As projeções da capacidade média de carga útil dos novos cami-

TABELA 3.1

## CENÁRIOS PARA AS VARIÁVEIS DE POLÍTICA ECONÔMICA

| ANOS | (% a.a.) |         |         |         |         |         |         |         |
|------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|      | ripm(t)  | ripo(t) | rpdp(t) | rpdm(t) | rpdo(t) | rprp(t) | rprm(t) | rpro(t) |
| 1983 | -0,032   | -0,032  | 0,03    | 0,02    | 0,00    | 1,50    | 1,50    | 1,50    |
| 1984 | +0,03    | +0,05   | 0,03    | 0,02    | 0,00    | 1,43    | 1,43    | 1,40    |
| 1985 | 0,03     | 0,05    | 0,03    | 0,02    | 0,00    | 1,43    | 1,41    | 1,35    |
| 1986 | 0,04     | 0,05    | 0,03    | 0,02    | 0,00    | 1,43    | 1,39    | 1,30    |
| 1987 | 0,05     | 0,07    | 0,03    | 0,02    | 0,00    | 1,43    | 1,37    | 1,25    |
| 1988 | 0,05     | 0,07    | 0,03    | 0,02    | 0,00    | 1,43    | 1,35    | 1,20    |
| 1989 | 0,056    | 0,076   | 0,03    | 0,02    | 0,00    | 1,43    | 1,33    | 1,15    |
| 1990 | 0,056    | 0,076   | 0,03    | 0,02    | 0,00    | 1,43    | 1,31    | 1,10    |
| 1991 | 0,056    | 0,076   | 0,05    | 0,03    | 0,00    | 1,43    | 1,29    | 1,05    |
| 1992 | 0,056    | 0,076   | 0,05    | 0,03    | 0,00    | 1,43    | 1,27    | 1,00    |
| 1993 | 0,056    | 0,076   | 0,05    | 0,03    | 0,00    | 1,43    | 1,25    | 0,95    |

Observações:

- ripm(t) = taxa de crescimento real do PIB no cenário médio no ano t;  
 ripo(t) = taxa de crescimento real do PIB no cenário otimista no ano t;  
 rpdp(t) = taxa de crescimento real do preço do diesel no cenário pessimista no ano t;  
 rpdm(t) = taxa de crescimento real do preço do diesel no cenário médio no ano t;  
 rpdo(t) = taxa de crescimento real do preço do diesel no cenário otimista no ano t;  
 rprp(t) = preço relativo gás/diesel no cenário pessimista no ano t;  
 rprm(t) = preço relativo gás/diesel no cenário médio no ano t; e  
 rprg(t) = preço relativo gás/diesel no cenário otimista no ano t.



nhões foram obtidas através da simulação de cenários da sua taxa de crescimento. Para efeito deste trabalho, considerou-se que  $rcap(t) = 0$  ( $t = 1983, \dots, 1993$ ), ou seja, a capacidade média de carga nos novos veículos não deverá alterar-se no horizonte de previsão da pesquisa. Este cenário, ilustrado na Tabela 3.2, pode ser considerado plausível em médios períodos de tempo, pois os dados históricos observados no período 1972/82 (ver Tabela A.II. 3 no Apêndice II) mostram uma relativa estabilidade desta variável.

### 3.3.2 - Sucateamento da frota de caminhões por combustível.

A última etapa do processo de estimação da frota de caminhões, por tipo de combustível, é o sucateamento dos veículos antigos. Devido à dificuldade de estimar-se uma função de sucateamento com informações mais atualizadas, utilizou-se a obtida por Paes de Barros e Ferreira (1982), estimada a partir de dados de 1979. Cumpre observar que esta função não foi especificada por tipo de tecnologia, de modo que está implícita a hipótese de que o processo de envelhecimento dos caminhões a gasolina é igual ao dos caminhões a diesel. Outro ponto importante, já apontado na Subseção 2.2, é a "lentidão" com que os caminhões são eliminados da frota, segundo  $h(y)$ , o valor esperado da idade média de um caminhão é de 16,77 anos, quando o consenso dos especialistas em transporte reporta um valor de aproximadamente oito anos. A função de sucateamento utilizada neste trabalho é:

$$h(y) = \text{EXP} \left[ \begin{array}{cc} 4,32329 & - 0,258548 \cdot y^{-1} \\ (0,3516) & (0,0364) \end{array} \right] \quad (3.11)$$

$$R^2 = 0,78; \text{ DW} = 2,40; \text{ período de estimação} = 1963/70$$

onde:  $y$  = idade do caminhão,  $t = 1, 2, \dots$ , e os números entre parênteses são os desvios-padrão dos estimadores.



TABELA 3.2

CENÁRIOS PARA AS TAXAS DE CRESCIMENTO DAS DEMAIS VARIÁVEIS DO MODELO DE  
SIMULAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NO TRC

| ANOS | (% a.a.)       |           |           |               |           |           |          |          |
|------|----------------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|----------|----------|
|      | $ra_{\ell}(t)$ | $ra_m(t)$ | $rcap(t)$ | $rpc_{ij}(t)$ | $ru_d(t)$ | $ru_g(t)$ | $e_d(t)$ | $e_g(t)$ |
| 1983 | 0,00           | 0,00      | 0,00      | 0,00          | 0,00      | 0,00      | 0,00     | 0,00     |
| 1984 | 0,00           | -         | -         | -             | 0,00      | -         | -        | -        |
| 1985 | -              | -         | -         | -             | -         | -         | -        | -        |
| 1986 | -              | -         | -         | -             | -         | -         | -        | -        |
| 1987 | -              | -         | -         | -             | -         | -         | -        | -        |
| 1988 |                |           |           |               |           |           |          |          |
| 1989 |                |           |           |               |           |           |          |          |
| 1990 |                |           |           |               |           |           |          |          |
| 1991 |                |           |           |               |           |           |          |          |
| 1992 |                |           |           |               |           |           |          |          |
| 1993 | 0,00           | 0,00      | 0,00      | 0,00          | 0,00      | 0,00      | 0,00     | 0,00     |

OBSERVAÇÕES:

$ra_j(t)$  = taxa de crescimento da participação da categoria j na formação da tct total no ano t,  
j =  $\ell$ , m;

$rcap(t)$  = taxa de crescimento da capacidade média de carga útil dos caminhões no ano t;

$ru_j(t)$  = taxa de crescimento da utilização da frota de caminhões do ciclo i no ano t;

$re_i(t)$  = taxa de crescimento da eficiência energética da frota de caminhões no ciclo i no ano t; e

$rpc_{ij}(t)$  = preço real dos caminhões da categoria j e combustível i no ano t.

Finalmente, as projeções da frota de caminhões foram geradas pela relação (2.21).<sup>7</sup>

Nas Tabelas 3.3 a 3.6 são apresentadas as projeções de vendas e frotas de caminhões a diesel e a gasolina. Observa-se, inicialmente, que os cenários de PIB estabelecem a retomada do crescimento econômico do País a partir de 1984, de acordo com as estimativas de desempenho da economia brasileira no primeiro semestre deste ano.

Na análise que se segue do modelo de simulação do consumo de energia no TRC serão focalizados apenas os cenários médio e otimista de PIB e de preço real de energia.

### 3.3.3 - Cenários médios de PIB e preço real de energia.

No caso do mercado de caminhões a gasolina, observa-se no cenário médio de preço de energia da Tabela 3.6 uma ligeira queda na frota em 1984. Isto se deve ao fato de que o acréscimo de vendas ocasionado pela política de reversão de preços relativos de energia não é suficiente para repor a depreciação do estoque de 1983 para 1984. Como a função de sucateamento depende apenas da idade do veículo, este fenômeno desaparece a partir de 1985, e a frota de caminhões a gasolina experimenta um processo de crescimento cada vez mais lento até 1989, ao mesmo tempo em que a depreciação do estoque acelera-se, pois a grande maioria dos veículos tem idade avançada e o acréscimo de novos veículos à frota é muito pequeno em relação ao seu tamanho. A partir de 1990 as vendas tornam-se declinantes pelo caráter dominan

---

<sup>7</sup>Uma crítica feita por ocasião da apresentação de um seminário sobre esta pesquisa baseou-se no fato de que, sendo o processo de sucateamento exógeno, dependendo apenas da idade do veículo, o modelo de demanda de novas tct deveria ser estimado com a variável endógena já sucateada, porque as suas projeções dependem dos cenários do PIB e a função  $h(y)$  não os acompanha. Este inconveniente é de difícil correção, mas acredita-se que não seja grave, porquanto existem limitações mais sérias na própria função de sucateamento utilizada nesta pesquisa.

te do efeito-preço sobre o efeito-renda (ver Tabela 3.4), atuando também no sentido de reduzir a frota do ciclo Otto.

A frota a diesel, por outro lado, manifesta uma tendência de crescimento contínuo em todo o horizonte de previsão (ver Tabela 3.5). Para isto colaboram:

a) a constante renovação da frota de caminhões do ciclo diesel ao longo do período 1957/82, resultando numa idade média no final de 1982 muito menor do que a dos veículos a gasolina (ver Subseção 2.2.1.3); e

b) o acréscimo de novos caminhões diesel à frota existente no horizonte de projeção é bem mais significativo, relativamente ao seu tamanho, do que no caso da frota a gasolina, conforme é ilustrado nas Tabelas 3.3 e 3.4.

Observe-se que de 1991 em diante as vendas de caminhões diesel passam a diminuir. Não obstante, a frota ainda mantém um ritmo (menor) de crescimento positivo.

Comparando-se a evolução das frotas a diesel e a gasolina dentro do contexto metodológico desta pesquisa, isto é, à luz do processo de simulação aqui desenvolvido, pode-se dizer que as empresas do TRC supostamente passariam a ofertar menos capacidade de transporte dos veículos a gasolina, substituindo-a pela dos caminhões a diesel no período 1990/93, caso seja mantido o poder de competição do setor. O que se pode inferir da combinação desses cenários é que a simulação da política de reversão de preços relativos de energia em favor da gasolina não seria suficiente para estimular o crescimento contínuo da sua frota em todo o período de projeção.

#### 3.3.4 - Cenário médio de PIB e otimista de preço real de energia

No cenário otimista de preço de energia, ambas as frotas exibem uma tendência contínua de crescimento, assim como as

TABELA 3.3

PROJEÇÕES DAS VENDAS DE NOVOS CAMINHÕES A DIESEL, SEGUNDO  
OS CENÁRIOS DE PIB E PREÇO REAL DE ENERGIA

| ANOS | PIB MÉDIO       |                 |                 | PIB OTIMISTA    |                 |                 |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|      | VP <sub>d</sub> | VM <sub>d</sub> | VO <sub>d</sub> | VP <sub>d</sub> | VM <sub>d</sub> | VO <sub>d</sub> |
| 1983 | 42.472          | 42.619          | 42.914          | 42.472          | 42.619          | 42.914          |
| 1984 | 42.489          | 42.787          | 43.269          | 43.098          | 43.400          | 43.890          |
| 1985 | 42.602          | 43.015          | 43.711          | 43.833          | 44.258          | 44.974          |
| 1986 | 42.841          | 43.427          | 44.386          | 44.705          | 45.316          | 46.317          |
| 1987 | 43.134          | 43.992          | 45.305          | 45.644          | 46.552          | 47.941          |
| 1988 | 43.078          | 44.368          | 46.165          | 46.225          | 47.611          | 49.539          |
| 1989 | 42.724          | 44.705          | 47.173          | 46.487          | 48.643          | 51.328          |
| 1990 | 41.737          | 44.782          | 48.137          | 46.049          | 49.408          | 53.110          |
| 1991 | 39.530          | 44.371          | 49.041          | 44.224          | 49.640          | 54.865          |
| 1992 | 36.407          | 43.651          | 49.837          | 41.300          | 49.518          | 56.535          |
| 1993 | 32.400          | 42.640          | 50.438          | 37.268          | 49.048          | 58.017          |

OBSERVAÇÕES:

VP<sub>d</sub>(t) = venda de novos caminhões a diesel no cenário pessimista de preço real de energia no ano t;

VM<sub>d</sub>(t) = venda de novos caminhões a diesel no cenário médio de preço real de energia no ano t; e

VO<sub>d</sub>(t) = venda de novos caminhões a diesel no cenário otimista de preço real de energia no ano t.

TABELA 3.4

PROJEÇÕES DAS VENDAS DE NOVOS CAMINHÕES A GASOLINA, SEGUNDO  
OS CENÁRIOS DE PIB E PREÇO REAL DE ENERGIA

| ANOS | PIB MÉDIO       |                 |                 | PIB OTIMISTA    |                 |                 |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|      | VP <sub>g</sub> | VM <sub>g</sub> | VO <sub>g</sub> | VP <sub>g</sub> | VM <sub>g</sub> | VO <sub>g</sub> |
| 1983 | 1.966           | 2.010           | 2.102           | 1.966           | 2.010           | 2.102           |
| 1984 | 2.145           | 2.243           | 2.615           | 2.176           | 2.275           | 2.652           |
| 1985 | 2.032           | 2.266           | 2.964           | 2.091           | 2.332           | 3.050           |
| 1986 | 1.931           | 2.302           | 3.404           | 2.015           | 2.402           | 3.552           |
| 1987 | 1.838           | 2.349           | 3.964           | 1.945           | 2.486           | 4.194           |
| 1988 | 1.735           | 2.389           | 4.653           | 1.862           | 2.563           | 4.993           |
| 1989 | 1.628           | 2.430           | 5.538           | 1.771           | 2.644           | 6.026           |
| 1990 | 1.504           | 2.460           | 6.667           | 1.660           | 2.714           | 7.356           |
| 1991 | 1.301           | 2.421           | 8.129           | 1.455           | 2.708           | 9.094           |
| 1992 | 1.095           | 2.368           | 10.047          | 1.242           | 2.686           | 11.398          |
| 1993 | 891             | 2.303           | 12.576          | 1.025           | 2.650           | 14.466          |

OBSERVAÇÕES:

VP<sub>g</sub>(t) = venda de novos caminhões a gasolina no cenário pessimista de preço real de energia no ano t;

VM<sub>g</sub>(t) = venda de novos caminhões a gasolina no cenário médio de preço real de energia no ano t; e

VO<sub>g</sub>(t) = venda de novos caminhões a gasolina no cenário otimista de preço real de energia no ano t.

TABELA 3.5

PROJEÇÕES DA FROTA DE CAMINHÕES A DIESEL, SEGUNDO OS CENÁRIOS DE PIB E PREÇO REAL DE ENERGIA

(Número de Veículos)

| ANOS | PIB MÉDIO           |                     |                     | PIB OTIMISTA        |                     |                     |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|      | FP <sub>d</sub> (t) | FM <sub>d</sub> (t) | FO <sub>d</sub> (t) | FP <sub>d</sub> (t) | FM <sub>d</sub> (t) | FO <sub>d</sub> (t) |
| 1983 | 782.589             | 782.736             | 783.031             | 782.589             | 782.736             | 783.031             |
| 1984 | 811.869             | 812.311             | 813.084             | 812.438             | 812.225             | 813.705             |
| 1985 | 849.942             | 850.792             | 852.251             | 851.772             | 852.637             | 854.124             |
| 1986 | 886.975             | 888.402             | 890.804             | 890.645             | 892.113             | 894.584             |
| 1987 | 922.684             | 924.953             | 928.644             | 928.822             | 931.183             | 935.017             |
| 1988 | 956.303             | 959.839             | 965.289             | 965.525             | 969.246             | 974.969             |
| 1989 | 987.042             | 992.523             | 1.000.384           | 999.935             | 1.005.772           | 1.014.121           |
| 1990 | 1.013.692           | 1.922.158           | 1.033.289           | 1.030.767           | 1.039.900           | 1.051.860           |
| 1991 | 1.034.379           | 1.047.591           | 1.063.270           | 1.055.973           | 1.070.419           | 1.087.473           |
| 1992 | 1.047.490           | 1.067.795           | 1.089.481           | 1.073.747           | 1.096.245           | 1.120.122           |
| 1993 | 1.051.424           | 1.081.736           | 1.110.967           | 1.082.253           | 1.116.272           | 1.148.841           |

OBSERVAÇÕES:

FP<sub>d</sub>(t) = frota de caminhões a diesel para o cenário pessimista de preço real de energia no ano t;

FM<sub>d</sub>(t) = frota de caminhões a diesel para o cenário médio de preço real de energia no ano t; e

FO<sub>d</sub>(t) = frota de caminhões a diesel para o cenário otimista de preço real de energia no ano t.

TABELA 3.6

PROJEÇÕES DA FROTA DE CAMINHÕES A GASOLINA, SEGUNDO  
OS CENÁRIOS DE PIB E PREÇO REAL DE ENERGIA

(Número de Veículos)

| ANOS | PIB MÉDIO           |                     |                     | PIB OTIMISTA        |                     |                     |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|      | FP <sub>g</sub> (t) | FM <sub>g</sub> (t) | FO <sub>g</sub> (t) | FP <sub>g</sub> (t) | FM <sub>g</sub> (t) | FO <sub>g</sub> (t) |
| 1983 | 148.325             | 148.369             | 148.461             | 148.325             | 148.369             | 148.461             |
| 1984 | 147.967             | 148.108             | 148.571             | 147.998             | 148.140             | 148.608             |
| 1985 | 149.240             | 149.614             | 150.768             | 149.329             | 149.711             | 150.890             |
| 1986 | 150.201             | 150.941             | 153.183             | 150.373             | 151.137             | 153.452             |
| 1987 | 150.802             | 152.045             | 155.876             | 151.079             | 152.376             | 156.373             |
| 1988 | 150.967             | 152.850             | 158.904             | 151.368             | 153.351             | 159.735             |
| 1989 | 150.609             | 153.275             | 162.374             | 151.149             | 153.985             | 163.684             |
| 1990 | 149.620             | 153.214             | 166.425             | 150.310             | 154.172             | 168.410             |
| 1991 | 147.814             | 152.491             | 171.269             | 148.652             | 153.726             | 174.198             |
| 1992 | 145.077             | 150.979             | 177.231             | 146.055             | 152.519             | 181.478             |
| 1993 | 141.307             | 148.552             | 184.781             | 142.406             | 150.421             | 190.871             |

OBSERVAÇÕES:

FP<sub>g</sub>(t) = frota de caminhões a gasolina para o cenário pessimista de preço real de energia no ano t;

FM<sub>g</sub>(t) = frota de caminhões a gasolina para o cenário médio de preço real de energia no ano t; e

FO<sub>g</sub>(t) = frota de caminhões a gasolina para o cenário otimista de preço real de energia no ano t.



vendas de veículos diesel e gasolina, indicando que um mercado não estaria afetando o outro. A hipótese de que o preço real do óleo diesel acompanhará um regime estacionário é muito otimista. Também é discutível a hipótese de que os preços relativos gasolina-diesel serão declinantes segundo a lei de formação aqui estipulada, caso o sejam. Cabe dizer, porém, que ambas as hipóteses correspondem a políticas de preço extremas, cuja simulação também fornece resultados interessantes para análise. Nesta combinação de cenários observa-se a eficácia de uma política de reversão de preços relativos favorável à gasolina, no sentido de reaquecer o mercado de caminhões do ciclo Otto.

A análise correspondente às combinações do cenário otimista do PIB com os cenários médio e otimista de preço de energia é similar à realizada nas Subseções 3.3.3 e 3.3.4, respectivamente. Os resultados obtidos são essencialmente os mesmos, registrando-se apenas que as projeções de frota nessas combinações são ligeiramente superiores.

#### 3.4 - Projeções da utilização da frota, por combustível

De acordo com a metodologia desenvolvida na Subseção 2.2, a carência de dados observados impossibilitou endogeneizar a variável utilização da frota, por tipo de combustível -  $U_i(t)$ . Foram feitas então algumas estimativas com base num consenso de especialistas em transporte, a partir das quais resultaram os valores de 45.000 km/ano e de 20.000 km/ano para as quilometragens médias percorridas pelas frotas a diesel e a gasolina, em 1982, respectivamente. Tomando-as como ponto de partida, estabeleceu-se um cenário para as taxas de crescimento de  $U_i(t)$  no período 1983/93, obtendo-se assim suas projeções de acordo com a relação (II.24).

Numa primeira aproximação, considerou-se como nula a taxa de crescimento de  $U_i(t)$ . A princípio, este cenário parece ser pouco plausível, mas a análise que se segue mostra que den-

tro do modelo de simulação do consumo de energia no TRC esta hipótese é razoável.<sup>8</sup> Partindo-se da idéia de que a deficiência introduzida no modelo, pelo fato de que a utilização dos caminhões não estar vinculada às variáveis de política econômica,<sup>9</sup> pode ser atenuada através da compatibilização dos cenários aqui utilizados, a seguinte argumentação é esclarecedora: se há um cenário em que aumentos de PIB e preço real de energia útil implicam aumento da frota que demanda esta energia, pode-se dizer então que a sua utilização também varia positivamente? Não necessariamente, pois a metodologia aqui desenvolvida não é adequada para responder a esta questão, envolvendo muitos aspectos econômicos que não puderam ser focalizados. Por exemplo, as condições do mercado podem estar estimulando a capitalização das empresas de transporte de carga, através do aumento de suas frotas. Neste caso, elas podem produzir mais tkm geradas pelo PIB sem obrigatoriamente aumentar a utilização de seus veículos. Poderia até mesmo ocorrer uma redução da quilometragem percorrida pelos caminhões, desde que o aumento da frota fosse suficiente para atender à nova capacidade de transporte demandada pelos aumentos do PIB. Suponha-se agora que a frota do TRC diminui em resposta a variações positivas no PIB e no preço da energia. Nesta situação, como se comporta a utilização dos caminhões? Se o setor sustenta a sua participação no mercado de transporte, é de se esperar que as empresas aumentem o uso de seus veículos. Observe-se que em ambos os casos elas podem, paralelamente, tentar melhorar os seus sistemas de operação, detectando, por exemplo, rota ou tipos de serviços que diminuam o retorno vazio dos caminhões, buscando com isto aumentar o load-factor dos veículos. Estariam, assim, substituindo capital e/ou energia por maior eficiência na produção de tkm.

A argumentação acima mostra que as deficiências introduzidas pela simulação de cenários da variável endógena  $U_i(t)$  so mente podem ser corrigidas de duas formas:

<sup>8</sup> Além disso, facilita a análise dos efeitos das variáveis de política econômica no modelo de simulação da demanda de energia no TRC, pois, se todas as dimensões que afetam o consumo de diesel e gasolina no setor variam ao mesmo tempo, torna-se impossível identificar os seus impactos individuais.

<sup>9</sup> É razoável supor que exista uma relação entre  $U_i(t)$ , o nível de atividade econômica e o preço real da energia útil, isto é corrigido pela eficiência energética dos caminhões, além de outros fatores.

a) formulando-se um modelo tentativo para  $U_i(t)$  em função de variáveis de política econômica - basicamente, PIB, preço de energia e utilização defasada de um ano; e

b) modelando-se o mercado de transporte como um todo, de modo a estimar a evolução futura da participação do TRC no volume total de tkm transportadas no País, o qual necessitaria também ser projetado.

Ficam aqui registrados estes dois pontos para reflexão sobre o aprofundamento da pesquisa, de acordo com as metas do IPEA/INPES de curto e médio prazos.

### 3.5 - Projeções de eficiência energética da frota por combustível

No que diz respeito à variável eficiência energética dos novos veículos, foram realizados alguns ensaios preliminares no sentido de endogeneizá-la no modelo de simulação da demanda de energia do TRC. Na Subseção 2.2 foi sugerida uma relação econômica (2.25) para explicar a inovação tecnológica nos ciclos diesel e Otto dos novos caminhões. Como não foi possível obter dados sobre a evolução do preço real médio dos motores a diesel e a gasolina, utilizou-se como proxy o preço médio dos caminhões, por tipo de combustível. As formas funcionais ajustadas foram basicamente, a logística e a de Gompertz, tendo sido obtidos alguns modelos econométricos estatisticamente aceitáveis.<sup>10</sup>

<sup>10</sup>Suas equações se escrevem como:

$$E_d(t) = \frac{1}{1 + \text{EXP} \left[ \begin{array}{cc} -0,434289 & - 0,045947 P_d(t) \\ (-2,2415) & (-6,2410) \end{array} \right]}$$

$$R^2 = 0,69; \text{ DW} = 1,17; \text{ período de estimação} = 1957/82$$

e:

$$E_g(t) = \frac{2,3}{1 + \text{EXP} \left[ \begin{array}{cc} 1,626107 & - 1,022316 \ln P_g(t) \\ (2,1698) & (-4,6299) \end{array} \right]}$$

$$R^2 = 0,47; \text{ DW} = 1,80; \text{ período de estimação} = 1957/82$$

Os números que aparecem nos numeradores desses modelos são as eficiências energéticas assintóticas dos novos caminhões a diesel e a gasolina, respectivamente, assumidas para tornar linearizável a curva logística. As estatísticas  $R^2$  mostram que os mesmos não fornecem bom ajuste, indicando provavelmente algum problema de especificação. A sua seleção foi feita com base no valor estimado da eficiência em 1982 com o menor resíduo.

Estes ensaios mostraram que ainda é necessário um pouco mais de reflexão no sentido de conceber um modelo mais adequado para a eficiência energética dos novos caminhões, através da busca de uma variável (econômica e/ou tecnológica) que reflita mais razoavelmente o processo de inovação tecnológica nos motores a diesel e a gasolina.<sup>11</sup> A utilização do preço real do caminhão não acrescentou maior poder de explicação aos modelos estimados, provavelmente porque suas variações decorrem das interações entre oferta e demanda, bem como dos custos de produção, não sendo possível captar a possível correlação entre o preço do motor e a sua eficiência do ponto de vista energético.

Assim sendo, utilizou-se a relação (2.26), segundo a qual um cenário para a taxa de crescimento de  $E_i(t)$  foi elaborado fazendo  $re_i(t) = 0$  ( $t = 1983, \dots, 1993$ ).

Como, pela hipótese H2, a eficiência média da frota de caminhões é a mesma que a dos novos veículos, este cenário é bastante discutível,<sup>12</sup> tendo sido utilizado ao longo de todo o horizonte de previsão apenas para facilitar a análise dos impactos de preço real de energia e de PIB no modelo de simulação do consumo de energia no TRC. A Tabela 3.2 ilustra os cenários de  $E_i(t)$ , bem como os de  $\alpha_j(t)$ ,  $CAPN_i(t)$  e  $U_i(t)$ , variáveis já analisadas na Subseção 3.3.

---

<sup>11</sup>Neste sentido, a abordagem mais recomendada é o tratamento desagregado da eficiência energética dos caminhões, por categoria, dado que o consumo de combustível, por quilômetro rodado, varia muito entre as diversas faixas. Por outro lado, os dados observados, por modelo de caminhão, mostram que houve muito pouca inovação nos motores dos ciclos Otto e diesel no período 1957/82. Entretanto, comparando-se este parâmetro tecnológico entre os diversos fabricantes, observam-se diferenças significativas na qualidade dos motores. Como predominam no mercado os veículos mais eficientes e a variável  $E_i(t)$  foi calculada por média ponderada pela produção dos caminhões, a sua série histórica reflete as mudanças decorrentes das variações da participação das empresas montadoras no mercado, bem como as alterações no porte dos caminhões demanda dos pelos serviços de transporte ao longo do tempo.

<sup>12</sup>Mas consistente com o cenário de estabilidade da participação de cada categoria na venda total de caminhões no horizonte de previsão deste trabalho.

### 3.6 - Projeções do consumo de energia no TRC, por combustível

De acordo com a exposição feita na Subseção 2.1, as projeções do consumo de energia no TRC foram derivadas a partir da simulação de cenários básicos de referência das variáveis que aparecem do lado direito da identidade (2.3), aqui reproduzida por conveniência:

$$CE_i(t) = \frac{F_i(t) \cdot U_i(t)}{E_i(t)}$$

As Subseções 3.1 a 3.5 estiveram voltadas para a discussão dos procedimentos utilizados para obter as projeções de frota, utilização e eficiência energética dos caminhões, por tipo de combustível. Antes de proceder-se à apresentação das projeções do consumo de diesel e gasolina no TRC, é importante ressaltar que a metodologia desenvolvida nesta pesquisa, a partir das informações contidas no Apêndice II, permitiu derivar projeções razoáveis para a variável  $F_i(t)$  do ponto de vista teórico. A passagem crucial de  $F_i(t)$  para  $CE_i(t)$  exigiu a utilização de cenários para as variáveis endógenas  $U_i(t)$  e  $E_i(t)$ , conforme apontado em diversas partes deste texto.

As Tabelas 3.7 e 3.8 mostram as projeções do consumo de diesel e gasolina no TRC no período 1983/93, respectivamente. Tendo em vista facilitar a interpretação dos resultados ilustrados na Tabela 3.7, convém informar que o consumo de gasolina foi expresso em diesel - equivalente, mediante a seguinte transformação:

$$DE_g(t) = CE'_g(t) \cdot (E_g(t)/E_d(t))$$

onde:

$CE'_g(t)$  = consumo de gasolina (propriamente dito) no TRC no ano t.



De acordo com este procedimento, o impacto do consumo de gasolina,<sup>13</sup> da frota de caminhões do ciclo Otto na demanda de óleo diesel no TRC, seria no máximo de 7%, nos cenários médios de PIB e preço real de energia e médio de PIB e otimista de preço real de energia.

A natureza de curto prazo do modelo (3.3) leva a que a sua utilização para derivar projeções de longo prazo de vendas de novos caminhões, por combustível (ver Tabelas 3.3 e 3.4), produza valores decrescentes a partir de 1993 nos cenários médio e pessimista de preço de energia, o que se reflete diretamente na frota projetada, conforme mencionado anteriormente. Como as variáveis  $U_i(t)$  e  $E_i(t)$  foram supostas invariantes no tempo, é óbvio que as projeções do consumo de energia no TRC variam proporcionalmente com a evolução da frota, conforme pode ser constatado na relação (2.3). Assim sendo, as taxas de crescimento do consumo de diesel e de gasolina simuladas nos cenários refletem o comportamento dos estoques dos ciclos Diesel e Otto, respectivamente.

Isto posto, pode-se tecer algumas considerações acerca da tendência das projeções de consumo aqui derivadas. Observa-se que as taxas médias de crescimento anual do consumo de diesel e gasolina no TRC foram de 3,0 e 0,0% a.a., respectivamente, nos ce-

---

<sup>13</sup> Em verdade, verifica-se que, não obstante os dados do cadastro de veículos e proprietários da TRU registrarem a existência de uma frota de caminhões a gasolina de 174.000 veículos em 1982, praticamente todos foram convertidos para o ciclo diesel, e atualmente a venda dos novos é muito pouco representativa, além do fato de que estes veículos devem ter uma utilização muito pequena e em serviços de pouca relevância na produção das tkm geradas pelo PIB.

Assim sendo, a simulação do consumo de energia no TRC baseou-se numa situação hipotética em que os motores do ciclo Otto fossem preservados. De acordo com alguns cenários de reversão da política de preços relativos de energia (o preço real dos caminhões foi mantido fixo) favorável à gasolina, haveria uma reação do mercado de caminhões do ciclo Otto no sentido de aumentar as vendas desses veículos, podendo até mesmo proporcionar um aumento da sua frota.

nários médios das variáveis de política econômica. A pouca representatividade da segunda taxa se deve ao fato de que a frota de caminhões do ciclo Otto cresce muito lentamente no período 1983/89, passando a declinar de 1990 em diante, resultando numa taxa média de crescimento anual do consumo de gasolina praticamente nula, dado que a utilização e a eficiência energética da frota estão fixas. Este fenômeno não ocorreria no cenário otimista de preço real de energia. Para esta política de reversão de preços relativos de combustíveis, a taxa média de crescimento anual correspondente seria de 2,0% a.a. no período 1983/93. Esta é a tendência de evolução simulada da frota de caminhões do ciclo Otto, indicando que no cenário otimista de preço real de energia, i.e., preço real do óleo diesel constante e preço relativo gasolina/diesel caindo linearmente a partir de 1984 (ver Tabela 3.1), haveria um reaquecimento do mercado de caminhões a gasolina.

Para facilitar a visualização das projeções apresentadas nas Tabelas 3.7 e 3.8, foram construídos os Gráficos 3.1 a 3.4, correspondentes aos cenários estabelecidos no modelo de simulação da demanda de energia no TRC.

Para finalizar esta seção, foi construída a Tabela 3.9, contendo as projeções do consumo total de energia (expressa em óleo diesel) no TRC no período 1983/93, objetivo principal da pesquisa. Para facilitar a análise dos resultados, foram tabelados apenas os valores obtidos na combinação dos cenários médios de PIB e preço real de energia. Conforme discutido em várias partes do texto, há fortes evidências de que a frota sobrevivente de caminhões do ciclo Otto foi quase toda convertida para operar com diesel. Assim sendo, independente da existência ou não de caminhões a gasolina circulando no País, o processo de simulação fornece duas frotas, uma do ciclo diesel, com certeza, e outra hipoteticamente do ciclo Otto. As projeções de consumo de gasolina reportadas na Tabela 3.8, expressas em diesel-equivalente, do ponto de vista de eficiência energética, somadas com as da Tabela 3.7, fornecem o consumo total de energia no TRC. Observe-se que, não obstante as hipóteses impostas na metodologia da pesquisa, os valores ilustra



dos na Tabela 3.9 são razoáveis, se comparados com os dados publicados no Balanço Energético Nacional (BEN) [ver MME (1983)] e com os do Anuário Estatístico do CNP (ver Tabela A.2.14 do Apêndice II).

TABELA 3.7

PROJEÇÕES DO CONSUMO DE ÓLEO DIESEL NO TRC,  
SEGUNDO OS CENÁRIOS DE FROTA, UTILIZAÇÃO E  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS CAMINHÕES A DIESEL

( $10^6$  m<sup>3</sup>)

| ANOS | PIB MÉDIO            |                      |                      | PIB OTIMISTA         |                      |                      |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|      | CEP <sub>d</sub> (t) | CEM <sub>d</sub> (t) | CEO <sub>d</sub> (t) | CEP <sub>d</sub> (t) | CEM <sub>d</sub> (t) | CEO <sub>d</sub> (t) |
| 1983 | 9,60                 | 9,60                 | 9,60                 | 9,60                 | 9,60                 | 9,61                 |
| 1984 | 9,96                 | 9,97                 | 9,98                 | 9,97                 | 9,98                 | 9,98                 |
| 1985 | 10,43                | 10,44                | 10,46                | 10,45                | 10,46                | 10,48                |
| 1986 | 10,88                | 10,90                | 10,93                | 10,93                | 10,95                | 10,98                |
| 1987 | 11,32                | 11,35                | 11,40                | 11,40                | 11,43                | 11,47                |
| 1988 | 11,73                | 11,78                | 11,85                | 11,85                | 11,89                | 11,96                |
| 1989 | 12,11                | 12,18                | 12,28                | 12,27                | 12,34                | 12,44                |
| 1990 | 12,44                | 12,54                | 12,68                | 12,65                | 12,76                | 12,91                |
| 1991 | 12,69                | 12,85                | 13,05                | 12,96                | 13,14                | 13,34                |
| 1992 | 12,85                | 13,10                | 13,37                | 13,18                | 13,45                | 13,74                |
| 1993 | 12,90                | 13,27                | 13,63                | 13,28                | 13,70                | 14,10                |

OBSERVAÇÕES:

CEP<sub>d</sub> (t) = consumo de diesel no TRC para o cenário pessimista de preço real de energia no ano t;

CEM<sub>d</sub> (t) = consumo de diesel no TRC para o cenário médio de preço real de energia no ano t; e

CEO<sub>d</sub> (t) = consumo de diesel no TRC para o cenário otimista de preço real de energia no ano t.

TABELA 3.8

PROJEÇÕES DO CONSUMO\* DE GASOLINA NO TRC EM DIESEL-EQUIVALENTE,  
SEGUNDO OS CENÁRIOS DE FROTA, UTILIZAÇÃO E EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA DOS CAMINHÕES A GASOLINA

(10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)

| ANOS | PIB MÉDIO            |                      |                      | PIB OTIMISTA         |                      |                      |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|      | CEP <sub>g</sub> (t) | CEM <sub>g</sub> (t) | CEO <sub>g</sub> (t) | CEP <sub>g</sub> (t) | CEM <sub>g</sub> (t) | CEO <sub>g</sub> (t) |
| 1983 | 0,81                 | 0,81                 | 0,81                 | 0,81                 | 0,81                 | 0,81                 |
| 1984 | 0,81                 | 0,81                 | 0,81                 | 0,81                 | 0,81                 | 0,81                 |
| 1985 | 0,81                 | 0,82                 | 0,82                 | 0,81                 | 0,82                 | 0,82                 |
| 1986 | 0,82                 | 0,82                 | 0,84                 | 0,82                 | 0,82                 | 0,84                 |
| 1987 | 0,82                 | 0,83                 | 0,85                 | 0,82                 | 0,83                 | 0,85                 |
| 1988 | 0,82                 | 0,83                 | 0,87                 | 0,83                 | 0,84                 | 0,87                 |
| 1989 | 0,82                 | 0,84                 | 0,89                 | 0,82                 | 0,84                 | 0,89                 |
| 1990 | 0,82                 | 0,84                 | 0,91                 | 0,82                 | 0,84                 | 0,92                 |
| 1991 | 0,81                 | 0,83                 | 0,93                 | 0,81                 | 0,84                 | 0,95                 |
| 1992 | 0,79                 | 0,82                 | 0,97                 | 0,80                 | 0,83                 | 0,99                 |
| 1993 | 0,77                 | 0,81                 | 1,01                 | 0,78                 | 0,82                 | 1,04                 |

\* O consumo de gasolina foi convertido em diesel-equivalente multiplicando-se os valores obtidos pela razão entre as eficiências energéticas médias dos caminhões a diesel e a gasolina, isto é,  
 $CE_g(t) \cdot CE_g(t) \cdot E_g(t)/E_d(t)$ .

## OBSERVAÇÕES:

CEP<sub>g</sub> (t) = consumo de gasolina (em diesel-equivalente) no TRC para o cenário pessimista de preço real de energia no ano t;

CEM<sub>g</sub> (t) = consumo de gasolina (em diesel-equivalente) no TRC para o cenário médio de preço real de energia no ano t; e

CEO<sub>g</sub> (t) = consumo de gasolina (em diesel-equivalente) no TRC para o cenário otimista de preço real de energia no ano t.

TABELA 3.9

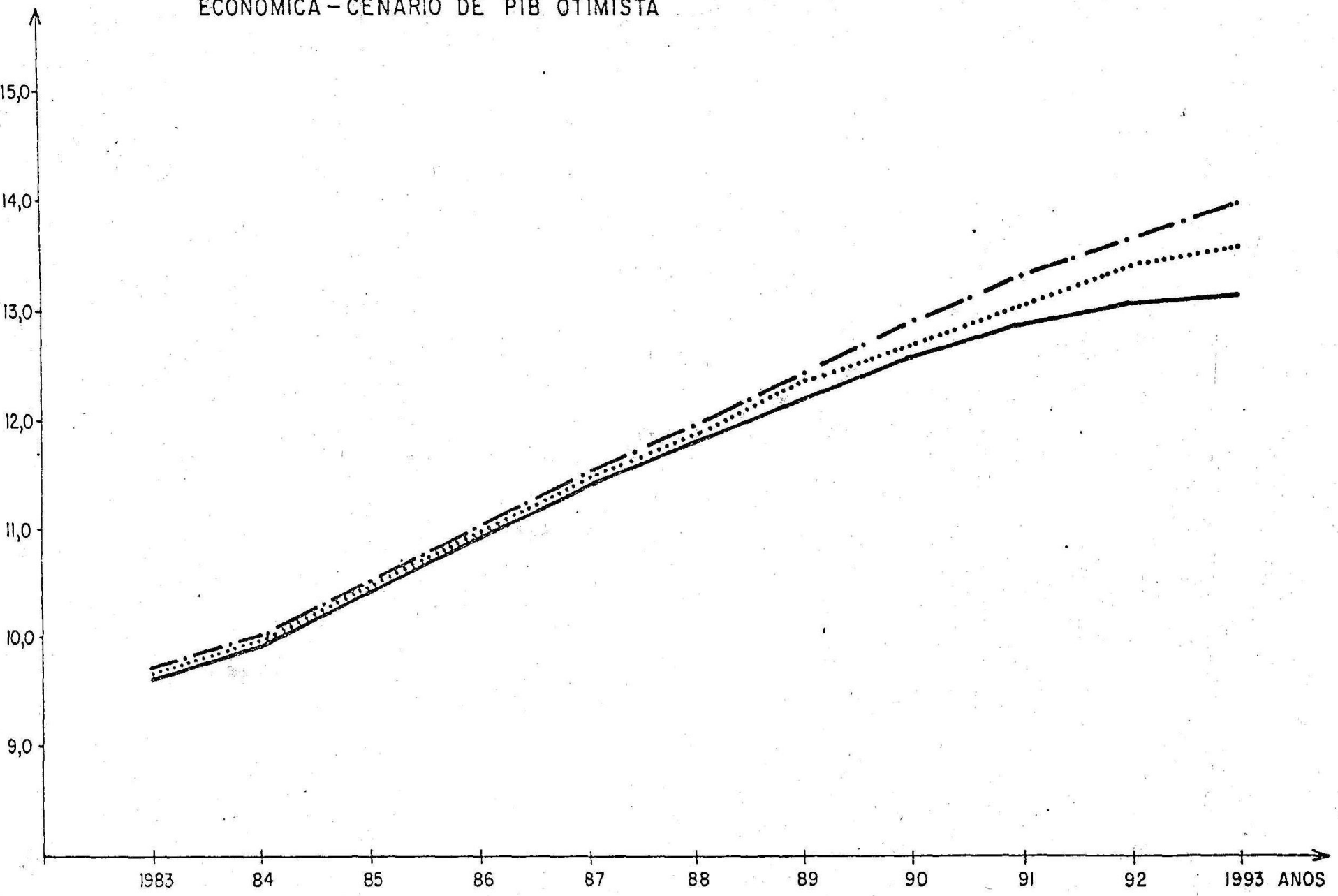
PROJEÇÕES DO CONSUMO TOTAL DE ENERGIA NO TRC, SEGUNDO  
OS CENÁRIOS MÉDIOS DE PIB E PREÇO REAL DE ENERGIA

|      | (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de óleo diesel) |
|------|---|
| ANOS | CONSUMO TOTAL                                   |
| 1983 | 10,4  |
| 1984 | 10,8  |
| 1985 | 11,3  |
| 1986 | 11,7  |
| 1987 | 12,2  |
| 1988 | 12,6  |
| 1989 | 13,0  |
| 1990 | 13,4  |
| 1991 | 13,7  |
| 1992 | 13,9  |
| 1993 | 14,1  |

INFEES, XXXI/85

Consumo  
(10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)

Gráfico III - 1  
CONSUMO DE DIESEL NO TRC, SEGUNDO OS CENÁRIOS DAS VARIÁVEIS DE POLÍTICA  
ECONÔMICA - CENÁRIO DE PIB OTIMISTA

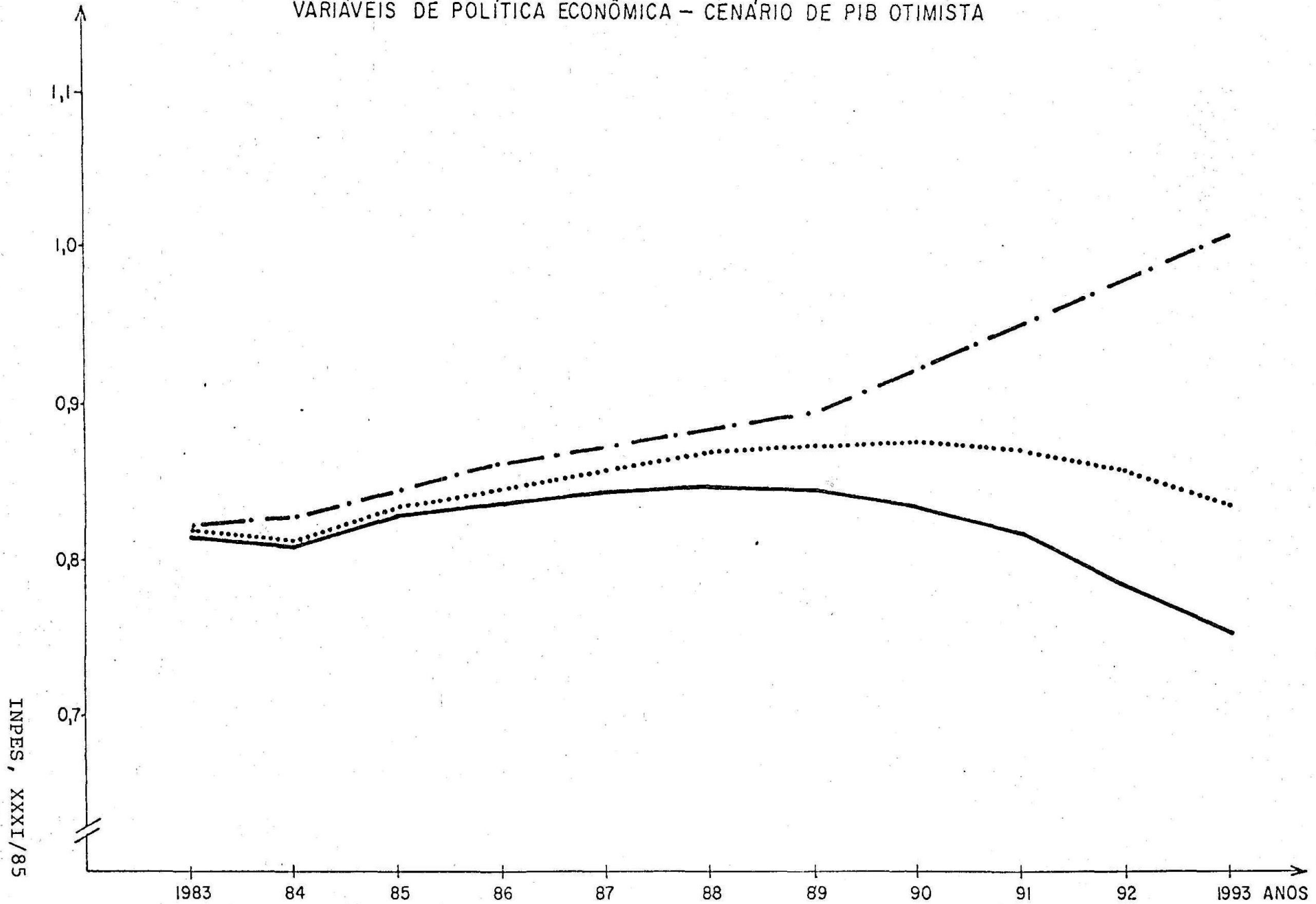


Legenda {  
—— CONSUMO DE ÓLEO DIESEL PARA O CENÁRIO PESSIMISTA DE PREÇOS DE DIESEL  
..... CONSUMO DE ÓLEO DIESEL PARA O CENÁRIO MÉDIO DE PREÇOS DE DIESEL  
- - - CONSUMO DE ÓLEO DIESEL PARA O CENÁRIO OTIMISTA DE PREÇOS DE DIESEL

Consumo  
(10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)

Gráfico III . 2

CONSUMO DE GASOLINA NO TRC, EM DIESEL EQUIVALENTE, SEGUNDO OS CENÁRIOS DAS  
VARIÁVEIS DE POLÍTICA ECONÔMICA - CENÁRIO DE PIB OTIMISTA

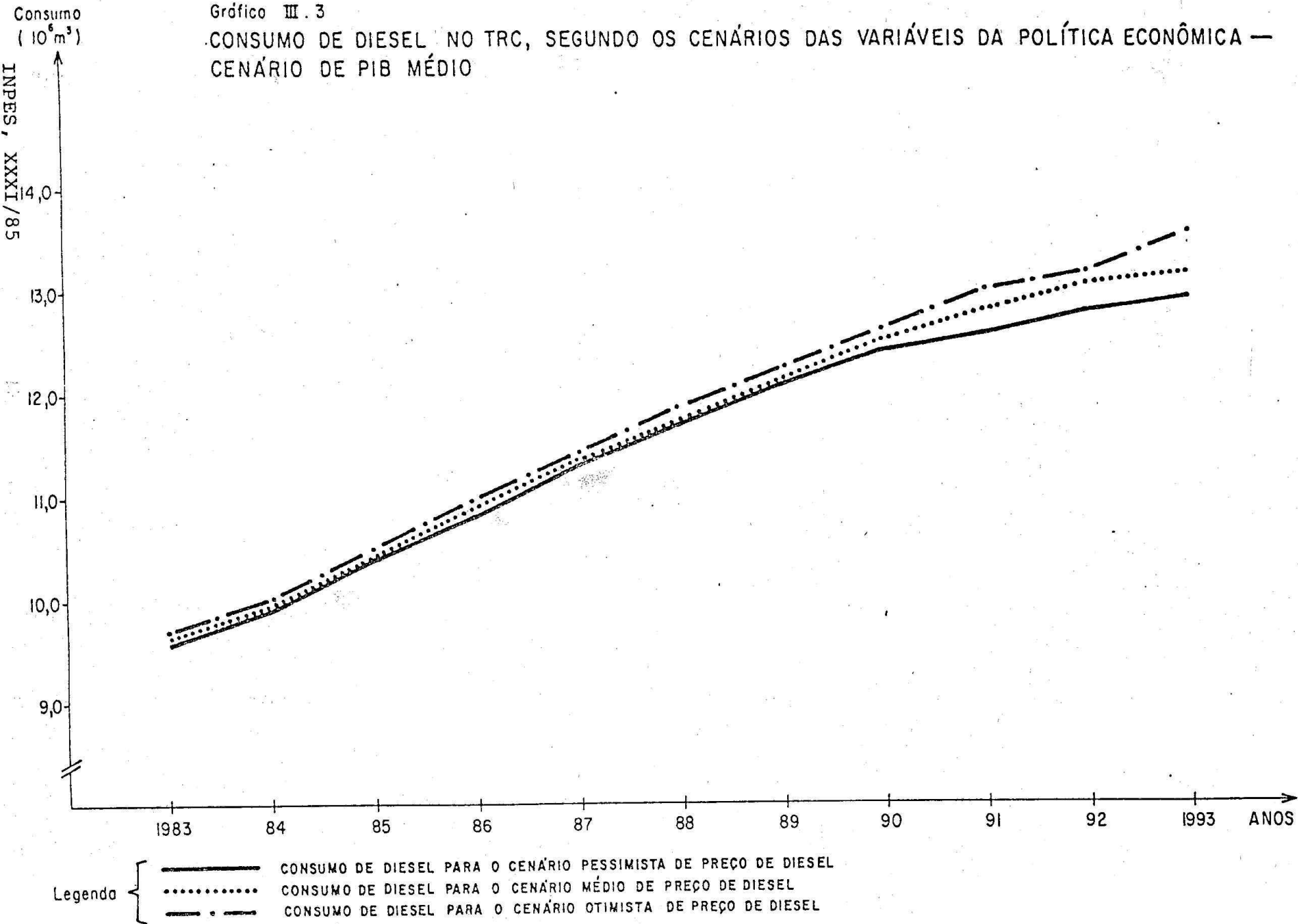


Legenda

- CONSUMO DE GASOLINA PARA O CENÁRIO PESSIMISTA DE PREÇO DA GASOLINA
- ..... CONSUMO DE GASOLINA PARA O CENÁRIO MÉDIO DE PREÇO DA GASOLINA
- .-.- CONSUMO DE GASOLINA PARA O CENÁRIO OTIMISTA DE PREÇO DA GASOLINA

Gráfico III.3

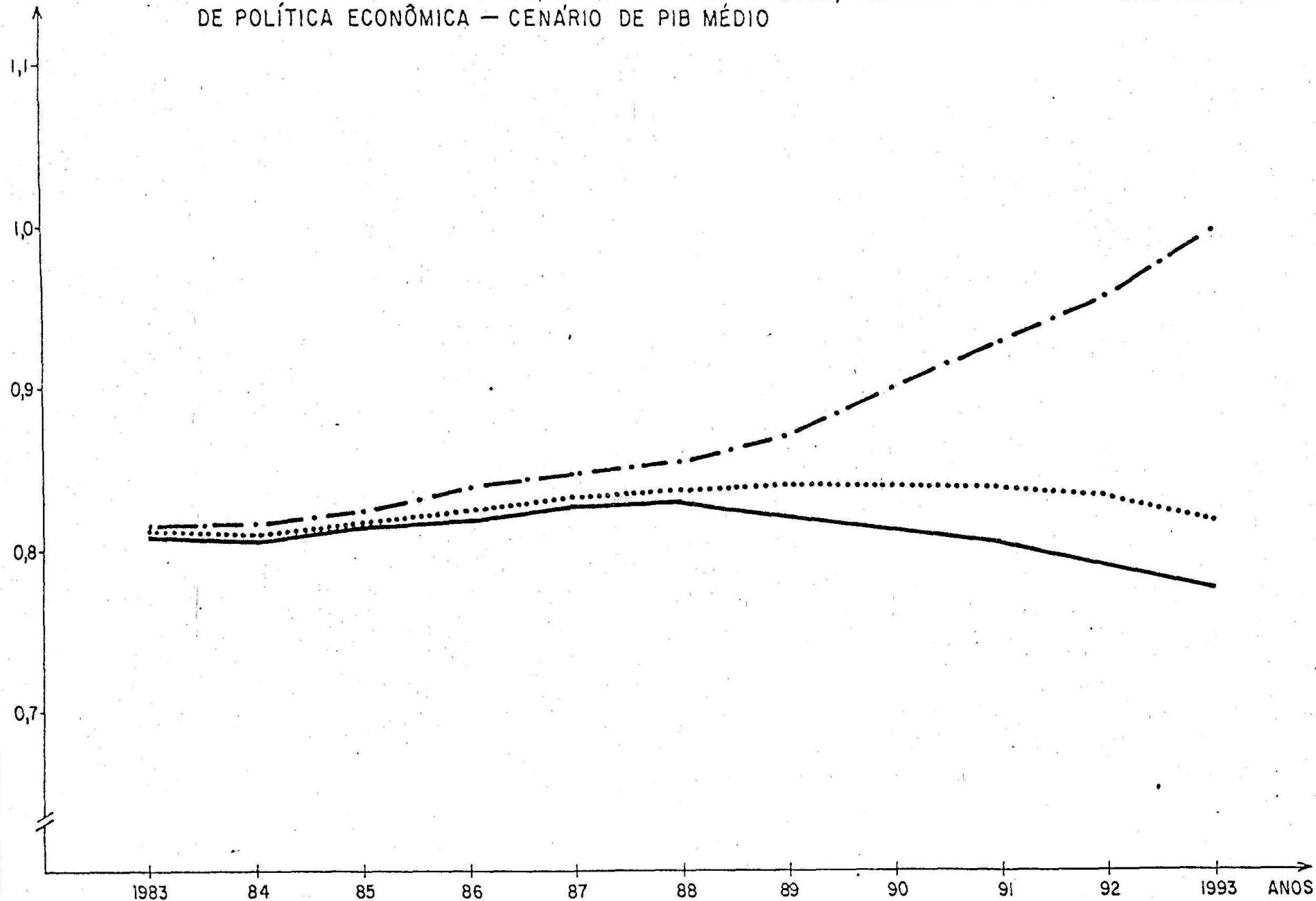
CONSUMO DE DIESEL NO TRC, SEGUNDO OS CENÁRIOS DAS VARIÁVEIS DA POLÍTICA ECONÔMICA —  
CENÁRIO DE PIB MÉDIO



Consumo  
(10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)

Gráfico III.4

CONSUMO DE GASOLINA NO TRC, EM DIESEL EQUIVALENTE, SEGUNDO OS CENÁRIOS DAS VARIÁVEIS DE POLÍTICA ECONÔMICA — CENÁRIO DE PIB MÉDIO



INPES, XXXI/85

Legenda {  
— CONSUMO DE GASOLINA PARA O CENÁRIO PESSIMISTA DE PREÇO DA GASOLINA  
..... CONSUMO DE GASOLINA PARA O CENÁRIO MÉDIO DE PREÇO DA GASOLINA  
- . - CONSUMO DE GASOLINA PARA O CENÁRIO OTIMISTA DE PREÇO DA GASOLINA



#### 4 - CONCLUSÕES

##### 4.1 - Considerações Gerais

Para derivar as projeções da demanda de energia (óleo diesel e gasolina) no TRC - principal objetivo deste trabalho - procurou-se quantificar os parâmetros frota de caminhões, sua utilização (km/ano) e eficiência energética (km/l).

Para tal, estimou-se um modelo de demanda derivada por toneladas de capacidade de transporte (tct) dos novos caminhões, separada em seguida por tipo de combustível através de modelos logit de decisão de compra entre as tecnologias Diesel e Otto. Com base na simulação de cenários para as variáveis de política econômica contidas no modelo - PIB e preços reais de óleo diesel, de gasolina e de novos caminhões - e para a capacidade de carga dos novos caminhões, projetou-se a venda agregada de novos veículos de carga a diesel e a gasolina no período 1983/1993, a qual entra diretamente nas projeções da frota em circulação do TRC. As projeções dos parâmetros utilização e eficiência energética da frota foram obtidas com base numa simulação das suas taxas de crescimento.

Para derivar projeções das variáveis exógenas do modelo de demanda de novas tct, consideraram-se dois cenários básicos de PIB - médio e otimista<sup>1</sup> - e três de preço real de energia - pessimista, médio e otimista. Estes termos são interpretados do ponto de vista dos agentes econômicos que sofrem direta ou indiretamente os impactos dos aumentos de preço desses combustíveis. As taxas geométricas de crescimento anual desses cenários no período 1983/93 são descritas na Tabela 4.1. Considerou-se também que o preço real dos novos caminhões, por categoria e combustível, se manteria constante no horizonte de previsão.

---

<sup>1</sup>De acordo com as taxas de crescimento real da economia brasileira utilizadas nos estudos do Banco Mundial.

TABELA 4.1

TAXAS DE CRESCIMENTO ASSOCIADAS AOS CENÁRIOS DAS VARIÁVEIS  
DE POLÍTICA ECONÔMICA NO PERÍODO 1983/93

| VARIÁVEL                           | CENÁRIO    |       |          |
|------------------------------------|------------|-------|----------|
|                                    | Pessimista | Médio | Otimista |
| PIB                                | -          | 4,00  | 5,80     |
| Preço real do óleo diesel          | 3,50       | 2,30  | 0,00     |
| Preço real da gasolina             | 1,90       | -0,01 | -5,00    |
| Preço real dos novos cami<br>nhões | 0,00       | 0,00  | 0,00     |

Para maiores detalhes sobre a origem destas taxas consultar a Seção 3.3. As percentagens negativas significam a simulação de uma reversão da política de preços relativos de energia favorável ao ciclo Otto.

#### 4.2 - Principais resultados da pesquisa

##### 4.2.1 - Análise das elasticidades-renda e preço da demanda de novas tct

Uma boa parte da pesquisa foi dedicada à estimação de uma equação de demanda de novas tct. Sua especificação final (relação (3.3)) foi obtida a partir de um modelo estático de regressão múltipla, estimado com base em dados históricos compreendendo o período 1957/82. As elasticidades-renda e preço (de energia +

capital) obtidas foram 0,74 e -1,20,<sup>2</sup> respectivamente. A análise desenvolvida na Subseção 3.2.1 defende a tese de que estas elasticidades não devem ser utilizadas em projeções de longo alcance, em função da natureza das informações que compõem a relação econômica subjacente ao modelo estatístico (3.3). Para ilustrar esta argumentação, estendeu-se o horizonte de previsão para além de 1993 até o ano 2000 no cenário médio das variáveis de política econômica,<sup>3</sup> o que levou a uma significativa redução da demanda por novas tct no período 1993/2000. Como consequência, a venda agregada de novos caminhões a diesel e a gasolina também exhibe a mesma tendência. O mercado de caminhões do ciclo Otto sofre ainda um impacto adicional dos aumentos de preço real de energia, pois a probabilidade de compra de novos veículos a gasolina é função dos preços reais do diesel e da gasolina - também é função dos preços reais dos novos caminhões a diesel e a gasolina.

Interpretou-se o declínio das projeções de longo alcance da demanda de novas tct como sendo devido ao caráter dominante que o efeito-preço passa a exercer sobre o efeito-renda à medida que se avança no tempo, mantidas as elasticidades ora em discussão. Este fenômeno pode ser observado no cenário pessimista de preço real de energia a partir de 1987 (ver Tabelas 3.3 e 3.4).

#### 4.2.2 - Análise das projeções de frota, por tipo de combustível, e de consumo de energia no TRC

Proceder-se-á em seguida à discussão dos resultados obtidos a partir das combinações de cenários de PIB e de preço

---

<sup>2</sup>Com relação à elasticidade-preço, a forma pela qual a variável  $PT(t)$  foi construída leva a crer que o valor -1,20 esteja superestimado.

<sup>3</sup>Neste caso, as taxas de crescimento associadas ao cenário médio passariam a ser:

- a) Preço real de diesel: 2,6% a.a.
- b) Preço real de gasolina: 0,0% a.a.
- c) PIB: 4,80% a.a.

real de energia. Para facilitar a análise será chamada de política uma combinação qualquer desses cenários.

Política A: Cenários médios de PIB e pessimista de preço real de energia.

Nesta situação a taxa média de crescimento real do PIB no período 1983/93 é de 4,0% a.a. e os preços reais de diesel e gasolina aumentam em média 3,5% a.a. e 1,9% a.a., respectivamente. Segundo a política de reversão de preços relativos de energia favorável ao ciclo Otto aqui simulada, o mercado de novos caminhões a gasolina revela um pequeno sinal de recuperação a partir de 1983, se comparado com o período 1980/82.<sup>4</sup> Em 1983 e 1984 foram previstas vendas de cerca de 2000 e 2100 veículos, respectivamente. No período 1985/93, porém, as vendas passam a declinar até atingir cerca de 900 caminhões em 1993. As razões deste fenômeno já foram discutidas na Subseção 4.2.1.

O acréscimo à frota proporcionado pela pequena reação do mercado de novos caminhões do ciclo Otto permite uma leve expansão do estoque de caminhões a gasolina até 1988. Porém, no final do horizonte de previsão o efeito de sucateamento prevalece e a frota passa a ser de 141.300, o que corresponde a uma taxa de crescimento de -0,5% a.a.<sup>5</sup> Assim sendo, esta política de preços relativos favorável ao ciclo Otto não é suficiente para proporcionar a plena recuperação do mercado de caminhões a gasolina.

---

<sup>4</sup> Em 1980 foram vendidos 2.210 veículos, em 1981, 1.688 veículos e em 1982, 291 veículos. A tendência de decréscimo de vendas de veículos do ciclo Otto já vinha se manifestando desde 1974. Para maiores detalhes consultar a Seção A.II.2 do Apêndice II.

<sup>5</sup> De acordo com os dados do cadastro do DNER/ANFAVEA/SERPRO a taxa de crescimento observada da frota de caminhões a gasolina no período 1977/82 foi de -8,3% a.a.

Com base nas projeções de frota, nas estimativas da sua utilização e sua eficiência energética, o consumo de gasolina no TRC, expresso em termos de diesel equivalente, foi projetado, fornecendo valores que variam de 0,81 milhões m<sup>3</sup> em 1983 até 0,77 milhões m<sup>3</sup> em 1993. O impacto máximo na demanda de diesel, no caso de uma conversão total da frota do ciclo Otto para o ciclo Diesel, é de cerca de 6,7%. Como a utilização e eficiência energética da frota foram supostas constantes no horizonte de previsão, o comportamento do consumo de gasolina no TRC é meramente um reflexo do comportamento da frota a gasolina. Assim sendo, a taxa de crescimento do consumo é também de -0,5% a.a.

No caso do ciclo Diesel observa-se um declínio nas projeções de vendas de novos caminhões no período 1983/93 como um todo, correspondendo a uma taxa de crescimento de -2,67% a.a. As razões deste declínio de vendas já foram discutidas na Subseção 4.2.1. Não obstante, a frota de caminhões a diesel manifesta uma tendência de crescimento de 3% a.a. Para isto, colaboram:

- a constante renovação da frota de caminhões do ciclo Diesel ao longo do período 1957/82, resultando numa idade média muito menor do que a dos caminhões a gasolina, e, conseqüentemente, um efeito de sucateamento mais lento; e

- o acréscimo de novos caminhões diesel à frota é bem mais significativo, relativamente ao seu tamanho, do que no caso da frota a gasolina.

A taxa de crescimento de 3,0% a.a. da frota de caminhões a diesel obtida nesta combinação de cenários é conservadora se comparada com a observada nos dados históricos de frota fornecidos pelo Cadastro Nacional de Veículos e Proprietários do DNER/ANFAVEA/SERPRO, que é de 10,9% a.a no período 1977/82. Convém notar, todavia, que este foi o período de consolidação do processo de dieselização da frota, tornando-se insignificativas as vendas de novos caminhões a gasolina, ao mesmo tempo em que a

dos caminhões sobreviventes do ciclo Otto foi convertida ciclo Diesel. Assim, não é de se esperar elevadas taxas de crescimento da frota a diesel a partir de 1983, pelo menos até a superação dos problemas econômicos que o País vem enfrentar desde o final da década passada.

As projeções do consumo de óleo diesel no TRC foram obtidas tal como no caso do consumo de gasolina. Sua taxa média de crescimento é de 3,0% a.a. no período 1983/93, igual à da frota do Diesel pelos motivos já expostos.

Os resultados da política A estão sumarizados na Tabela

TABELA 4.2

PROJEÇÕES DE VENDAS DE NOVOS CAMINHÕES,  
FROTA E CONSUMO DE ENERGIA NO TRC,  
SEGUNDO A POLÍTICA A NO PERÍODO 1983/93

| ÓLEO DIESEL   |               |  | GASOLINA      |               |   | CONSUMO TOTAL<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
|---------------|---------------|--|---------------|---------------|---|--|
| Venda<br>(nº) | Frota<br>(nº) | Consumo<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Venda<br>(nº) | Frota<br>(nº) | Consumo<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de<br>Óleo Diesel) |  |
| 39.356        | 775.856       | -  | 291           | 174.271       | -   | -  |
| 42.500        | 782.600       | 9,60   | 2.000         | 148.300       | 0,81  | 10,41  |
| 43.100        | 956.300       | 11,73  | 1.700         | 151.000       | 0,82  | 12,55  |
| 32.400        | 1.051.400     | 12,90  | 900           | 141.300       | 0,77  | 13,67  |

A fim de estabelecer um padrão de referência para o consumo das projeções do consumo de energia no TRC, calculou-se a taxa de crescimento dos dados de consumo total de óleo diesel no transporte rodoviário divulgados pelo MME (1983), no período 1973-82. De acordo com os dados do MME (1983), a taxa de crescimento do consumo no período 1973/82 foi de 7,8% a.a.

Esses dados, apesar de incluírem a parcela relativa ao consumo de óleo diesel no transporte coletivo de passageiros, são as informações disponíveis que mais se aproximam do consumo de diesel



Tomando-se como referência os dados do MME, (1983), conclui-se que a política A leva a projeções de consumo de energia de tendência bastante conservadora, se comparada com a da evolução histórica do consumo total de óleo diesel no transporte rodoviário, pois os parâmetros utilização e eficiência energética da frota foram supostos constantes.

Política B: Cenários médio de PIB e médio de preço real de energia

Nesta combinação de cenários o preço real do óleo diesel cresce, em média, 2,3% a.a. e o preço real da gasolina - 0,01% a.a. No cenário médio de PIB a sua taxa de crescimento é de 4,0% a.a., conforme já visto. Nota-se nesta situação que a política de reversão de preços relativos de energia favorável ao ciclo Otto é um pouco mais "agressiva" do que a política A. Observa-se uma reação mais pronunciada do mercado de novos caminhões a gasolina, registrando-se no período 1983/93 como um todo uma média de crescimento das vendas de 1,37% a.a. A leve expansão do mercado de novos caminhões do ciclo Otto resulta num aumento da frota, até 1989 passando então a declinar até o final do horizonte de previsão. Este declínio ocorre em virtude da aceleração da depreciação do estoque, pois a grande maioria dos caminhões tem idade avançada e o acréscimo de novos veículos à frota é pequeno em relação ao seu tamanho. Não obstante, a taxa média de crescimento da frota no período 1983/89 é de 0,5% a.a. e de 0,01% no horizonte de previsão como um todo. Comparando-se estes resultados com os da política A, observa-se a maior eficácia da política de preços relativos de energia favorável ao ciclo Otto, pois as vendas de novos caminhões aumentaram, contrabalançando os efeitos do processo de sucateamento da frota, de modo que a mesma mantém-se relativamente estável no período 1983/93.

O consumo de gasolina (em diesel equivalente) foi projetado utilizando-se os cenários básicos de utilização e eficiência energética da frota. Neste caso o impacto no consumo de diesel seria da ordem de 6,9%.



No caso do mercado de novos caminhões a diesel observa-se o contrário do ocorrido na combinação de cenários da política B, um ligeiro aumento das vendas de novos veículos, até 1990. No horizonte de previsão como um todo, a taxa de crescimento das vendas é praticamente nula, em virtude do declínio das vendas a partir de 1990 pelos motivos já expostos na Subseção 4.2.1.

O comportamento mais favorável do mercado de novos caminhões do ciclo diesel, segundo a política B, faz com que a frota apresente uma suave expansão, correspondendo a uma taxa de crescimento de 3,3% a.a, ligeiramente superior à encontrada na política

De acordo com os procedimentos aqui adotados, a taxa de crescimento das projeções do consumo de óleo diesel no TRC é 3,3%

O padrão de tendência do consumo de óleo diesel no TRC (3,3% a.a), introduzido nesta subseção, embora não seja o mais adequado, mostra que as projeções de consumo aqui derivadas evoluem de forma modesta, tal como foi observado na política A. Os resultados da política B estão sumarizados na Tabela 4.3.

TABELA 4.3

PROJEÇÕES DE VENDAS DE NOVOS CAMINHÕES,  
FROTA E CONSUMO DE ENERGIA NO TRC,  
SEGUNDO A POLÍTICA B NO PERÍODO 1983/93

| ÓLEO DIESEL   |               |  | GASOLINA      |               |   | CONSUMO TOTAL<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
|---------------|---------------|--|---------------|---------------|---|--|
| Venda<br>(nº) | Frota<br>(nº) | Consumo<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Venda<br>(nº) | Frota<br>(nº) | Consumo<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de<br>Óleo Diesel) |  |
| 39.356        | 775.856       | -  | 291           | 174.271       | -   | -  |
| 42.600        | 782.700       | 9,60   | 2.000         | 148.400       | 0,81  | 10,41  |
| 44.400        | 959.800       | 11,78  | 2.400         | 152.900       | 0,83  | 12,61  |
| 42.600        | 1.081.700     | 13,27  | 2.300         | 148.600       | 0,81  | 14,08  |

Política C: Cenários médio de PIB e otimista de preço real de energia

Esta combinação de cenários caracteriza-se por uma política de reversão de preços relativos de energia muito favorável ao ciclo Otto, sem contudo sobrecarregar o preço real do óleo diesel, o qual foi mantido constante no horizonte de previsão. O preço real da gasolina decresce, em média, a uma taxa 5% a.a., conforme ilustrado na Tabela 4.1.

Nesta situação é notória a eficácia da política de reversão de preços relativos simulada para recuperar o mercado de novos caminhões a gasolina. As vendas estimadas de novos veículos crescem aceleradamente, registrando uma taxa de crescimento de 19,6% a.a. no período 1983/93. Como consequência, a frota de caminhões a gasolina, expande-se a uma taxa de 2,2% a.a.

As projeções do consumo de gasolina (em diesel equivalente) no TRC crescem a uma taxa de 2,2% a.a., a mesma da frota, de acordo com os procedimentos adotados neste trabalho. O impacto máximo no consumo de diesel é de 7,4% numa situação de conversão total do ciclo Otto para o ciclo Diesel.

O mercado de novos caminhões a diesel também experimenta uma expansão considerável, através de vendas crescentes a uma taxa de crescimento de 1,63% a.a. no período 1983/93. A frota de caminhões a diesel, por sua vez, expande-se a uma taxa de 3,6% a.a.

O consumo de óleo diesel no TRC, projetado de acordo com a metodologia do trabalho, apresenta uma tendência de crescimento de 3,6% a.a.

Tal como nas políticas A e B, as projeções de consumo de energia no TRC aqui derivadas apresentam uma tendência ainda modesta, se comparada com a dos dados de consumo total de óleo diesel no transporte rodoviário do MME (1983). Os resultados da política C estão sumarizados na Tabela 4.4.

TABELA 4.4

PROJEÇÕES DE VENDAS DE NOVOS CAMINHÕES, FROTA E CONSUMO DE ENERGIA NO TRC,  
SEGUNDO A POLÍTICA C NO PERÍODO 1983/93

| ANO | ÓLEO DIESEL |            |   | GASOLINA   |            |   | CONSUMO TOTAL (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
|-----|-------------|------------|---|------------|------------|---|---|
|     | Venda (nº)  | Frota (nº) | Consumo (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Venda (nº) | Frota (nº) | Consumo (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de Óleo Diesel) |   |
| 82  | 39.356      | 775.856    | -   | 291        | 174.271    | -   | -   |
| 83  | 42.900      | 783.000    | 9,60                                      | 2.100      | 148.500    | 0,81  | 10,41   |
| 88  | 46.200      | 965.300    | 11,85                                     | 4.700      | 158.900    | 0,87  | 12,72   |
| 93  | 50.400      | 1.111.000  | 13,63                                     | 12.600     | 184.800    | 1,01  | 14,64   |

Políticas D, E e F: Cenários otimista de PIB e pessimista, médio e otimista de preço real de energia

A combinação do cenário otimista de PIB, onde a economia cresce em termos reais à taxa de 5,8% a.a., com os três cenários de preço real de energia, leva a projeções de vendas cerca de superiores às obtidas com o cenário médio de PIB, tomando-se como base de cálculo o ano de 1993. Resultam também projeções de frota a diesel de 2,9% a 3,4% superiores. O mesmo pode ser dito em relação às projeções de frota a gasolina, que são de 0,8% a 1,0% superiores às derivadas com base no cenário médio de PIB.

Tal como nas combinações de cenários analisadas nas políticas A, B e C, a tendência de crescimento das projeções de consumo de energia no TRC, segue o mesmo padrão de comportamento da frota, o que leva a taxas de crescimento modestas relativamente à calculada nos dados de consumo total de óleo diesel no transporte rodoviário do MME (1983). Dentro deste contexto, fica claro que a endogeneização das variáveis utilização e eficiência energética da frota produziria efeitos adicionais sobre o consumo de energia no TRC, não contemplados neste trabalho por insuficiência de dados.

Para finalizar esta Seção, foi feito um pequeno exercício ilustrativo com vistas a quantificar monetariamente os efei-

tos, na margem, das políticas analisadas nesta subseção sobre as projeções de consumo total de energia no TRC. À medida que se muda da política A em direção à política C observa-se um aumento do consumo, o mesmo ocorrendo com as políticas D a F. Assim sendo, procurou-se determinar o volume de dólares envolvidos numa mudança de política - da A a C (cenário médio de PIB) e de D a F (cenário otimista de PIB). Para tal, calcularam-se as variações de consumo em  $m^3$  que ocorrem nas mudanças de política, convertendo-se em seguida para barris de óleo diesel.<sup>7</sup> Considerando-se uma educated-guess de US\$ 35,0/bbl para o preço médio do óleo diesel no mercado internacional - utilizado para refletir o custo de oportunidade de produção de óleodiesel no País - e assumindo-se a estabilidade do preço deste derivado no horizonte de previsão deste trabalho obtiveram-se os seguintes valores, relativos aos anos de 1988 e 1993, reportados na Tabela 4.5.

TABELA 4.5  
EFEITO DA VARIAÇÃO DE POLÍTICAS DE PREÇO DE ENERGIA  
NO CONSUMO TOTAL DE ENERGIA NO TRC

| MUDANÇA DE POLÍTICA |      | (10 <sup>6</sup> US\$) |       |       |
|---------------------|------|------------------------|-------|-------|
|                     |      | X → Y                  | X → Z | Y → Z |
| CENÁRIO DE PIB      |      |                        |       |       |
| Médio               | 1988 | 11,8                   | 33,8  | 22,0  |
|                     | 1993 | 90,4                   | 212,7 | 122,3 |
| Otimista            | 1988 | 12,4                   | 35,5  | 23,1  |
|                     | 1993 | 101,4                  | 237,7 | 136,3 |

NOTA: OS símbolos X, Y e Z referem-se às políticas A, B e C (Cenário médio de PIB) e às políticas D, E e F (Cenário otimista de PIB).

Os valores apresentados na Tabela 4.5 podem representar receitas de exportação que o País pode deixar de auferir ou custos de importação, devido a aumentos de demanda de energia (expressa em termos de óleo diesel), em função das políticas de preço de energia aqui analisadas.

Estas são as conclusões do trabalho.

<sup>7</sup>Um  $m^3$  corresponde a 6,28 barris (bbl).

#### 4.3 - Sugestões para o aprofundamento da pesquisa

A identificação dos principais focos de dificuldade encontrados ao longo do desenvolvimento desta pesquisa pode servir de ponto de partida para estudos mais profundos nessa área. Neste sentido, podem ser sugeridas as seguintes atividades, tendo em vista o aprofundamento desta pesquisa:

a) atualização da base de dados de transporte do IPEA/INPES, incorporando-se as informações relativas ao ano de 1983 e 1984, e intensificando-se os esforços de coleta de informações sobre consumo de energia no TRC, utilização, frota e sua composição etária e a evolução do fator de carga dos caminhões, por categoria e combustível, na medida em que as mesmas sejam disponíveis;

b) tratamento mais desagregado do estudo da demanda por novos veículos de carga, em função da diferenciação em termos de custo e de operação entre as categorias de caminhões leves, médios, semipesados e pesados, consideradas as tecnologias diesel e gasolina, de acordo com os ensaios preliminares apresentados no Apêndice I;

c) aprofundamento dos estudos de modelos econômicos visando a endogeneizar as variáveis utilização e eficiência energética da frota, por categoria e combustível; e

d) estimação de funções de sucateamento com dados mais atualizados, cuja implementação dependerá, obviamente, da obtenção de informações mais recentes sobre a composição etária da frota de caminhões, por categoria e combustível, bem como de sua qualidade, de modo a tornar possível um trabalho econométrico satisfatório (este item foi incluído pelo fato de que a função de sucateamento utilizada nesta pesquisa foi estimada em outro estudo do IPEA/INPES com base nos dados do cadastro de veículos e proprietários da TRU relativos ao ano de 1979).

BIBLIOGRAFIA

- AMEMIYA, T. Qualitative response models: a survey. Journ  
Economic Literature, XIX:1.483-536, 1983.
- ANFAVEA. Indústria automobilística brasileira: produção de  
culos, por modelo e exportação total de caminhões. São Paulo,  
1957/82.
- ANFAVEA/SERPRO. Frota de caminhões, por categoria e combustível  
e sua composição etária em 31/12/1981, segundo o Cadastro Na-  
cional de Veículos e Proprietários da TRU. Brasília, 1981.
- CNP. Anuário estatístico. Brasília, 1978/82.
- DNER/SERPRO. Frota de caminhões, por categoria e combustível, em  
31 de dezembro. Brasília, 1974/80.
- . Composição etária da frota de caminhões, por categoria  
e combustível, em 31 de dezembro. Brasília 1979/80
- DOMENCICH, T., e MACFADDEN, D. Urban traffic demand: a behavioral  
analysis. Amsterdã, North-Holland, 1975.
- FARIAS, F. e COSTA, L. Demanda de energia para o transporte cole  
tivo de passageiros. Mimeo, Rio de Janeiro, abril 1983.
- FGV. Conjuntura Econômica, Rio de Janeiro, vários números.
- GEIPOT. PICR - Pesquisa sobre o inter-relacionamento de custos  
rodoviários. 1980.
- GREENE, D. A derived demand model of regional highway diesel fuel  
use. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, 1982.



HARVEY, A. C. The econometric analysis of time series. Londres, Phillip Allan, 1981.

IBGE. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, 1957/82.

IPT. Análise de políticas de substituição e racionalização do uso do óleo diesel no transporte rodoviário. São Paulo, 1982.

MERCEDES BENZ DO BRASIL. Venda de caminhões, por fabricante. Rio de Janeiro, 1957/82.

MME. Balanco energético nacional. Brasília, 1983.

MT/GEIPOT. Anuário estatístico dos transportes. Brasília, 1970/80.

PAES DE BARROS, R., e FERREIRA, S. Um modelo econométrico para a demanda de gasolina pelos automóveis de passeio. Texto para Discussão do Grupo de Energia, 7. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, maio 1982.

PINDICK, R., e ROSENFELD, D. Econometric models and economic forecasts. New York, McGraw-Hill Book, 1976.

PINHEIRO, A. Sobre a dieselização da frota brasileira de caminhões. Texto para Discussão do Grupo de Energia, 17. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, dez. 1983.

PINHEIRO, A., e RAMOS, L. Um modelo para a análise de competitividade diesel x gasolina no transporte rodoviário de cargas. Texto para Discussão do Grupo de Energia. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1984.

RAMOS, L. Cenários de demanda de derivados de petróleo. Texto para Discussão do Grupo de Energia, 16. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, dez. 1983.



RECK, G. Análise econômica das empresas de transporte rodoviário de carga. Tese de Mestrado. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, nov. 1983.

REVISTA BR, 188, jun. 1983.

REVISTA Transporte Moderno, vários números

REZENDE, A. Proposta preliminar de um modelo de demanda de energia do setor rodoviário de cargas. Mimeo. Rio de Janeiro, jul. 1983a.

\_\_\_\_\_. Notas sobre o sistema de modelos da "proposta preliminar de um modelo de demanda de energia do setor rodoviário de cargas". Mimeo. Rio de Janeiro, ago. 1983b.

\_\_\_\_\_. Uma função de custo as empresas de transporte rodoviário de cargas. Mimeo. Rio de Janeiro, 1983c

SANTIAGO, R. Política de preços do álcool carburante e dos derivados de petróleo. Brasília, IPEA/IPLAN, out. 1983.

## APÊNDICE I

### MODELOS DE DEMANDA DE NOVAS TCT, POR CATEGORIA DE CAMINHÃO

A metodologia apresentada na Seção 2 sofreu severas restrições em virtude do tratamento agregado adotado na estimativa do modelo de demanda por novas tct. Em função disto, foram realizados alguns ensaios, paralelamente ao estudo agregado, no sentido de obter modelos da forma (3.3), por categoria de caminhão. Estatisticamente, os resultados obtidos foram bastante satisfatórios. Todavia, a interpretação econômica das elasticidades-renda e preço encontradas revelou-se uma tarefa intrincada, de modo que estes ensaios não foram aprofundados no âmbito das atividades desenvolvidas nesta pesquisa. Um ponto importante a ser destacado é o aumento da variância dos resultados à medida que se avança em direção a estudos mais desagregados, pois a base de dados de transporte do IPEA/INPES ainda carece de aperfeiçoamentos. Não obstante, este é o grande passo a ser dado com vistas ao refinamento metodológico do estudo, o que proporcionará a obtenção de projeções do consumo de energia no TRC, a partir de frotas, utilizações e eficiências energéticas desagregadas por categoria de caminhão. Os resultados assim obtidos deverão ser, certamente, mais confiáveis, conferindo à pesquisa um potencial de contribuição mais efetivo.

Serão introduzidos, basicamente, dois modelos de demanda de novas tct que já refletem alguma preocupação com um estudo mais desagregado. A equação do primeiro se escreve como:

$$\begin{aligned} \ln VT_j(t) &= 12,094358 + 0,556918 \ln PIBC(t) - \\ &\quad (27,970) \quad (5,906) \\ &- 1,438989 \ln C_j(t) \quad (A.I.1) \\ &\quad (-5,565) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,76; \quad DW = 1,5194;^1 \quad \text{período de estimação} = 1957/82$$

---

<sup>1</sup>Corrigido pelo procedimento AUTOREG do SAS.

onde:

$VT_j(t)$  = novas tct dos caminhões da categoria agregada  
j no ano t;

$j = l + m$ ;

$PIBC(t)$  = índice do produto real no setor comercial no  
ano t; e

$C_j(t)$  = preço da tct, por tkm, da categoria agregada j  
no ano t.

A equação (A.I.1) já se constitui num avanço metodológico em relação ao modelo (3.3), apesar de não ser ainda a formulação ideal desejada. A utilização desta categoria agregada tem a vantagem de evitar os problemas de substituição e/ou complementaridade de caminhões entre as faixas leves e médios, que podem ocorrer dependendo do comportamento do mercado de veículos e dos tipos de operações em que as empresas de transporte de cargas estão engajadas. Teoricamente, a utilização da variável  $PIBC(t)$  deve explicar melhor a venda de caminhões pertencentes a estas categorias, pois os mesmos são demandados em atividades econômicas ligadas mais diretamente ao setor terciário. Na prática, porém, a construção dos índices de produto real, por ramo de atividade, não dá margem a variações muito significativas nos coeficientes estimados com  $PIB(t)$  ou  $PIBC(t)$ .

A fim de proceder-se a uma análise de "robustez" de (A.I.1), foram estimadas separadamente as demandas por novas tct das categorias leves e médios com a mesma especificação. Os resultados obtidos foram satisfatórios apenas para a primeira faixa. A equação do modelo se escreve como:

$$\begin{aligned} \ln VT_{\ell}(t) = & 6,378216 + 1,450815 \ln PIBC(t) - \\ & (6,705) \quad (11,076) \\ & - 1,174930 \ln C_{\ell}(t) \quad (A.I.2) \\ & (-3,457) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,93; \quad DW = 1,7066; \quad ^2 \text{ período de estimação} = 1959/82$$

Até 1971, a categoria leves era dominada pelo caminhões a gasolina. Com a entrada em 1972 da Mercedes Benz neste mercado, a oferta de tct novas aumentou consideravelmente. Tentou-se captar esta mudança estrutural no modelo introduzindo-se uma variável dummy, não resultando, contudo, numa especificação mais adequada.

Como os caminhões leves e médios são utilizados, basicamente, em serviços de distribuição de bens e mercadores (coleta e entrega) dentro das grandes cidades, é de se esperar que as estruturas dos mercados desses veículos sejam semelhantes. A comparação entre (A.I.1) e (A.I.2) mostra que as elasticidades estimadas nos dois modelos não corrobora esta expectativa, sobretudo no que diz respeito ao efeito-renda, sendo necessário portanto uma maior reflexão sobre a sua adequação para explicar o comportamento da demanda por novas tct nestas faixas.<sup>3</sup> É oportuno mencionar que uma especificação mais apropriada para (A.I.2) deveria conter variáveis de preço de energia e capital dos caminhões médios, tendo

---

<sup>2</sup> Ibid

<sup>3</sup> Talvez o alto valor da elasticidade-renda presente em (A.I.2) seja decorrente do crescimento acelerado do mercado de caminhões leves diesel, pelo fato de que estes veículos, sobretudo os da Mercedes Benz, dominaram esta faixa ao longo do período 1972/82, praticamente tornando extintos os veículos leves do ciclo Otto. Nesse sentido, o modelo pode ter captado o efeito das elevadas taxas de crescimento da venda de novas tct da categoria leves verificadas neste período. Para detectar heterocedasticidade na série de dados poder-se-ia estimar o mesmo modelo em dois períodos distintos - 1959/71 e 1972/82 - e efetuar um teste Chow de estabilidade de parâmetros.

tendo em vista considerar os possíveis processos de substituição e/ou complementaridade entre as duas faixas.

Analogamente ao que foi feito para as categorias leves e médios-modelo (A.I.1)- estimou-se uma equação de demanda por novas tct da categoria agregada semipesados + pesados, resultando a seguinte expressão:

$$\begin{aligned} \ln VT_k(t) = & 6,647618 + 1,395081 \ln PIB(t) - \\ & (7,177) \quad (5,436) \\ & - 0,859776 \ln C_k(t) \quad (A.I.3) \\ & (-2,094). \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,83; \quad DW = 1,5665;^4 \quad \text{período de estimação} = 1957/82$$

onde:

$VT_k(t)$  = novas tct dos caminhões da categoria agregada k do ano t;

$k = s + p$ ; e

$C_k(t)$  = preço da tct, por tkm, da categoria agregada k no ano t.

Com o mesmo objetivo, através do qual (A.I.2) foi formulado, estimou-se um modelo (incompleto) de demanda por novas tct dos caminhões pesados,<sup>5</sup> resultando a seguinte relação:

<sup>4</sup>Corrigido pelo procedimento AUTOREG do SAS

<sup>5</sup>A série histórica de venda de caminhões semipesados corresponde a apenas 12 anos de observações, espaço de tempo relativamente curto para a estimação de modelos econométricos satisfatórios. Como este mercado experimentou uma rápida expansão no período, as elasticidades estimadas no modelo de demanda de novas tct desta categoria foram altíssimas, embora significativas do ponto de vista estatístico. Por este motivo, o modelo não foi aqui reportado.

$$\ln VT_p = 8,414357 + 0,853306 \ln PIB(t) -$$

(14,481)      (5,457)

$$- 1,387698 \ln C_p(t) \quad (A.I.4)$$

(-3,353)

$$R^2 = 0,78 \quad DW = 1,4607;^6 \text{ período de estimação} = 1957/82$$

Como os caminhões semipesados praticamente só entraram no mercado de serviços de transporte em 1970, introduziu-se uma dummy em (A.I.4) a fim de verificar o impacto dessa mudança estrutural no mercado de transporte sobre os coeficientes estimados. O resultado, porém, não se mostrou adequado para esta finalidade.

A análise conjunta de (A.I.1) e (A.I.3) faz crer numa suposição razoável de que a demanda por novos caminhões leves e médios é muito sensível ao preço (de capital mais energia) no curto prazo, respondendo inelasticamente a variações no produto real, ao passo que a demanda por veículos de maior porte é mais suscetível a mudanças nos indicadores de desempenho da economia, reagindo inelasticamente (mas não muito) ao fator preço. Infelizmente, a análise de (A.I.2) e (A.I.4) não aponta na mesma direção, ou seja, suas elasticidades estimadas não corroboram a suposição acima.<sup>7</sup> Por este motivo, (A.I.1) e (A.I.3) não foram utili

---

<sup>6</sup>Corrigido pelo procedimento AUTOREG do SAS.

<sup>7</sup>Provavelmente pelo mesmo motivo sugerido na discussão da nota de rodapé 1. No caso do modelo (A.I.3), é possível que a elasticidade-renda esteja captando efeitos de curto prazo do acelerado crescimento do mercado de caminhões semipesados, enquanto que em (A.I.4) este problema é evitado. Resta argüir-se então o porquê de uma elasticidade-preço (de capital mais energia) tão alta para a demanda de novos tct dos caminhões pesados. Provavelmente, isto ocorreu devido à escalada de preços destes veículos no período 1974/82, quando foi registrada uma taxa de crescimento de 61% em termos reais, quase três vezes maior do que o aumento do preço médio dos caminhões a diesel, tornando-os caríssimos, relativamente aos demais veículos de carga.

zados para projetar as frotas a diesel e a gasolina do TRC, a partir das quais o modelo de simulação do consumo futuro de energia no setor é implementado..



## APÊNDICE II

### ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS

Objetiva-se neste apêndice apresentar uma análise detalhada da base de dados utilizada nesta pesquisa. A implantação no âmbito do IPEA/INPES de um acervo organizado de informações sobre transporte constitui-se numa tarefa fundamental no sentido de contribuir ao estudo sobre a complexa e ampla gama de atividades do TRC. Não obstante a carência de algumas informações cruciais para o desenvolvimento de uma metodologia mais adequada (Seção 2), tendo em vista responder as questões de política econômica que a pesquisa se propõe a investigar - basicamente como se comporta a demanda de energia no TRC -, a base de dados ora em discussão constitui-se numa contribuição valiosa para a consecução de um projeto ambicioso do IPEA/INPES, qual seja, o da criação de um banco de dados de transporte que permita a diversos usuários o acesso rápido a informações atualizadas e seguras, a um custo relativamente baixo.

Em virtude do grande volume de dados coletados no decorrer deste trabalho, limitar-se-á apenas à análise das informações obtidas a partir de alguma agregação de dados primários.<sup>1</sup>

#### A.II.1 - Produção de caminhões, por categoria e combustível

O início da produção efetiva de caminhões no Brasil remonta ao ano de 1957, sendo então constituída somente pelas cate

---

<sup>1</sup>Por exemplo, as informações sobre produção, preço e eficiência energética de caminhões, por modelo, são consideradas como dados primários, no sentido de que são o ponto de partida para a obtenção dessas informações agregadas por categoria e combustível.

gorias de médios e pesados.<sup>2</sup> Em 1959 iniciou-se a produção de veículos leves e semipesados a gasolina, estes últimos praticamente saindo de linha a partir de 1966.<sup>3</sup> Finalmente, em 1970 e 1972, respectivamente, foram lançados em escala industrial as faixas de caminhões semipesados e leves a diesel da Mercedes Benz do Brasil. Várias foram as mudanças estruturais no mercado de veículos de carga no período 1957/82<sup>4</sup> que obviamente causaram efeitos nas vendas dos novos caminhões.

Estas mudanças, afetando a decisão de compra de equipamento das empresas que ofertam serviços de transporte, certamente refletiram-se na composição da frota de caminhões hoje em circulação no País.

Com base nos dados (primários) de produção para o mercado interno<sup>5</sup> de caminhões, por modelo, fornecidos pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores [ver ANFAVEA (1957/82)], agregou-se a sua produção, por categoria e combustível, da forma que se segue:

$$\text{PRD}_{ij}(t) = \sum_k \text{PRD}_{ij}^k(t) \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = l, m, s, p \end{array} \quad (\text{A.II.1})$$

<sup>2</sup>Segundo a classificação do DNER/SERPRO, os caminhões são divididos nas seguintes categorias:

|              |               |               |
|--------------|---------------|---------------|
| Leve:        | 0 < CMT < 10  | 0 < P < 60    |
| Médio:       | 10 < CMT < 20 | 60 < P < 120  |
| Semipesado:  | 20 < CMT < 30 | 120 < P < 180 |
| Pesado:      | 30 < CMT < 45 | 180 < P < 270 |
| Extrapesado: | 45 < CMT      | 270 < P       |

onde: CMT = capacidade máxima de tração do motor (em toneladas); e  
P = potência do motor (em cavalos-vapor DIN).

<sup>3</sup>Em 1970, a Chrysler reiniciou a produção de caminhões semipesados a gasolina, mas em escala insignificante.

<sup>4</sup>Os caminhões semipesados a álcool aparecem nas estatísticas da ANFAVEA em 1976, embora em caráter incipiente. Somente em 1981 a sua produção, juntamente com a dos veículos médios, apresenta algum sinal de regularidade.

<sup>5</sup>Foram excluídos os caminhões que são exportados desmontados (completely knocked down-ckd).

onde:

$PRD_{ij}(t)$  = produção de caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;

$PRD_{ij}^k(t)$  = produção de caminhões do modelo  $k$ ,<sup>6</sup> da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;

$i$  = diesel (d), gasolina (g);

$j$  = leve (l), médio (m), semipesado (s), pesado (p); e

$t$  = 1957/82

---

<sup>6</sup>Na indústria de caminhões são (ou foram) produzidos os seguintes modelos (mais representativos), separados por tipo de combustível:

- a) leves gasolina: F-350 e F-400 da Ford e D-400 da Chrysler;
- b) leves diesel: F-2000 e F-4000 da Ford, P-400 da Chrysler; L-608D da Mercedes Benz, 2T e 4T da Puma, 70/80 da Fiat e 80/90 da Volkswagen;
- c) médios gasolina: F-600 da Ford, D-700 da Chrysler, C-60 da General Motors e NV-184 da International Harvester;
- d) médios diesel: F-600/7000/11000 e F-19000 da Ford, P-700 da Chrysler, LP 321/1111/1113 da Mercedes Benz, D-60 da General Motors, 120 da Fiat e 11-130 da Volkswagen;
- e) semipesados gasolina: NV-184 da International Harvester, e D-900 da Chrysler;
- f) semipesados diesel: F-700/750, F-13000/21000 e F-23000 da Ford, 1313/16, 1513/16, 2013/16, 2213 da Mercedes Benz, D-70/80 da General Motors, 130/140 da Fiat, P-900 e P-950 da Chrysler e 13-130 da Volkswagen; e
- g) pesados diesel: D-11000, FNM-180 e FNM-210 da Fábrica Nacional de Motores, 190 da Fiat, 331/1520, 1519, 1924, 2219 e 1929 da Mercedes Benz, 75, 76, 100, 101, 110, 111, 140/141, 112, 142 da Scania Vabis e N-10 e N-12 da Volvo. Estão incluídos nesta categoria os caminhões extrapesados.

A Tabela A.II.1 apresenta os dados de produção de caminhões, agregada por categoria e combustível, de acordo com a relação (A.II.1).

A.II.2 - Venda de caminhões no mercado interno,<sup>7</sup> por categoria e combustível

Os novos emplacements de caminhões em cada ano é uma variável fundamental neste estudo, pois representa a quantidade de veículos que são incorporados anualmente à frota do TRC para repor e/ou expandir o estoque em circulação no País. Paes de Barros e Ferreira (1982) a definiram como sendo a soma da produção com a importação total de caminhões, subtraindo-se a exportação total, em cada ano. Considerou-se nesta pesquisa, alternativamente, os dados de vendas de caminhões no mercado interno fornecidos pela Mercedes Benz do Brasil (1957/82).<sup>8</sup> Todavia, os dados enviados por esta fonte não estão organizados por categoria e combustível, e sim por fabricante. Desta forma, no caso das empresas montadoras que produzem caminhões com motores de mais de uma tecnologia - Ford, General Motors e Chrysler e Int. Harvester -, separou-se as vendas, por tipo de combustível, proporcionalmente à produção dos seus respectivos modelos. Este procedimento é bastante plausível, pois os dados de produção e venda de caminhões estão muito próximos entre si, revelado uma situação de equilíbrio em oferta e demanda no mercado destes veículos. Assim:

$$V_{ij}(t) = \sum_f \left[ \frac{\sum_i PRD_{ij}^k(t)}{\sum_k \sum_i PRD_{ij}^k(t)} \right] \cdot V_j^f(t) \quad \begin{array}{l} i = d, g, \\ j = l, m, s \end{array} \quad (A.II.2)$$

<sup>7</sup>Os dados de vendas de caminhões no mercado externo, por fabricante, fornecidos pela Mercedes Benz do Brasil (1957/82), bem como os de exportação total de veículos de carga divulgados pela ANFAVEA (1957/82) não foram utilizados nesta pesquisa, de modo que não serão reportados aqui.

<sup>8</sup>A Revista Transporte Moderno publica dados mensais de vendas de caminhões sem especificação do mercado onde são incorporados. Ao que tudo indica, são a soma dos dados de vendas nos mercados interno e externo fornecidos pela Mercedes Benz do Brasil (1957/82).

TABELA A.II.1

## PRODUÇÃO DE CAMINHÕES POR CATEGORIA E COMBUSTÍVEL

(NÚMERO DE VEÍCULOS)

| ANOS | LEVE DIESEL | LEVE GASOLINA | MÉDIO DIESEL | MÉDIO GASOLINA | MÉDIO ALCOOL | S. PESADO DIESEL | S. PESADO GASOLINA | S. PESADO ALCOOL | PESADO DIESEL | TOTAL DIESEL | TOTAL GASOLINA |
|------|-------------|---------------|--------------|----------------|--------------|------------------|--------------------|------------------|---------------|--------------|----------------|
| 1957 | 0           | 0             | 5.517        | 9.416          | 0            | 0                | 0                  | 0                | 3.074         | 8.591        | 9.416          |
| 1958 | 0           | 0             | 10.381       | 15.247         | 0            | 0                | 0                  | 0                | 4.385         | 14.766       | 15.247         |
| 1959 | 0           | 1.623         | 8.131        | 25.264         | 0            | 0                | 120                | 0                | 3.215         | 11.346       | 27.007         |
| 1960 | 0           | 3.866         | 7.562        | 24.101         | 0            | 0                | 350                | 0                | 3.912         | 11.474       | 28.317         |
| 1961 | 0           | 2.167         | 5.779        | 17.989         | 0            | 0                | 262                | 0                | 2.681         | 8.460        | 20.418         |
| 1962 | 0           | 3.454         | 9.174        | 23.479         | 0            | 0                | 561                | 0                | 2.075         | 11.249       | 27.494         |
| 1963 | 0           | 1.513         | 5.875        | 12.984         | 0            | 0                | 131                | 0                | 2.031         | 7.906        | 14.628         |
| 1964 | 0           | 1.850         | 4.997        | 13.026         | 0            | 7                | 270                | 0                | 2.096         | 7.100        | 15.146         |
| 1965 | 0           | 2.016         | 5.799        | 12.167         | 0            | 31               | 228                | 0                | 2.368         | 8.198        | 14.411         |
| 1966 | 0           | 2.734         | 9.751        | 16.562         | 0            | 0                | 0                  | 0                | 3.198         | 12.949       | 12.296         |
| 1967 | 0           | 2.715         | 10.234       | 13.834         | 0            | 0                | 0                  | 0                | 1.525         | 11.759       | 16.549         |
| 1968 | 0           | 4.315         | 16.117       | 19.088         | 0            | 0                | 0                  | 0                | 2.245         | 18.362       | 23.403         |
| 1969 | 0           | 4.427         | 16.520       | 16.640         | 0            | 31               | 0                  | 0                | 2.683         | 19.234       | 21.067         |
| 1970 | 0           | 4.010         | 15.916       | 13.116         | 0            | 2.800            | 24                 | 0                | 2.390         | 21.106       | 17.150         |
| 1971 | 40          | 4.167         | 14.819       | 12.095         | 0            | 4.636            | 65                 | 0                | 2.912         | 22.407       | 16.327         |
| 1972 | 2.734       | 5.243         | 19.588       | 14.561         | 0            | 4.771            | 35                 | 0                | 3.219         | 30.312       | 19.839         |
| 1973 | 4.292       | 5.363         | 25.257       | 20.360         | 0            | 5.408            | 27                 | 0                | 4.137         | 39.094       | 25.750         |
| 1974 | 5.051       | 6.018         | 25.461       | 24.151         | 0            | 7.794            | 40                 | 0                | 6.702         | 45.008       | 30.209         |
| 1975 | 7.326       | 3.432         | 28.562       | 14.275         | 0            | 12.888           | 66                 | 0                | 8.404         | 57.180       | 17.773         |
| 1976 | 10.606      | 2.851         | 35.776       | 5.499          | 0            | 16.213           | 10                 | 10               | 10.022        | 72.617       | 8.360          |
| 1977 | 17.773      | 1.074         | 49.915       | 1.041          | 0            | 20.288           | 1                  | 0                | 9.803         | 97.779       | 2.116          |
| 1978 | 18.600      | 423           | 38.592       | 662            | 0            | 18.574           | 3                  | 0                | 7.285         | 83.051       | 1.088          |
| 1979 | 21.894      | 398           | 39.546       | 1.639          | 0            | 19.469           | 48                 | 0                | 7.111         | 88.020       | 2.085          |
| 1980 | 23.923      | 741           | 37.834       | 2.097          | 13           | 23.541           | 4                  | 1                | 9.285         | 94.583       | 2.842          |
| 1981 | 14.441      | 1.459         | 21.487       | 1.596          | 661          | 19.602           | 75                 | 1.465            | 8.494         | 64.024       | 3.130          |
| 1982 | 13.180      | 74            | 12.694       | 221            | 314          | 11.367           | 5                  | 590              | 5.554         | 42.795       | 300            |

II/5

onde:

$V_{ij}(t)$  = venda de caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ;

$V_j^f(t)$  = venda de caminhões da categoria  $j$  do fabricante  $f$ ;

$k$  = modelo de caminhão da categoria  $j$  do fabricante  $f$  que existe nas versões diesel, gasolina e álcool; e

$f$  = Ford, Chrysler, General Motors e International Harvester.

Um outro fator de redução do erro cometido ao utilizar-se (A.II.2) para gerar  $V_{ij}(t)$  é o fato de que as empresas Mercedes Benz, Fiat e Puma só produzem caminhões a diesel nos mercados onde existe competição entre os ciclos Otto e diesel, além do fato de que a primeira detém a maior fatia desses mercados. Na Tabela A.II.2 são introduzidos os dados de venda de caminhões, de acordo com a relação (A.II.2).

### A.II.3 - Capacidade de carga de caminhões, por categoria e combustível

As informações sobre capacidade de carga útil dos novos caminhões, extraídas da Revista Transporte Moderno (vários números), são publicadas a nível de modelo. Para organizá-las por categoria e tipo de combustível, ponderaram-se os dados coletados pelas produções dos respectivos modelos, de acordo com a seguinte relação:



TABELA A.II.2

## VENDAS DE CAMINHÕES, POR CATEGORIA E COMBUSTÍVEL

(NUMERO DE VEÍCULOS)

| ANOS | LEVE<br>DIESEL | LEVE<br>GASOLINA | MÉDIO<br>DIESEL | MÉDIO<br>GASOLINA | S.PESADO<br>DIESEL | S.PESADO<br>GASOLINA | PESADO<br>DIESEL | TOTAL<br>DIESEL | TOTAL<br>GASOLINA |
|------|----------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| 1957 | 0              | 849              | 4.012           | 10.392            | 0                  | 0                    | 4.094            | 8.106           | 11.241            |
| 1958 | 0              | 31               | 7.130           | 16.260            | 0                  | 0                    | 4.183            | 11.313          | 16.291            |
| 1959 | 0              | 1.619            | 6.644           | 25.387            | 0                  | 106                  | 3.456            | 10.100          | 27.112            |
| 1960 | 0              | 3.862            | 5.608           | 24.163            | 0                  | 381                  | 4.114            | 9.722           | 28.406            |
| 1961 | 0              | 2.165            | 3.763           | 18.022            | 0                  | 285                  | 2.134            | 5.897           | 20.472            |
| 1962 | 0              | 3.453            | 6.501           | 23.458            | 0                  | 550                  | 2.228            | 8.729           | 27.461            |
| 1963 | 0              | 1.510            | 4.657           | 12.792            | 0                  | 127                  | 2.448            | 7.105           | 14.429            |
| 1964 | 0              | 1.847            | 4.467           | 12.820            | 7                  | 269                  | 1.727            | 6.221           | 14.936            |
| 1965 | 0              | 2.008            | 5.154           | 12.565            | 37                 | 274                  | 2.539            | 7.730           | 14.847            |
| 1966 | 0              | 2.728            | 8.573           | 16.363            | 0                  | 0                    | 2.798            | 11.371          | 19.091            |
| 1967 | 0              | 2.724            | 9.091           | 14.017            | 0                  | 0                    | 1.828            | 10.919          | 16.741            |
| 1968 | 0              | 4.311            | 14.980          | 18.965            | 0                  | 0                    | 2.232            | 17.212          | 23.276            |
| 1969 | 0              | 4.346            | 16.444          | 16.147            | 0                  | 0                    | 2.483            | 18.927          | 20.493            |
| 1970 | 0              | 3.917            | 16.145          | 13.029            | 2.539              | 20                   | 2.448            | 21.132          | 16.966            |
| 1971 | 0              | 4.084            | 14.538          | 11.776            | 4.364              | 18                   | 2.929            | 21.831          | 15.878            |
| 1972 | 2.644          | 5.105            | 19.792          | 14.674            | 4.871              | 45                   | 3.156            | 30.463          | 19.824            |
| 1973 | 4.276          | 5.396            | 25.046          | 20.317            | 5.371              | 29                   | 4.376            | 39.069          | 25.742            |
| 1974 | 4.871          | 5.685            | 23.750          | 23.591            | 7.290              | 37                   | 6.233            | 42.144          | 29.313            |
| 1975 | 7.222          | 3.037            | 26.616          | 13.657            | 11.700             | 64                   | 8.094            | 53.632          | 16.758            |
| 1976 | 9.954          | 2.490            | 33.910          | 5.603             | 14.033             | 10                   | 9.595            | 67.492          | 8.103             |
| 1977 | 16.365         | 947              | 45.635          | 957               | 17.664             | 1                    | 8.746            | 88.410          | 1.905             |
| 1978 | 18.319         | 244              | 36.347          | 675               | 16.778             | 3                    | 6.578            | 78.022          | 922               |
| 1979 | 19.687         | 180              | 34.378          | 1.578             | 16.928             | 33                   | 5.922            | 76.915          | 1.791             |
| 1980 | 20.165         | 412              | 32.013          | 1.796             | 18.572             | 2                    | 7.041            | 77.791          | 2.210             |
| 1981 | 11.847         | 392              | 18.129          | 1.245             | 15.387             | 51                   | 5.520            | 50.883          | 1.688             |
| 1982 | 11.687         | 64               | 12.337          | 222               | 10.699             | 5                    | 4.633            | 39.356          | 291               |

FONTE: Mercedes Benz do Brasil S.A.

NOTA: Os dados de venda dos fabricantes que produzem caminhões com mais de uma tecnologia foram separados, por tipo de combustível, proporcionalmente à sua produção.



$$CG_{ij}(t) = \frac{\sum_k PRD_{ij}^k(t) \cdot CG_{ij}^k(t)}{\sum_k PRD_{ij}^k(t)} \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = l, m, s, p \end{array} \quad (A.II.3)$$

onde:

$CG_{ij}(t)$  = capacidade de carga útil dos caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ; e

$CG_{ij}^k(t)$  = capacidade de carga útil no modelo  $k$  pertencente à categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ .

Os dados obtidos através da relação (A.II.3) são reportados na Tabela A.II.3. Convém registrar que, não obstante os dados primários levantados a nível de modelo terem sido mantidos constantes no período 1957/82, as flutuações observadas devem-se às variações na participação dos diversos fabricantes na oferta de caminhões no País e à introdução de modelos de maior capacidade de carga. Isto é mais evidente no caso da categoria de veículos pesados, onde se nota a nítida tendência do mercado ao uso de caminhões de grande porte.

#### A.II.4 - Tonelada de capacidade de transporte (tct) de caminhões, por categoria e combustível

Como as categorias de caminhões possuem características e atributos distintos, sendo por isso alocados em diferentes tipos de serviço de transporte, a utilização do número de caminhões vendidos no País como variável endógena do modelo de demanda de novos veículos (ver Subseção A.II.2) não é a unidade mais conveniente num estudo dessa natureza. Assim, com o objetivo de homogeneizar os dados de venda de caminhões descritos na subseção A.II.2, introduziu-se então a unidade tonelada de capacidade de transporte (tct),<sup>9</sup> através da qual os dados históricos de venda por categoria e combustível, foram transformados mediante a seguinte relação:

<sup>9</sup>Para maiores detalhes a respeito da adoção da unidade de capital tct, bem como sobre as hipóteses implícitas na sua utilização nesta pesquisa, consultar Rezende (1983b).

TABELA A.II.3

## CAPACIDADE DE CARGA ÚTIL DE CAMINHÕES, POR CATEGORIA E COMBUSTÍVEL

(Tonelada)

| ANOS | LEVE<br>DIESEL | LEVE<br>GASOLINA | MÉDIO<br>DIESEL | MÉDIO<br>GASOLINA | S. PESADO<br>DIESEL | S. PESADO<br>GASOLINA | PESADO<br>DIESEL | CAPAC. MÉDIA<br>GASOLINA | CAPAC. MÉDIA<br>GASOLINA |
|------|----------------|------------------|-----------------|-------------------|---------------------|-----------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1957 | -              | -                | 7,22            | 7,74              | -                   | -                     | 17,93            | 7,43                     | 12,63                    |
| 1958 | -              | -                | 7,22            | 7,75              | -                   | -                     | 18,05            | 7,74                     | 11,23                    |
| 1959 | -              | 3,58             | 7,22            | 7,76              | -                   | 11,71                 | 18,36            | 7,52                     | 11,04                    |
| 1960 | -              | 3,58             | 7,22            | 7,77              | -                   | 11,73                 | 18,40            | 7,25                     | 11,95                    |
| 1961 | -              | 3,58             | 7,23            | 7,76              | -                   | 11,76                 | 18,77            | 7,38                     | 11,41                    |
| 1962 | -              | 3,58             | 7,27            | 7,76              | -                   | 11,74                 | 19,77            | 7,31                     | 10,46                    |
| 1963 | -              | 3,58             | 7,28            | 7,75              | -                   | 11,78                 | 19,71            | 7,35                     | 11,56                    |
| 1964 | -              | 3,58             | 7,28            | 7,75              | 11,71               | 11,75                 | 19,88            | 7,31                     | 10,78                    |
| 1965 | -              | 3,58             | 7,29            | 7,75              | 11,83               | 11,74                 | 19,42            | 7,26                     | 11,29                    |
| 1966 | -              | 3,58             | 7,28            | 7,75              | -                   | 0,00                  | 19,46            | 7,15                     | 10,27                    |
| 1967 | -              | 3,58             | 7,27            | 7,76              | -                   | 0,00                  | 19,48            | 7,08                     | 9,32                     |
| 1968 | -              | 3,58             | 7,32            | 7,75              | -                   | 0,00                  | 19,74            | 6,98                     | 8,93                     |
| 1969 | -              | 3,58             | 7,32            | 7,75              | -                   | 0,00                  | 19,70            | 6,86                     | 8,94                     |
| 1970 | -              | 3,58             | 7,30            | 7,76              | 9,80                | 9,35                  | 19,91            | 6,80                     | 9,06                     |
| 1971 | -              | 3,58             | 7,29            | 7,77              | 11,43               | 9,11                  | 19,60            | 6,69                     | 9,77                     |
| 1972 | 3,68           | 3,58             | 7,29            | 7,77              | 10,73               | 9,31                  | 19,82            | 6,70                     | 8,83                     |
| 1973 | 3,68           | 3,58             | 7,31            | 7,78              | 10,85               | 9,13                  | 19,98            | 6,90                     | 8,82                     |
| 1974 | 3,69           | 3,58             | 7,31            | 7,77              | 10,42               | 9,18                  | 19,80            | 6,96                     | 9,28                     |
| 1975 | 3,65           | 3,61             | 7,34            | 7,77              | 10,71               | 9,20                  | 20,01            | 7,02                     | 9,49                     |
| 1976 | 3,63           | 3,64             | 7,41            | 7,76              | 10,58               | 9,10                  | 22,25            | 6,50                     | 9,62                     |
| 1977 | 3,75           | 3,65             | 7,54            | 7,76              | 10,55               | 7,00                  | 22,64            | 5,72                     | 8,93                     |
| 1978 | 3,74           | 3,59             | 7,45            | 7,79              | 10,51               | 8,66                  | 21,94            | 6,68                     | 8,46                     |
| 1979 | 3,67           | 3,57             | 7,46            | 7,81              | 10,58               | 9,30                  | 22,46            | 7,41                     | 8,33                     |
| 1980 | 3,56           | 3,58             | 7,47            | 7,80              | 10,53               | 11,50                 | 23,10            | 7,01                     | 8,60                     |
| 1981 | 3,50           | 3,57             | 7,41            | 7,80              | 10,93               | 9,17                  | 22,75            | 6,86                     | 9,23                     |
| 1982 | 3,58           | 3,56             | 7,36            | 7,82              | 10,55               | 9,80                  | 23,06            | 6,91                     | 8,95                     |

NOTA: Estes dados foram obtidos através de média ponderada da capacidade de carga dos diversos modelos de caminhões, utilizando-se como pesos suas respectivas produções, de acordo com os dados fornecidos pela ANFAVEA (1957/82).

$$VT_{ij}(t) = V_{ij}(t) \cdot CG_{ij}(t) \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = l, m, s, p \end{array} \quad (A.II.4)$$

onde:

$VT_{ij}(t)$  = venda de caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ , medida na unidade tct.

A tct total dos novos caminhões, utilizada como sendo a demanda derivada por capacidade de transporte rodoviário, foi determinada através da seguinte identidade:

$$VT(t) = \sum_i \sum_j VT_{ij}(t) \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = l, m, s, p \end{array} \quad (A.II.5)$$

A Tabela A.II.4 ilustra os dados históricos de vendas de caminhões transformados em tct, de acordo com a relação (A.II.4).

#### A.II.5 - Eficiência energética de caminhões, por categoria e combustível

Os dados de eficiência energética dos novos caminhões, isto é, o número de quilômetros que o veículo percorre com um litro de combustível, foram coletados primariamente a nível de modelo, com base nas informações publicadas pela Revista Transporte Moderno (vários números).<sup>10</sup> Os valores que aparecem na Tabela

---

<sup>10</sup> Outra fonte importante de informações sobre eficiência energética dos novos caminhões é a Revista O carreteiro, onde são publicados mensalmente testes de desempenho de caminhões saídos da fábrica, contendo dados sobre velocidade média, tempo de percurso, volume de carga transportado, performance de motor e de freios, etc.

TABELA A.II.4

## TCT DE NOVOS CAMINHÕES, POR CATEGORIA E COMBUSTÍVEL

| ANOS | LEVE<br>DIESEL | LEVE<br>GASOLINA | MÉDIO<br>DIESEL | MÉDIO<br>GASOLINA | S.PESADO<br>DIESEL | S.PESADO<br>GASOLINA | PESADO<br>DIESEL | TCT TOTAL<br>DIESEL | TCT TOTAL<br>GASOLINA |
|------|----------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| 1957 | 0              | 3.101            | 28.999          | 80.485            | 0                  | 0                    | 73.407           | 102.406             | 83.586                |
| 1958 | 0              | 113              | 51.536          | 126.110           | 0                  | 0                    | 75.516           | 127.052             | 126.223               |
| 1959 | 0              | 5.801            | 48.023          | 197.083           | 0                  | 1.242                | 63.482           | 111.505             | 204.126               |
| 1960 | 0              | 13.838           | 40.535          | 187.778           | 0                  | 4.471                | 75.718           | 116.253             | 206.087               |
| 1961 | 0              | 7.757            | 27.242          | 140.023           | 0                  | 3.352                | 40.074           | 67.316              | 151.132               |
| 1962 | 0              | 12.372           | 47.276          | 182.113           | 0                  | 6.457                | 44.069           | 91.345              | 200.942               |
| 1963 | 0              | 5.410            | 33.907          | 99.261            | 0                  | 1.497                | 48.263           | 82.170              | 106.168               |
| 1964 | 0              | 6.618            | 32.695          | 99.454            | 82                 | 3.161                | 34.347           | 67.124              | 109.233               |
| 1965 | 0              | 7.195            | 37.583          | 97.435            | 438                | 3.219                | 49.323           | 87.344              | 107.849               |
| 1966 | 0              | 9.774            | 62.427          | 126.869           | 0                  | 0                    | 54.463           | 116.890             | 136.643               |
| 1967 | 0              | 9.760            | 66.147          | 108.773           | 0                  | 0                    | 35.618           | 101.765             | 118.533               |
| 1968 | 0              | 15.446           | 109.761         | 147.160           | 0                  | 0                    | 44.063           | 153.823             | 162.606               |
| 1969 | 0              | 15.572           | 120.400         | 125.155           | 0                  | 0                    | 48.929           | 169.329             | 140.727               |
| 1970 | 0              | 14.035           | 117.904         | 101.218           | 24.888             | 187                  | 48.752           | 191.545             | 115.440               |
| 1971 | 0              | 14.633           | 106.083         | 91.545            | 49.895             | 164                  | 57.428           | 213.406             | 106.342               |
| 1972 | 9.756          | 18.291           | 144.392         | 114.130           | 52.304             | 419                  | 62.576           | 269.029             | 132.840               |
| 1973 | 15.778         | 19.334           | 183.278         | 158.092           | 58.281             | 265                  | 87.468           | 344.805             | 177.691               |
| 1974 | 17.974         | 20.369           | 173.788         | 183.451           | 76.032             | 340                  | 123.472          | 391.266             | 204.160               |
| 1975 | 26.382         | 10.986           | 195.435         | 106.224           | 125.350            | 589                  | 162.035          | 509.201             | 117.799               |
| 1976 | 36.223         | 9.084            | 251.610         | 43.504            | 148.545            | 91                   | 213.561          | 649.938             | 52.679                |
| 1977 | 61.406         | 3.461            | 344.349         | 7.433             | 186.367            | 7                    | 198.086          | 790.207             | 10.901                |
| 1978 | 68.573         | 876              | 271.013         | 5.263             | 176.370            | 26                   | 144.364          | 660.321             | 6.165                 |
| 1979 | 72.325         | 644              | 256.675         | 12.328            | 179.112            | 307                  | 133.014          | 641.125             | 13.279                |
| 1980 | 71.967         | 1.477            | 239.381         | 14.020            | 195.565            | 23                   | 162.649          | 669.561             | 15.520                |
| 1981 | 41.561         | 1.403            | 134.367         | 9.761             | 168.322            | 468                  | 125.599          | 469.849             | 11.587                |
| 1982 | 41.893         | 228              | 90.805          | 1.737             | 112.907            | 49                   | 106.851          | 352.455             | 2.014                 |

II/II

NOTA: Estes dados foram construídos a partir dos dados de venda de caminhões fornecidos pela Mercedes Benz do Brasil S.A., reportados na Tabela A.II.2

A.II.5 correspondem à agregação-padrão utilizada nesta pesquisa, tal como foi feito para todas as variáveis descritas nas Subseções A.II.1 a A.II.4. Assim sendo, pode-se escrever:

$$E_{ij}(t) = \frac{\sum_k \text{PRD}_{ij}^k(t) \cdot E_{ij}^k(t)}{\sum_k \text{PRD}_{ij}^k(t)} \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = l, m, s, p \end{array} \quad (\text{A.II.6})$$

onde,  $E_{ij}(t)$  = eficiência energética dos caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ; e

$E_{ij}^k(t)$  = eficiência energética do modelo  $k$  pertencente à categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ .

A análise das informações coletadas nas planilhas de custo operacional da Revista Transporte Moderno em diversos anos indica que a eficiência energética de um determinado modelo de caminhão praticamente não variou no tempo. Como não foi possível obter dados para todos os anos do período 1957/82, admitiu-se como constante a variável  $E_{ij}^k(t)$ . Por outro lado, existem diferenças significativas na qualidade dos caminhões produzidos pelos diversos fabricantes - aqui interessa discutir apenas as do ponto de vista energético -, que de alguma forma induzem mudanças na participação das empresas no mercado de caminhões. Assim, as variações observadas nos dados apresentados na Tabela A.II.5 refletem este comportamento dinâmico da indústria de veículos de carga. A eficiência energética média dos novos caminhões, por tipo de combustível, foi calculada da seguinte forma:

$$E_i(t) = \frac{\sum_j \sum_k \text{PRD}_{ij}^k(t) \cdot E_{ij}^k(t)}{\sum_j \sum_k \text{PRD}_{ij}^k(t)} \quad i = d, g \quad (\text{A.II.7})$$

Com relação à variável eficiência energética média da frota de caminhões, por combustível, não foi possível levantar informações sobre a eficiência dos caminhões, por idade, em nenhum

TABELA A.II.5  
EFICIÊNCIA MÉDIA DE CAMINHÕES, POR CATEGORIA E COMBUSTÍVEL

| ANOS | LEVE DIESEL | LEVE GASOLINA | MÉDIO DIESEL | MÉDIO GASOLINA | S. PESADO DIESEL | S. PESADO GASOLINA | PESADO DIESEL | EFIC. MÉDIA DIESEL | EFIC. MÉDIA GASOLINA |
|------|-------------|---------------|--------------|----------------|------------------|--------------------|---------------|--------------------|----------------------|
| 1957 | -           | -             | 3,41         | 1,72           | -                | -                  | 2,00          | 3,39               | 1,72                 |
| 1958 | -           | -             | 3,41         | 1,72           | -                | -                  | 1,99          | 2,99               | 1,72                 |
| 1959 | -           | 2,74          | 3,41         | 1,73           | -                | -                  | 1,98          | 3,00               | 1,79                 |
| 1960 | -           | 2,74          | 3,41         | 1,73           | -                | -                  | 1,97          | 2,92               | 1,87                 |
| 1961 | -           | 2,74          | 3,39         | 1,73           | -                | -                  | 1,97          | 2,94               | 1,84                 |
| 1962 | -           | 2,74          | 3,32         | 1,73           | -                | -                  | 1,94          | 3,07               | 1,86                 |
| 1963 | -           | 2,74          | 3,30         | 1,73           | -                | -                  | 1,96          | 2,95               | 1,83                 |
| 1964 | -           | 2,74          | 3,32         | 1,73           | -                | -                  | 1,94          | 2,91               | 1,85                 |
| 1965 | -           | 2,74          | 3,31         | 1,73           | -                | -                  | 1,94          | 2,91               | 1,87                 |
| 1966 | -           | 2,74          | 3,31         | 1,73           | -                | -                  | 1,94          | 2,97               | 1,87                 |
| 1967 | -           | 2,74          | 3,33         | 1,74           | -                | -                  | 1,95          | 3,15               | 1,90                 |
| 1968 | -           | 2,74          | 3,25         | 1,73           | -                | -                  | 1,94          | 3,09               | 1,92                 |
| 1969 | -           | 2,73          | 3,25         | 1,70           | -                | -                  | 1,94          | 3,06               | 1,92                 |
| 1970 | -           | 2,73          | 3,26         | 1,73           | 2,82             | -                  | 1,93          | 3,05               | 1,97                 |
| 1971 | 5,00        | 2,74          | 3,28         | 1,74           | 2,92             | -                  | 1,94          | 3,03               | 2,00                 |
| 1972 | 5,00        | 2,74          | 3,28         | 1,75           | 2,84             | -                  | 1,89          | 3,21               | 2,01                 |
| 1973 | 5,00        | 2,74          | 3,24         | 1,75           | 2,88             | -                  | 1,89          | 3,24               | 1,96                 |
| 1974 | 5,00        | 2,74          | 3,23         | 1,75           | 2,86             | -                  | 2,01          | 3,18               | 1,94                 |
| 1975 | 5,00        | 2,75          | 3,19         | 1,75           | 2,85             | -                  | 2,05          | 3,18               | 1,95                 |
| 1976 | 4,98        | 2,76          | 3,15         | 1,75           | 2,85             | -                  | 2,24          | 3,22               | 2,10                 |
| 1977 | 4,93        | 2,75          | 3,11         | 1,75           | 2,83             | -                  | 2,29          | 3,30               | 2,26                 |
| 1978 | 4,96        | 2,69          | 3,17         | 1,76           | 2,84             | -                  | 2,39          | 3,45               | 2,12                 |
| 1979 | 4,95        | 2,69          | 3,17         | 1,79           | 2,83             | -                  | 2,45          | 3,50               | 1,96                 |
| 1980 | 5,01        | 2,69          | 3,12         | 1,77           | 2,89             | -                  | 2,36          | 3,49               | 2,01                 |
| 1981 | 5,08        | 2,69          | 3,36         | 1,77           | 2,99             | -                  | 2,08          | 3,66               | 2,21                 |
| 1982 | 5,11        | 2,69          | 3,36         | 1,78           | 3,01             | -                  | 2,08          | 3,66               | 2,01                 |

II/13

FONTE: REVISTA TRANSPORTE MODERNO (vários números).

NOTA: Os dados originais referem-se aos dados de eficiência dos diversos modelos de caminhões. Os dados aqui apresentados foram obtidos através de médias ponderadas utilizando-se como pesos os dados de produção da ANFAVEA (1957/82).



ano do período 1957/82. Assumiu-se então a igualdade entre a eficiência dos novos veículos e a média da frota (ver hipótese H2 no sumário das hipóteses adotadas na metodologia da pesquisa), tendo em vista derivar as projeções de consumo de energia no TRC.

#### A.II.6 - Utilização dos caminhões, por categoria e combustível

Conforme foi discutido na Subseção 2.2.2, a variável utilização média dos caminhões, por categoria e combustível  $U_{ij}(t)$ , foi construída a partir de estimativas com base na técnica Delphi de consulta a especialistas na área de transporte. O procedimento adotado consistiu, basicamente, na obtenção de um consenso em torno do número de quilômetros que um modelo de caminhão da categoria  $j$  e ciclo  $i$  percorre durante um ano. Considerando-se que dentro de uma mesma categoria existe diferenciação de ponte nos modelos e, conseqüentemente, diferenciação na sua utilização, sobretudo nas faixas de caminhões semipesados e pesados, e que, além disso, os veículos a diesel rodam mais do que os veículos a gasolina, nas faixas onde existe competição entre as tecnologias diesel e Otto, foram introduzidas as seguintes hipóteses na estimação da variável  $U_{ij}^k(t)$ , onde  $k$  designa os modelos considerados na Subseção A.II.1 anterior:

H4 = os valores estimados de  $U_{dj}^k(t)$  foram supostos constantes no tempo e os de  $U_{gj}^k(t)$  linearmente decrescente a partir de 1965, no caso dos caminhões semipesados a gasolina, e a partir de 1974, no caso dos veículos leves e médios a gasolina.

H5 = a utilização dos modelos de caminhões, de mesmo ciclo, dentro de uma mesma categoria, aumenta proporcionalmente com sua capacidade de carga útil.

A redução de break-even (km/veículo) dos caminhões a gasolina no período 1957/82 é um fato. A questão é saber como se processou a diminuição da utilização dos veículos do ciclo Otto. Em H4 assumiu-se um comportamento declinante linear. A razão da escolha dos anos de 1965 e 1974 deve-se ao fato de que a produção e



a venda de novos caminhões semipesados passaram a declinar vertiginosamente a partir de 1965, o mesmo ocorrendo com os leves e médios a partir de 1974. A hipótese H5 foi introduzida em virtude da entrada no mercado de modelos de grande capacidade de carga, sobretudo na faixa dos caminhões pesados (maiores detalhes com o autor).

Com base nas hipóteses H4 e H5 acima descritas, estimou-se a variável  $U_{ij}^k(t)$ . A utilização média dos caminhões  $U_{ij}(t)$  foi construída então através da seguinte expressão:

$$U_{ij}(t) = \left[ \sum_k \text{PRD}_{ij}^k(t) \cdot U_{ij}(t) \right] / \left[ \sum_k \text{PRD}_{ij}^k(t) \right] \quad (\text{A.II.8})$$

De acordo com a exposição feita na Subseção 2.2.2, a utilização da frota (no período 1977/82) pode ser estimada pela seguinte relação:

$$U_i(t) = \left[ \sum_j U_{ij}(t) \cdot F_{ij}(t) \right] / \left[ \sum_j F_{ij}(t) \right] \quad (\text{A.II.9})$$

onde:

$F_{ij}(t)$  = frota de caminhões da categoria  $j$  e ciclo  $i$  no (final do) ano  $t$ .

A Tabela A.II.6 apresenta as informações sobre utilização de caminhões, construídas a partir de (A.II.8).

#### A.II.7 - Variáveis de preço

Nesta seção serão descritos os dados de preço de combustíveis (diesel e gasolina) e de caminhões novos, por categoria e combustível, bem como os índices gerais de preço na economia, utilizados para deflacionar os valores nominais coletados nesta pesquisa. Estas informações terão papel fundamental na construção das variáveis de preço de energia e capital do modelo de demandas  $tct$ .

TABELA A.II.6

## UTILIZAÇÃO MÉDIA DE CAMINHÕES, POR CATEGORIA E COMBUSTÍVEL

(1.000 km/veículo.ano)

| ANOS | X              |                  | X               |                   | X                  |                      | X                |
|------|----------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------|
|      | LEVE<br>DIESEL | LEVE<br>GASOLINA | MÉDIO<br>DIESEL | MÉDIO<br>GASOLINA | S.PESADO<br>DIESEL | S.PESADO<br>GASOLINA | PESADO<br>DIESEL |
| 1957 | -              | -                | 42              | 44                | -                  | -                    | 80               |
| 1958 | -              | -                | 42              | 44                | -                  | -                    | 80               |
| 1959 | -              | 36               | 42              | 45                | -                  | 50                   | 80               |
| 1960 | -              | 36               | 42              | 45                | -                  | 50                   | 80               |
| 1961 | -              | 36               | 42              | 45                | -                  | 50                   | 80               |
| 1962 | -              | 36               | 43              | 45                | -                  | 50                   | 85               |
| 1963 | -              | 36               | 43              | 44                | -                  | 50                   | 83               |
| 1964 | -              | 36               | 43              | 44                | -                  | 50                   | 84               |
| 1965 | -              | 36               | 43              | 44                | -                  | 50                   | 84               |
| 1966 | -              | 36               | 43              | 44                | -                  | 46                   | 86               |
| 1967 | -              | 36               | 43              | 44                | -                  | 42                   | 84               |
| 1968 | -              | 36               | 44              | 44                | -                  | 38                   | 86               |
| 1969 | -              | 36               | 44              | 44                | -                  | 34                   | 86               |
| 1970 | -              | 36               | 43              | 43                | 75                 | 30                   | 86               |
| 1971 | -              | 36               | 43              | 44                | 76                 | 26                   | 86               |
| 1972 | 36             | 36               | 43              | 42                | 76                 | 22                   | 90               |
| 1973 | 36             | 36               | 44              | 44                | 76                 | 18                   | 90               |
| 1974 | 36             | 32               | 44              | 38                | 76                 | 14                   | 90               |
| 1975 | 36             | 30               | 44              | 34                | 77                 | 10                   | 93               |
| 1976 | 36             | 28               | 46              | 32                | 78                 | 6                    | 96               |
| 1977 | 38             | 26               | 50              | 30                | 76                 | -                    | 96               |
| 1978 | 39             | 24               | 50              | 28                | 79                 | -                    | 96               |
| 1979 | 40             | 22               | 50              | 26                | 79                 | -                    | 96               |
| 1980 | 39             | 20               | 49              | 24                | 79                 | -                    | 98               |
| 1981 | 37             | 18               | 48              | 22                | 79                 | -                    | 96               |
| 1982 | 36             | 18               | 48              | 21                | 78                 | -                    | 96               |

FONTE: Censo de Especialistas em Transporte.

NOTA: Estes valores foram estimados com base num censo de especialistas em transportes em torno da quilometragem percorrida pelos diversos modelos de caminhão, de acordo com H4 e H5.

## A.II.7.1 - Preços de energia

Os dados históricos de preço nominal de óleo diesel e gasolina foram extraídos de um estudo de Ramos (1983). Para transformá-los em valores reais, utilizou-se o índice deflator implícito da economia<sup>11</sup> publicado pela Conjuntura Econômica (vários números) na seção de Contas Nacionais. Assim, os dados que aparecem na Tabela A.II.7 foram expressos em cruzeiros constantes de 1981. A fim de ilustrar a execução da política de preços relativos de gasolina e diesel do Governo no período 1957/82, foi incorporada na mesma tabela a razão entre os preços desses energéticos. Observa-se que a partir de 1959 o preço real da gasolina vinha mantendo-se aproximadamente 20% maior do que o do óleo diesel até a ocorrência do primeiro choque do petróleo no final de 1973. De 1974 em diante esta relação passou a ser de 73%, situando-se, em média, em torno de 85% até a nova escalada dos preços internacionais do petróleo verificada em 1979. Em 1980 a mesma alcançou o seu valor máximo no período 1957/82, ou seja 131%.

## A.II.7.2 - Preço dos caminhões novos, por categoria e combustível

De forma idêntica àquela em que foram agregadas as informações de capacidade de carga útil e eficiência energética dos caminhões, por categoria e combustível, também o foram os dados de preço nominal de caminhões, por modelo, extraídos da Revista Transporte Moderno.<sup>12</sup> Como suas publicações iniciaram-se em 1963,

---

<sup>11</sup> A fim de uniformizar o processo de deflação das variáveis monetárias envolvidas na metodologia da pesquisa. A utilização do Índice Deflator Implícito ou do Índice Geral de Preços (IGP) - disponibilidade interna como deflator de preços leva a resultados muito parecidos, pois seus valores diferem muito pouco entre si no período 1957/82.

<sup>12</sup> A Revista O Carreteiro também publica dados sobre o preço dos caminhões novos, através de pesquisas de preços realizadas na região da Grande São Paulo. Ambas as fontes desenvolvem paralelamente levantamentos de preços no mercado de caminhões usados.

TABELA A.II.7

## PREÇO REAL DE ENERGIA E ÍNDICE DEFLATOR IMPLÍCITO DA ECONOMIA

| ANOS | PREÇO DO DIESEL | PREÇO DA GASOLINA | PREÇO RELATIVO GASOLINA/DIESEL | ÍNDICE DEFLATOR IMPLÍCITO |
|------|-----------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 1957 | 12,06           | 20,00             | 1,66                           | 0,029                     |
| 1958 | 11,51           | 19,39             | 1,68                           | 0,033                     |
| 1959 | 15,23           | 19,28             | 1,27                           | 0,042                     |
| 1960 | 12,45           | 15,84             | 1,27                           | 0,053                     |
| 1961 | 18,02           | 24,64             | 1,27                           | 0,071                     |
| 1962 | 15,31           | 19,81             | 1,29                           | 0,111                     |
| 1963 | 15,27           | 19,69             | 1,29                           | 0,197                     |
| 1964 | 16,59           | 20,72             | 1,25                           | 0,370                     |
| 1965 | 20,08           | 25,54             | 1,27                           | 0,575                     |
| 1966 | 17,92           | 22,57             | 1,26                           | 0,803                     |
| 1967 | 17,06           | 20,80             | 1,22                           | 1,034                     |
| 1968 | 17,47           | 21,14             | 1,21                           | 1,332                     |
| 1969 | 19,37           | 23,51             | 1,21                           | 1,591                     |
| 1970 | 19,46           | 23,44             | 1,20                           | 1,880                     |
| 1971 | 20,34           | 24,45             | 1,20                           | 2,234                     |
| 1972 | 21,82           | 25,68             | 1,18                           | 2,647                     |
| 1973 | 20,34           | 24,42             | 1,20                           | 3,208                     |
| 1974 | 21,04           | 36,33             | 1,73                           | 4,264                     |
| 1975 | 22,27           | 41,81             | 1,88                           | 5,737                     |
| 1976 | 22,86           | 47,64             | 2,08                           | 8,354                     |
| 1977 | 26,05           | 48,90             | 1,88                           | 11,900                    |
| 1978 | 24,76           | 45,13             | 1,82                           | 16,780                    |
| 1979 | 27,06           | 45,26             | 1,67                           | 26,310                    |
| 1980 | 28,55           | 66,13             | 2,31                           | 51,230                    |
| 1981 | 36,80           | 70,20             | 1,91                           | 100,000                   |
| 1982 | 35,61           | 60,70             | 1,70                           | 199,700                   |

FONTES: Ramos (1983) e Conjuntura Econômica (vários números).

os dados referentes ao período 1957/62 foram levantados no Anuário Estatístico dos Transportes [ver MT/GEIPOT (1970)]. Apesar de algumas discrepâncias nas estatísticas comuns às duas fontes, suas séries históricas foram concatenadas sem maiores problemas. Com base também no índice deflator implícito da economia, os preços nominais dos caminhões foram convertidos para cruzeiros constantes de 1981. A Tabela A.II.8 mostra a evolução histórica do preço real dos caminhões, por categoria e combustível, obtidas a partir da seguinte relação:

$$P_{ij}(t) = \frac{\sum_k PRD_{ij}^k(t) \cdot P_{ij}^k(t)}{\sum_k PRD_{ij}^k(t)} \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = l, m, s, p \end{array} \quad (A.II.10)$$

onde:

$P_{ij}(t)$  = preço real do caminhão novo da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ; e

$P_{ij}^k(t)$  = preço real do modelo  $k$  pertencente à categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ .

O preço real médio dos caminhões por combustível foi calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$PC_i(t) = \frac{\sum_j \sum_k PRD_{ij}^k(t) \cdot P_{ij}^k(t)}{\sum_j \sum_k PRD_{ij}^k(t)} \quad i = d, g \quad (A.II.11)$$

Os dados apresentados na Tabela A.II.8 revelam que a única categoria de veículos que apresentou crescimento significativo no seu preço real no período 1957/82 foi a dos caminhões pesados. Na média, o preço dos caminhões a diesel sofreu grandes variações, retornando ao final deste período ao seu nível inicial. Por outro lado, o preço dos caminhões a gasolina apresentou o mesmo comportamento geral, uma nítida tendência ao decréscimo. Este comporta

TABELA A.11.8

## PREÇO REAL DE CAMINHÕES, POR CATEGORIA E COMBUSTÍVEL

(Cr\$ de 1981)

| ANOS | LEVE<br>DIESEL | LEVE<br>GASOLINA | MÉDIO<br>DIESEL | MÉDIO<br>GASOLINA | S. PESADO<br>DIESEL | S. PESADO<br>GASOLINA | PESADO<br>DIESEL | PREÇO<br>MÉDIO<br>DIESEL | PREÇO<br>MÉDIO<br>GASOLINA |
|------|----------------|------------------|-----------------|-------------------|---------------------|-----------------------|------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1957 | -              | -                | 2.775.862       | 1.702.796         | -                   | -                     | 3.344.829        | 2.789.255                | 1.702.796                  |
| 1958 | -              | -                | 2.439.394       | 1.767.492         | -                   | -                     | 3.515.617        | 2.756.889                | 1.767.492                  |
| 1959 | -              | 1.516.667        | 2.309.524       | 1.618.310         | -                   | 2.357.143             | 3.551.822        | 2.661.541                | 1.615.407                  |
| 1960 | -              | 1.641.509        | 2.864.151       | 1.810.011         | -                   | 2.728.302             | 3.620.187        | 3.121.917                | 1.797.983                  |
| 1961 | -              | 1.628.169        | 3.457.585       | 1.890.243         | -                   | 3.215.493             | 4.880.312        | 3.908.452                | 1.879.015                  |
| 1962 | -              | 1.711.712        | 3.706.836       | 1.932.941         | -                   | 3.482.883             | 5.458.749        | 4.029.995                | 1.936.876                  |
| 1963 | -              | 2.124.366        | 3.720.037       | 2.368.208         | -                   | 4.071.066             | 5.490.700        | 4.175.254                | 2.358.080                  |
| 1964 | -              | 1.782.973        | 3.590.710       | 2.231.591         | 4.512.162           | 3.695.676             | 5.822.416        | 4.261.209                | 2.202.619                  |
| 1965 | -              | 1.625.044        | 3.217.016       | 2.072.338         | 3.614.609           | 2.963.478             | 6.131.813        | 4.086.663                | 2.023.593                  |
| 1966 | -              | 1.487.173        | 2.695.313       | 1.861.312         | 0                   | -                     | 5.549.317        | 3.400.163                | 1.808.301                  |
| 1967 | -              | 1.272.340        | 2.765.520       | 1.660.909         | 0                   | -                     | 4.842.338        | 3.034.858                | 1.597.161                  |
| 1968 | -              | 1.283.207        | 2.412.004       | 1.604.668         | 0                   | -                     | 4.978.371        | 2.725.776                | 1.545.397                  |
| 1969 | -              | 1.258.014        | 2.260.319       | 1.540.518         | 0                   | -                     | 4.936.236        | 2.634.192                | 1.488.043                  |
| 1970 | -              | 1.258.672        | 2.253.963       | 1.530.264         | 2.837.287           | -                     | 4.876.295        | 2.596.730                | 1.466.672                  |
| 1971 | -              | 1.322.115        | 2.428.934       | 1.519.979         | 3.231.484           | 2.163.304             | 4.578.160        | 2.837.599                | 1.472.121                  |
| 1972 | 1.611.485      | 1.238.015        | 2.396.271       | 1.437.195         | 3.002.677           | 2.046.959             | 5.186.095        | 2.702.933                | 1.385.632                  |
| 1973 | 1.515.711      | 1.122.671        | 2.251.518       | 1.297.869         | 2.795.314           | 1.846.072             | 4.966.687        | 2.522.867                | 1.261.955                  |
| 1974 | 1.496.787      | 935.547          | 1.961.898       | 1.097.659         | 2.533.539           | 1.557.176             | 4.205.768        | 2.339.407                | 1.065.972                  |
| 1975 | 1.580.791      | 986.334          | 1.934.044       | 1.173.656         | 2.638.054           | 1.600.436             | 4.759.860        | 2.490.500                | 1.145.695                  |
| 1976 | 1.361.586      | 886.072          | 1.591.098       | 1.063.505         | 2.384.405           | 1.470.649             | 4.155.022        | 2.075.212                | 1.003.482                  |
| 1977 | 1.380.495      | 798.860          | 1.577.302       | 1.021.034         | 2.317.050           | 1.450.983             | 4.434.318        | 1.970.945                | 908.470                    |
| 1978 | 1.472.635      | 792.014          | 1.909.313       | 978.427           | 2.500.386           | 1.420.441             | 4.591.631        | 2.151.862                | 907.171                    |
| 1979 | 1.334.540      | 698.176          | 1.723.832       | 908.461           | 2.287.856           | 1.263.892             | 4.448.452        | 1.955.211                | 876.503                    |
| 1980 | 1.175.088      | 895.466          | 1.427.961       | 864.749           | 1.964.700           | -                     | 4.097.006        | 1.766.622                | 872.769                    |
| 1981 | 1.716.666      | 943.536          | 2.154.991       | 1.339.325         | 2.710.255           | -                     | 5.160.500        | 2.598.485                | 1.150.305                  |
| 1982 | 1.764.275      | 971.776          | 2.217.674       | 1.446.865         | 2.957.438           | -                     | 6.759.223        | 2.867.428                | 1.327.690                  |

FONTE: Revista Transporte Moderno.

NOTA: Os dados originais referem-se às informações de preço médio anual dos diversos modelos de caminhões. As séries históricas aqui apresentadas foram obtidas através de médias ponderadas, utilizando-se como pesos os dados de produção da ANFAVEA, por modelo.



TABELA A.II.9  
 CUSTO/TKM DA TCT NOVA, POR CATEGORIA E COMBUSTÍVEL  
 (Cr\$/tkm de 1981)

| ANOS | LEVE DIESEL | LEVE GASOLINA | MÉDIO DIESEL | MÉDIO GASOLINA | S.PESADO DIESEL | S.PESADO GASOLINA | PESADO DIESEL | CUSTO TCT DIESEL | CUSTO TCT GASOLINA | CUSTO TCT TOTAL |
|------|-------------|---------------|--------------|----------------|-----------------|-------------------|---------------|------------------|--------------------|-----------------|
| 1957 | 0,00        | 0,00          | 2,89         | 3,29           | 0,00            | 0,00              | 1,16          | 2,02             | 3,04               | 2,61            |
| 1958 | 0,00        | 0,00          | 2,58         | 3,34           | 0,00            | 0,00              | 1,06          | 2,02             | 3,33               | 2,79            |
| 1959 | 0,00        | 6,50          | 2,64         | 3,18           | 0,00            | 2,16              | 1,12          | 2,12             | 3,38               | 3,03            |
| 1960 | 0,00        | 6,52          | 2,98         | 3,22           | 0,00            | 2,37              | 1,05          | 2,17             | 3,66               | 3,28            |
| 1961 | 0,00        | 7,38          | 3,74         | 3,84           | 0,00            | 3,09              | 1,45          | 2,91             | 4,21               | 3,92            |
| 1962 | 0,00        | 7,14          | 3,82         | 3,60           | 0,00            | 3,24              | 1,37          | 3,20             | 4,04               | 3,83            |
| 1963 | 0,00        | 8,36          | 3,83         | 4,13           | 0,00            | 3,83              | 1,41          | 3,00             | 4,57               | 4,05            |
| 1964 | 0,00        | 7,44          | 3,79         | 4,03           | 2,42            | 3,70              | 1,49          | 3,15             | 4,45               | 4,06            |
| 1965 | 0,00        | 7,46          | 3,63         | 4,10           | 2,14            | 3,38              | 1,66          | 2,97             | 4,54               | 4,01            |
| 1966 | 0,00        | 6,75          | 3,09         | 3,67           | 0,00            | 0,00              | 1,47          | 2,69             | 4,11               | 3,58            |
| 1967 | 0,00        | 5,92          | 3,11         | 3,35           | 0,00            | 0,00              | 1,35          | 2,82             | 3,77               | 3,39            |
| 1968 | 0,00        | 5,99          | 2,84         | 3,29           | 0,00            | 0,00              | 1,35          | 2,65             | 3,79               | 3,30            |
| 1969 | 0,00        | 6,11          | 2,80         | 3,31           | 0,00            | 0,00              | 1,40          | 2,62             | 3,90               | 3,29            |
| 1970 | 0,00        | 6,10          | 2,81         | 3,37           | 1,93            | 1,06              | 1,39          | 2,54             | 4,00               | 3,19            |
| 1971 | 0,00        | 6,41          | 3,00         | 3,45           | 1,79            | 4,51              | 1,38          | 2,54             | 4,21               | 3,24            |
| 1972 | 4,83        | 6,28          | 3,02         | 3,46           | 1,91            | 4,51              | 1,51          | 2,84             | 4,19               | 3,37            |
| 1973 | 4,53        | 5,82          | 2,84         | 3,21           | 1,75            | 4,28              | 1,42          | 2,71             | 3,76               | 3,13            |
| 1974 | 4,53        | 6,48          | 2,62         | 3,70           | 1,75            | 4,46              | 1,30          | 2,49             | 4,24               | 3,21            |
| 1975 | 5,15        | 7,18          | 2,65         | 4,17           | 1,80            | 4,93              | 1,40          | 2,61             | 4,72               | 3,12            |
| 1976 | 4,83        | 7,46          | 2,39         | 4,27           | 1,75            | 5,10              | 1,20          | 2,45             | 5,25               | 2,75            |
| 1977 | 5,00        | 7,31          | 2,52         | 4,28           | 1,85            | 5,47              | 1,28          | 2,72             | 5,79               | 2,79            |
| 1978 | 5,15        | 6,86          | 2,73         | 4,29           | 1,86            | 5,17              | 1,29          | 2,99             | 4,98               | 3,01            |
| 1979 | 5,10        | 6,61          | 2,66         | 4,33           | 1,85            | 4,99              | 1,28          | 3,00             | 4,57               | 3,04            |
| 1980 | 4,92        | 9,33          | 2,49         | 5,66           | 1,77            | 2,97              | 1,24          | 2,83             | 6,34               | 2,93            |
| 1981 | 6,87        | 9,88          | 3,49         | 6,55           | 2,24            | 6,13              | 1,61          | 3,69             | 7,31               | 3,81            |
| 1982 | 6,85        | 8,97          | 3,48         | 6,06           | 2,41            | 5,70              | 1,86          | 4,00             | 6,69               | 4,02            |

NOTA: Estes dados foram construídos a partir das informações sobre preço real de energia e de novos caminhões, utilização e coeficientes técnicos de custo operacional de novos caminhões.



mento deve-se, basicamente, à perda de competitividade do ciclo Otto em relação ao ciclo diesel no mercado de transporte de carga.<sup>13</sup>

Com base nas informações acima descritas, construíram-se duas variáveis de preço, visando a implementar o trabalho econômico discutido na Seção 3 desta pesquisa. Elas são:

$$PE(t) = \frac{\sum_i \sum_j (P_i(t)/E_{ij}(t)) \cdot PRD_{ij}(t)}{\sum_i \sum_j PDR_{ij}(t)} \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = \ell, m, s, p \end{array} \quad (A.II.12)$$

e:

$$PK(t) = \frac{\sum_i \sum_j P_{ij}(t) \cdot PRD_{ij}(t)}{\sum_i \sum_j PRD_{ij}(t)} \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = \ell, m, s, p \end{array} \quad (A.II.13)$$

onde:

PE(t) = preço médio da energia, corrigido pela eficiência energética das diversas categorias de caminhão no ano t; e

PK(t) = preço médio do caminhão novo no ano t.

No entanto, a utilização dessas variáveis não resultou favorável na estimação do modelo de demanda de novas tct. Assim sendo, utilizaram-se os seguintes procedimentos para criar uma única variável de preço (de capital + energia) - custo médio da tct /tkm(PT(t)) -, proxy para o preço do frete rodoviário de transporte de cargas:

Considerando-se como única componente de custo fixo o preço do caminhão e admitindo-se que o preço das peças e acessórios evoluem na mesma proporção, é possível escrever:

<sup>13</sup> A Revista O Carreteiro também publica dados sobre o preço dos caminhões novos, através de pesquisas de preços realizadas na região da Grande São Paulo. Ambas as fontes desenvolvem paralelamente levantamentos de preços no mercado de caminhões usados.

$$FX_{ij}(t) = \left[ \frac{c_2}{CG_{ij}(t)} + \frac{c_3}{CG_{ij}(t) \cdot U_{ij}(t)} \right] \cdot P_{ij}(t) \quad (\text{A.II.14})$$

onde:

$FX_{ij}(t)$  = custo fixo dos novos caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ , por tonelada-quilômetro (tkm);

$c_2$  = coeficiente técnico de custo variável relativo a peças; e

$c_3$  = coeficiente técnico de custo fixo relativo à remuneração e depreciação de capital.

Para a composição da parcela de custo variável dos novos veículos foram considerados, por falta de dados, apenas os gastos com combustíveis e lubrificantes. Assim sendo:

$$VR_{ij}(t) = \frac{c_1}{CG_{ij}(t)} P_i(t) \quad (\text{A.II.15})$$

onde:

$VR_{ij}(t)$  = custo variável dos novos caminhões da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ , por tkm; e

$c_1$  = coeficiente de custo variável relativo a combustíveis e lubrificantes.

É importante observar que os dados originais de custo fixo têm dimensão Cr\$/tempo e os de custo variável Cr\$/tempo.km. Assim, a fim de torná-los homogêneos numa unidade conveniente (Cr\$/tkm) foram necessárias algumas operações simples, ou seja, dividir os coeficientes de custo fixo e variável pela capacidade média de carga útil dos caminhões, por categoria e combustível, e

os de custo fixo também pela utilização desses veículos. A variável requerida escreve-se, então, como:

$$C_{ij}(t) = FX_{ij}(t) + VR_{ij}(t) \quad (\text{A.II.16})$$

onde:

$C_{ij}(t)$  = custo/tkm das novas tct da categoria  $j$  e combustível  $i$  no ano  $t$ ; e

$t = 1957, 1982.$

A relação (A.II.16) define a variável que permite estimar quanto custa transportar uma tct de um caminhão novo da categoria  $j$  e ciclo  $i$  numa distância de 1 quilômetro. É preciso notar porém, que a utilização de  $C_{ij}(t)$  na estimação do modelo de demanda por novas tct (3.3) requer a adoção da seguinte hipótese adicional:

H6 = os coeficientes técnicos de custo operacional  $c_1$ ,  $c_2$  e  $c_3$  foram considerados constantes no tempo.

A restritividade de H6 não deve ser considerada como se vera, pois os dados das planilhas consultadas entre 1975 e 1982 a presentaram de modo geral pequenas diferenças. No caso específico do coeficiente  $c_3$ , há uma certa limitação em se admitir a sua estabilidade no tempo, pois o mesmo depende das taxas de juros e do comportamento do mercado de caminhões usados no período 1957/82. Como o benefício de se relaxar H6 para  $c_3$  não compensaria o custo de levantar informações sobre a remuneração e depreciação do capital no TRC, assumiu-se a validade de H6 visando a implementação do trabalho econométrico exposto na Seção 3.

Com base na relação (A.II.16), construiu-se a seguinte variável:

$$PT(t) = \frac{\sum_i \sum_j C_{ij}(t) \cdot V_{ij}(t)}{\sum_i \sum_j V_{ij}(t)}, \quad \begin{array}{l} i = d, g \\ j = l, m, s, p \end{array} \quad (A.II.17)$$

onde:

PT(t) = custo médio real da tct, dos novos caminhões por tkm, no ano t.

$$PT(t) = FX(t) + VR(t) \quad (A.II.18)$$

onde:

FX(t) = custo fixo da produção de uma tkm dos novos veículos no ano t; e

VR(t) = custo variável da produção de uma tkm dos novos veículos no ano t.

Para finalizar esta seção, a Tabela A.II.10 apresenta a evolução das participações dos custos fixo e variável que entram na formação de PT(t):

#### A.II.8 - Indicadores de desempenho na economia

Objetivando a determinação do efeito-renda no modelo de demanda de novas tct, através de variáveis que reflitam a evolução da produção de bens e mercadorias geradas pelos setores econômicos do País, utilizaram-se os dados de índice de produto real, por ramos de atividade, publicados pela Revista Conjuntura Econômica. Basicamente, utilizou-se a seguinte relação:

$$IP_s(t) = \frac{PIB \cdot \sum RI_s(t) - \sum_{s=1} RI_{s-1}(t) \cdot IP_{s-1}(t)}{RI_s(t)} \quad (A.II.19)$$

TABELA A.II.10

PARTICIPAÇÃO DOS CUSTOS FIXO E VARIÁVEL NA FORMAÇÃO DO  
CUSTO TOTAL POR TONELADA-KILÔMETRO DAS NOVAS TCT

(Em %)

| ANOS | CUSTO FIXO | CUSTO VARIÁVEL |
|------|------------|----------------|
| 1957 | 68,54      | 31,46          |
| 1958 | 69,06      | 30,49          |
| 1959 | 65,64      | 34,36          |
| 1960 | 72,60      | 27,40          |
| 1961 | 64,59      | 35,41          |
| 1962 | 70,82      | 29,18          |
| 1963 | 74,43      | 25,57          |
| 1964 | 71,99      | 28,01          |
| 1965 | 66,29      | 33,71          |
| 1966 | 66,62      | 33,38          |
| 1967 | 66,56      | 33,44          |
| 1968 | 65,41      | 34,59          |
| 1969 | 62,49      | 37,51          |
| 1970 | 62,42      | 37,58          |
| 1971 | 62,32      | 37,68          |
| 1972 | 61,38      | 38,62          |
| 1973 | 61,04      | 38,96          |
| 1974 | 50,95      | 49,05          |
| 1975 | 54,75      | 45,25          |
| 1976 | 53,67      | 46,33          |
| 1977 | 56,95      | 43,05          |
| 1978 | 62,24      | 37,76          |
| 1979 | 57,69      | 42,31          |
| 1980 | 52,23      | 47,77          |
| 1981 | 61,91      | 38,09          |
| 1982 | 65,77      | 34,23          |

onde:

$PIB(t)$  = índice do produto real total na economia no ano  $t$ ;

$RI_s(t)$  = renda interna do setor  $s$  da economia no ano  $t$ ;

$IP_s(t)$  = índice do produto real no setor  $s$  da economia no ano  $t$ ; e

$s$  = agricultura, indústria, comércio, transportes e comunicações e serviços.

Com base na relação (A.II.19) foram calculados os índices não publicados normalmente pela fonte ou que não cobriram totalmente o período 1957/82. A Tabela A.II.11 ilustra a evolução dos índices descritos nesta Seção.

#### A.II.9 - Frota de caminhões

Várias são as fontes que publicam dados sobre a frota de caminhões em circulação no País no período 1957/82. Todavia, devido às várias mudanças de critérios de classificação e contagem dos veículos de carga adotados pelos órgãos responsáveis pela geração de estatísticas sobre o assunto, é problemática, a utilização dos dados históricos coletados nessas fontes, além dos problemas de confiabilidade existentes. As informações sobre frota total de caminhões reportadas na Tabela A.II.12 ilustram a falta de consenso entre as principais fontes. A série apresentada na primeira coluna desta tabela é uma estimativa feita no âmbito do IPEA/INPES com base na venda total de caminhões no mercado interno e na função de sucateamento estimada por Paes de Barros e Ferreira (1982). Na Tabela A.II.13 são reportados os dados da frota de caminhões, por tipo de combustível, no período 1977/82, de acordo com as informações obtidas do cadastro de veículos e proprietários do DNER/ANFAVEA/SERPRO. Estes foram as únicas informações sobre frota utilizadas nesta pesquisa.

TABELA A.II.11

ÍNDICES DE DESEMPENHO ECONÔMICO, POR RAMOS DE ATIVIDADES

(BASE: 1981 = 100)

| ANOS | PIBA   | PIBI   | PIBC   | PIBS   | PIB    |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1957 | 36,00  | 16,78  | 21,67  | 16,69  | 20,10  |
| 1958 | 36,71  | 19,50  | 23,19  | 18,33  | 21,68  |
| 1959 | 38,68  | 21,82  | 25,37  | 18,56  | 22,86  |
| 1960 | 40,60  | 23,92  | 26,85  | 21,03  | 25,07  |
| 1961 | 43,67  | 26,46  | 28,74  | 23,87  | 27,70  |
| 1962 | 46,02  | 28,55  | 30,40  | 24,36  | 29,15  |
| 1963 | 46,52  | 28,60  | 30,40  | 25,66  | 29,60  |
| 1964 | 47,12  | 30,05  | 30,74  | 26,02  | 30,46  |
| 1965 | 53,84  | 28,64  | 31,26  | 27,66  | 31,28  |
| 1966 | 45,80  | 31,46  | 33,58  | 30,35  | 32,45  |
| 1967 | 50,02  | 32,42  | 35,00  | 31,84  | 34,04  |
| 1968 | 52,27  | 36,74  | 39,37  | 35,76  | 37,84  |
| 1969 | 54,24  | 41,20  | 43,02  | 39,41  | 41,60  |
| 1970 | 54,79  | 45,47  | 47,43  | 43,17  | 45,26  |
| 1971 | 60,98  | 50,84  | 53,65  | 48,47  | 50,70  |
| 1972 | 63,50  | 57,29  | 59,96  | 54,04  | 56,36  |
| 1973 | 65,75  | 66,48  | 67,93  | 62,02  | 64,23  |
| 1974 | 71,17  | 72,57  | 74,62  | 68,24  | 70,34  |
| 1975 | 74,90  | 76,62  | 76,37  | 72,00  | 74,28  |
| 1976 | 77,04  | 86,22  | 82,97  | 79,07  | 81,48  |
| 1977 | 86,13  | 89,58  | 86,81  | 83,91  | 85,87  |
| 1978 | 83,89  | 96,18  | 90,18  | 87,39  | 89,99  |
| 1979 | 88,11  | 102,54 | 96,20  | 93,56  | 96,01  |
| 1980 | 93,64  | 110,68 | 103,84 | 100,97 | 103,62 |
| 1981 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 1982 | 97,53  | 101,27 | 100,00 | 102,09 | 101,35 |

FONTE: CONJUNTURA ECONÔMICA (vários números)



TABELA A.II.12

## FROTA TOTAL DE CAMINHÕES NO BRASIL, SEGUNDO DIVERSAS FONTES

| ANOS | IPEA/INPES* | TRU/SERPRO | MINISTÉRIO<br>DOS<br>TRANSPORTES** | IBGE      | IBGE***   |
|------|-------------|------------|------------------------------------|-----------|-----------|
| 1957 | 359.324     | -          | -                                  | -         | -         |
| 1958 | 420.105     | -          | -                                  | 331.847   | 277.776   |
| 1959 | 499.895     | -          | -                                  | -         | -         |
| 1960 | 537.738     | -          | 320.200                            | 398.700   | 321.372   |
| 1961 | 549.432     | -          | -                                  | -         | -         |
| 1962 | 569.212     | -          | -                                  | 444.422   | 383.331   |
| 1963 | 572.057     | -          | -                                  | -         | -         |
| 1964 | 572.610     | -          | 398.700                            | 508.307   | 402.548   |
| 1965 | 572.540     | -          | -                                  | 527.293   | 412.987   |
| 1966 | 578.390     | -          | -                                  | 549.149   | 431.305   |
| 1967 | 579.502     | -          | 571.464                            | 569.470   | 439.701   |
| 1968 | 591.811     | -          | 576.201                            | 588.120   | 418.120   |
| 1969 | 601.323     | -          | 609.365                            | 600.349   | 436.007   |
| 1970 | 608.105     | -          | 639.308                            | 598.493   | 415.406   |
| 1971 | 613.223     | -          | 683.301                            | 639.366   | 428.931   |
| 1972 | 629.757     | -          | 699.941                            | 687.910   | 453.637   |
| 1973 | 659.577     | -          | 702.585                            | -         | -         |
| 1974 | 694.885     | 457.179    | 538.352                            | 765.045   | 765.045   |
| 1975 | 728.226     | -          | 634.644                            | 1.076.021 | 1.076.021 |
| 1976 | 766.178     | -          | 760.892                            | 1.305.010 | 1.305.010 |
| 1977 | 818.319     | 762.873    | 802.538                            | 721.355   | 721.355   |
| 1978 | 858.522     | 844.615    | 884.222                            | 790.725   | 790.725   |
| 1979 | 898.346     | 851.093    | 888.933                            | 866.919   | 866.919   |
| 1980 | 939.144     | 932.589    | 947.205                            | 932.589   | 932.589   |
| 1981 | 953.503     | 957.171    | -                                  | -         | -         |
| 1982 | 954.074     | 951.573    | -                                  | -         | -         |

\* Estimativa feita com base na função de sucateamento do IPEA/INPES e na venda total de caminhões no mercado interno no período 1957/82.

\*\* Os dados relativos ao período anterior a 1967 foram obtidos junto à Revista Transporte Moderno (nº 101, 1971).

\*\*\* Excluídos as caminhonetes, pick-ups e utilitários (comerciais leves), (até 1972).

TABELA A.II.13

FROTA TOTAL DE CAMINHÕES POR COMBUSTÍVEL

| ANOS | ÁLCOOL | GASOLINA | DIESEL  | TOTAL   |
|------|--------|----------|---------|---------|
| 1974 | -      | -        | -       | 457.179 |
| 1975 | -      | -        | -       | -       |
| 1976 | -      | -        | -       | -       |
| 1977 | -      | 268.943  | 462.862 | 762.873 |
| 1978 | -      | 296.009  | 515.655 | 844.615 |
| 1979 | ND     | 248.270  | 602.823 | 851.093 |
| 1980 | ND     | 226.589  | 695.385 | 932.589 |
| 1981 | ND     | 197.446  | 750.640 | 957.171 |
| 1982 | 1.446  | 174.271  | 775.856 | 951.573 |

FONTE: CADASTRO NACIONAL DE VEÍCULOS E PROPRIETÁRIOS - DNER/ANFAVEA/SERPRO.

A.II.10 - Consumo de energia no TRC

Um dos problemas cruciais enfrentados num estudo de demanda de energia no TRC é a inexistência de estatísticas sobre o consumo de óleo diesel e gasolina no setor. Os dados da PETROBRÁS (ver Ramos (1983)) informam apenas o volume total consumido desses derivados no período 1957/82. Por outro lado, o CNP, órgão central a quem compete autorizar, regular e controlar todas as atividades do sistema de abastecimento de derivados de petróleo no País, não dispõe de meios para saber qual o volume de óleo diesel consumido no transporte rodoviário,<sup>14</sup> a não ser em casos de consumidores especiais com cotas fixadas pelo mesmo, tais como empresas de transporte coletivo e aquelas dotadas de frota própria para transportar seus bens produzidos ou comercializados. Estes dados, porém, não são divulgados pelo CNP por razões de sigilo de mercado. A outra e principal parcela do diesel consumido no TRC está estreitamente relacionada ao que é vendido nos postos revendedores das empresas distribuidoras. Sobre este segmento de consumo o CNP possui dados estatísticos desagregados por município desde 1979. No entanto, ainda não foi possível ter acesso a estas informações.

De acordo com os técnicos do CNP, esta fonte iniciou o seu sistema de coleta de dados de consumo de diesel desagregados por tipo de uso final em 1973. Todavia, até 1976 as informações sobre o consumo de diesel nos postos de revenda estão agregadas aos setores comercial e transporte terrestre. Assim sendo, dispõe-se de uma série histórica de consumo contendo no máximo 10 anos de observações, sendo necessário introduzir-se uma variável dummy nas quatro primeiras para refletir a agregação referida, no caso de sua utilização num estudo econométrico.

Um problema a ser enfrentado com o uso de estatísticas de consumo de diesel nos postos de revenda é o fato de que nas regiões urbanas das grandes cidades eles abastecem também veículos

<sup>14</sup>Muito menos o de gasolina que se destina (ou se destinou) à movimentação dos caminhões leves e médios do ciclo Otto.

comerciais leves (caminhonetes, pick-ups e furgões). Este problema, embora não seja grave, é um aspecto importante a ser comentado.

Outro ponto para análise é que, não obstante a fonte informar, separadamente, o consumo de diesel nas atividades agropastoris, pode haver uma parcela do consumo de diesel nos pontos de revenda destinada ao abastecimento de máquinas e equipamentos alocados em atividades que nada têm a ver com o transporte rodoviário de cargas. Os contatos mantidos com o Sindicato Nacional do Comércio Atacadista de Derivados de Petróleo (SINDICOM) indicam o surgimento em 1981 de uma atividade denominada Transportador Revendedor Retalhista (TRR). As empresas engajadas nesse tipo de comércio compram o óleo diesel diretamente das distribuidoras, revendendo-o nas regiões agrícolas situadas no interior dos estados (principalmente São Paulo, o que faz supor que a partir de 1981 o consumo de diesel nos postos de revenda deve-se, sobretudo, ao TRC.

Convém citar ainda como fonte secundária de dados de consumo de derivados de petróleo o Balanço Energético Nacional (BEN), que publicou uma série histórica de consumo de óleo diesel no transporte rodoviário no período 1970/82 [ver MME (1983)].

Este é o status das informações sobre consumo de energia no TRC. A exposição acima revela a necessidade da intensificação dos esforços em atividades de coletas de dados no sentido de aperfeiçoar a base de dados de transporte do IPEA/INPES.

A Tabela A.II.14 apresenta os dados de consumo de diesel no período 1957/82, segundo as fontes referenciadas nesta seção, de acordo com os níveis de desagregação existentes.

TABELA A.II.14  
 EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO DIESEL, SEGUNDO DIVERSAS AGREGAÇÕES  
 E FONTES NO PERÍODO 1957/82

| ANOS | CONSUMO TOTAL<br>(a) | CONSUMO NOS POSTOS<br>DE REVENDA<br>(b) | CONSUMO NO TRANS<br>PORTE RODOVIÁRIO** |
|------|----------------------|---|--|
| 1957 | 1.857.942            | -                                       | -                                      |
| 1958 | 2.371.401            | -                                       | -                                      |
| 1959 | 2.720.075            | -                                       | -                                      |
| 1960 | 3.096.572            | -                                       | -                                      |
| 1961 | 3.111.333            | -                                       | -                                      |
| 1962 | 3.603.370            | -                                       | -                                      |
| 1963 | 3.860.125            | -                                       | -                                      |
| 1964 | 4.344.352            | -                                       | -                                      |
| 1965 | 4.178.098            | -                                       | -                                      |
| 1966 | 4.522.477            | -                                       | -                                      |
| 1967 | 4.898.308            | -                                       | -                                      |
| 1968 | 5.533.974            | -                                       | -                                      |
| 1969 | 5.931.869            | -                                       | -                                      |
| 1970 | 6.515.478            | -                                       | 4.542.000                              |
| 1971 | 7.157.542            | -                                       | -                                      |
| 1972 | 8.178.320            | -                                       | -                                      |
| 1973 | 9.711.773            | 7.070.999*                              | 6.328.000                              |
| 1974 | 10.748.742           | 7.564.454*                              | 6.809.000                              |
| 1975 | 11.995.745           | 8.681.809*                              | 7.794.000                              |
| 1976 | 13.797.460           | 10.049.045*                             | 9.063.000                              |
| 1977 | 14.806.904           | 6.973.352                               | 9.826.000                              |
| 1978 | 16.164.042           | 8.296.964                               | 10.603.000                             |
| 1979 | 17.600.011           | 9.729.850                               | 11.300.000                             |
| 1980 | 18.752.174           | 11.100.386                              | 12.118.700                             |
| 1981 | 18.460.000           | 10.684.589                              | 11.958.000                             |
| 1982 | 18.360.000           | 9.372.460                               | 12.417.000                             |

FONTES: a) Ramos (1983);  
 b) CNP (1978/82); e  
 c) MME (1983).

\* Está incluído o consumo de diesel no comércio e transporte terrestre, segundo informações dos técnicos do CNP.

\*\* Está incluído o consumo de óleo diesel no transporte coletivo de passageiros.

### APÊNDICE III

#### ANÁLISE DO MODELO ECONÔMICO SUBJACENTE À EQUAÇÃO DE DEMANDA DE NOVOS CAMINHÕES

O objetivo deste Apêndice é fazer uma pequena digressão sobre o modelo econômico subjacente à curva de demanda de novos veículos (medida em toneladas de capacidade de transporte), apresentada na Seção 3, aqui reproduzida por conveniência.

$$\begin{aligned} \ln VT(t) = & 11,388090 + 0,740463 \ln PIB(t) - \\ & (25,991) \quad (8,853) \\ & - 1,202280 \ln PT(t) \quad (3.3) \\ & (-4,648) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,9883; DW = 1,7574; {}^1 \text{ Período de estimação} = 1957/82$$

Com o intuito de investigar mais cuidadosamente a elasticidade-renda da demanda de novas tct (Equação 3.3), desenvolveu-se o seguinte raciocínio para explicar como o produto real do País influencia as vendas de novos caminhões, a partir da seguinte identidade:

$$F(t) = V(t) + F(t-1) \cdot (1-h(t))$$

ou:

$$F(t) - F(t-1) = V(t) + F(t-1) \cdot h(t) \quad \therefore$$

$$V(t) = \Delta F(t) + F(t-1) \cdot h(t) \quad (\text{A.III.1})$$

onde:

$\Delta F(t)$  = variação da frota total circulante de caminhões do ano t em relação ao ano t-1; e

$F(t-1) \cdot h(t)$  = número de caminhões sobreviventes no ano t-1 a serem sucateados no ano t.

---

<sup>1</sup>Corrigido pelo procedimento AUTOREG disponível no software SAS, implantado no computador do IBGE.



Admitindo-se que o número de veículos sucateados a cada ano e a variação da frota são funções do produto real e de sua variação, respectivamente, pode-se escrever:

$$\Delta F(t) = \alpha_1^e \text{ PIB}(t)^{\beta_1^e} \quad (\text{A.III.2})$$

onde:

$$\Delta \text{PIB}(t) = \text{PIB}(t) - \text{PIB}(t-1)$$

e:

$$F(t-1) \cdot h(t) = \alpha_1^r \cdot \text{PIB}(t)^{\beta_1^r} \quad (\text{A.III.3})$$

Assim, considerando-se inicialmente apenas o efeito-renda no modelo (3.3), segue-se que a venda total de caminhões, em tct, é:

$$VT(t) = \alpha_1^e \Delta \text{PIB}(t)^{\beta_1^e} + \alpha_1^r \text{PIB}(t)^{\beta_1^r} \quad (\text{A.III.4})$$

Foram realizados alguns ensaios no sentido de avaliar os efeitos de PIB(t) e  $\Delta \text{PIB}(t)$  na demanda de novas tct através da relação (A.III.4). Entretanto, devido à não-linearidade presente neste modelo, há dificuldade para estimá-lo econometricamente,<sup>2</sup> sendo necessário fazer uma hipótese sobre os seus coeficientes, isto é, a fim de tornar (A.III.4) linearizável considerou-se que  $\beta_1^e = \beta_1^r = \beta_1$ .<sup>3</sup>

<sup>2</sup>Estimou-se, alternativamente, um modelo ad hoc com e sem a variável PT(t). A única especificação estatisticamente aceitável foi:  $\ln VT(t) = 10,487626 + 0,544533 \ln \text{PIB}(t) + 0,201130 \ln \Delta \text{PIB}(t)$   
   (21,914)           (4,176)                                   (2,709)  
 $R^2 = 0,82$ ; DW = 1,75; período de estimação = 1957/82  
 Observe-se que, a não ser a variável PT(t), esta equação é muito semelhante a (3.3). O efeito-renda possui agora duas componentes, cuja soma é praticamente igual à elasticidade-renda obtida em (3.3).

<sup>3</sup>Convém observar que, não obstante o modelo ad hoc descrito na nota de rodapé anterior ter estimado  $\beta_1^r = 0,54$  e  $\beta_1^e = 0,20$ , isto não implica uma inconsistência da hipótese acima, pois o mesmo não é proveniente do modelo econômico (III.7). Sua concepção teórica advém da relação  $VT(t) = \alpha_1^e \Delta F(t) + \alpha_1^r F(t-1) \cdot h(t)$ , que não contém nenhum apelo intuitivo.



Com base nesta hipótese, e assumindo-se uma aproximação linear para o produto real de um ano em relação ao ano seguinte, isto é,  $PIB(t-1) \cong \alpha_2 PIB(t)$ , resulta que:<sup>4</sup>

$$\ln VT(t) = \ln (\alpha_1^e (1 - \alpha_2) + \alpha_1^r) + \beta_1 \ln PIB(t) \quad (A.III.5)$$

Comparando-se (A.III.5) com (3.3), nota-se que, a não ser a variável  $PT(t)$ , suas especificações são idênticas. Assim, o coeficiente 0,740463 - elasticidade-renda do modelo de demanda de novas tct - não distingue os efeitos individuais de reposição e/ou expansão da frota de caminhões. Uma parcela desses efeitos é também absorvida pela constante, e a parte aleatória vai para o resíduo.

---

<sup>4</sup> A estimação econométrica deste modelo forneceu a seguinte equação:

$$\ln VT(t) = 9,948999 + 0,737621 \ln PIB(t)$$

(27,3708)      (7,8819)

$R^2 = 0,72$ ;  $DW = 1,56$ ; período de estimação = 1957/82.

O valor de DW foi corrigido pelo Proc. AUTOREG do SAS.

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 Oleígenos: 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.

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