

# Impactos produtivos da infra-estrutura no Brasil — 1950/95\*

PEDRO CAVALCANTI FERREIRA\*\*  
THOMAS GEORGES MALLIAGROS\*\*\*

*Este trabalho apresenta uma análise empírica do setor de infra-estrutura brasileiro no período 1950/95. Concentra-se na estimação das elasticidades do produto e da produtividade em relação ao capital e ao investimento em infra-estrutura desagregados em cinco setores (energia elétrica, telecomunicações, ferrovias, rodovias e portos), bem como em relação a medidas físicas de estoque de capital. Investiga também o sentido de causalidade entre capital de infra-estrutura e PIB e entre capital de infra-estrutura e produtividade total dos fatores (PTF). Os resultados obtidos confirmam para o Brasil a existência de forte relação entre infra-estrutura e produto no longo prazo. As nossas estimativas para elasticidade-renda de longo prazo situam-se entre 0,55 e 0,61, sendo que os setores que influenciam mais intensamente o PIB são os de energia elétrica e transportes. As estimativas de longo prazo da elasticidade da PTF em relação ao capital em infra-estrutura são também altas e bastante significativas, da mesma forma que o impacto das medidas de estoque físico de capital sobre o PIB.*

## 1 - Introdução

Este artigo apresenta uma análise empírica do setor de infra-estrutura no Brasil no período 1950/95, concentrando-se na estimação do impacto dos gastos e estoques de infra-estrutura sobre o PIB e a produtividade dos fatores privados. Estimaremos, basicamente, o impacto de longo prazo do capital de infra-estrutura sobre o PIB e a produtividade dos fatores. O capital de infra-estrutura é composto do capital de energia elétrica, telecomunicações, rodovias, ferrovias, portos e aeroportos no período 1964/94. Iremos estimar também as elasticidades-renda do capital de energia elétrica, telecomunicações, rodovias, ferrovias e portos. Com isso, desejamos investigar quais os setores de infra-estrutura que influenciam mais intensamente o PIB no longo prazo.

---

\* Gostaríamos de agradecer os comentários de Carlos LaValle, João Victor Issler, Renato Fragelli e de dois pareceristas anônimos. O primeiro autor agradece o apoio financeiro do CNPq e da Pronex e o segundo, o apoio financeiro da Capes.

\*\* Da Escola de Pós-Graduação em Economia da Fundação Getúlio Vargas.

\*\*\* Da Universidade de Boston.

Além das estimações já citadas, tentaremos estimar ainda a elasticidade-renda no período 1950/95 de medidas físicas de infra-estrutura no setor elétrico (capacidade nominal instalada), no setor de telecomunicações (telefones instalados), no setor rodoviário (estradas federais pavimentadas) e no setor ferroviário (extensão da rede ferroviária federal). Duas questões serão estudadas: existe relação de longo prazo entre essas medidas físicas e o PIB no Brasil? Se existir, qual setor influencia mais fortemente o crescimento do PIB?

Também iremos avaliar o impacto do capital (ou investimento) de infra-estrutura na produtividade dos fatores de produção privados (capital e trabalho). Esse tipo de investimento afeta significativamente a produtividade dos fatores de produção privados? Se afeta, qual o grau de magnitude para o Brasil?

Por fim, iremos investigar a “causalidade” entre capital de infra-estrutura (ou investimento) e PIB, e entre capital de infra-estrutura (ou investimento) e produtividade. O ponto central é: variações no capital de infra-estrutura precedem as variações no PIB (ou na produtividade) ou vice-versa? A recessão ocorrida em diversos períodos da economia brasileira deveu-se à queda nos investimentos ou a própria recessão gerou uma queda nos investimentos? Qual o sentido de precedência? Esse ponto é importante já que para analisarmos a elasticidade-renda supomos que a variável dependente é o PIB e a independente o investimento.

Além dos resultados empíricos, uma segunda contribuição deste artigo é a construção de nova base de dados para infra-estrutura no país, já que não havia até o momento uma suficientemente extensa que incluísse dados de investimento por subsetor de infra-estrutura e de medidas físicas de capital. Dessa forma, foi construída uma base de dados que engloba os investimentos dos setores de transportes, telecomunicações e energia elétrica e medidas físicas de capacidade instalada de energia elétrica, telefones instalados, quilômetros de estradas pavimentadas, entre outras.<sup>1</sup>

As séries anuais de investimento em transportes abrangem o período 1960/94. Englobam rodovias, ferrovias, portos e aeroportos do governo federal. As séries de investimentos em telecomunicações (setor privado e Telebrás) e energia elétrica (Eletrobrás e concessionárias estaduais) abrangem os períodos 1968/95 e 1965/95, respectivamente. No setor elétrico, as séries de investimentos estão divididas por subprograma: geração, transmissão, distribuição, instalações gerais e Itaipu.

As séries de medidas físicas englobam, em sua maioria, o período 1950/95. Dentre elas, cabe destacar que no setor elétrico foram obtidas as séries de

---

1 Essa base de dados encontra-se à disposição dos interessados junto aos autores.

consumo, geração e capacidade instalada. No setor de telecomunicações, as séries de telefones instalados, terminais instalados, pulsos registrados e número de chamadas completadas. Por fim, no setor de transportes, as séries de toneladas quilômetro-útil transportadas, quilômetros de estradas pavimentadas, extensão da rede ferroviária e locomotivas disponíveis.

Este trabalho foi dividido em seis seções, incluindo esta introdução. Na Seção 2 são discutidos os resultados empíricos anteriores. Na Seção 3, a base de dados é apresentada. As Seções 4 e 5 apresentam os resultados das estimativas. Por último, a Seção 6 conclui o trabalho.

## 2 - Resultados anteriores

O número de trabalhos publicados analisando a influência do capital público (ou capital de infra-estrutura) sobre a produtividade e o produto tem sido significativo.

O artigo de Aschauer (1989) para dados da economia norte-americana foi o primeiro a abordar esse tema. Estimando por OLS, ele calculou que um crescimento de 1% no capital público implicaria um aumento entre 0,36% e 0,39% no produto. Munnell (1990) obtém estimativas semelhantes para dados regionais norte-americanos. Utilizando a série de infra-estrutura *core* (ruas, rodovias, aeroportos, serviços de gás e eletricidade, sistemas de águas e esgotos e transporte de massa), Aschauer obteve uma estimativa para elasticidade-renda de 0,24. Uchimura e Gao (1993) estimaram a elasticidade do PIB com relação ao capital de infra-estrutura e encontraram 0,19 para a Coréia do Sul e 0,24 para Taiwan, enquanto Shah (1992) estima um valor de 0,05 para o México.

Para o caso brasileiro, Ferreira (1996) estimou o impacto do capital de infra-estrutura federal (telecomunicações, energia elétrica, portos, setor marítimo e ferrovias) e o impacto do capital total (capital das estatais e administrações)<sup>2</sup> sobre o PIB. As estimativas mostraram que um crescimento de 1% no capital de infra-estrutura gerava, no longo prazo, um aumento entre 0,34% e 1,12% no PIB, dependendo da taxa de depreciação utilizada (6%, 8% ou 10%). Quanto à série mais ampla, capital público total, o impacto estimado sobre o PIB situou-se entre 0,71% e 1,05%. O método de estimação utilizado para a obtenção dessas elasticidades foi o de co-integração. Os seus resultados indicavam forte relação entre investimentos em infra-estrutura e PIB no longo prazo.<sup>3</sup>

2 Investimentos da União, estados e municípios (administração direta e autarquias).

3 Florissi (1996) analisou também para o Brasil o impacto do capital público (prédios, construções, incluindo rodovias, máquinas e equipamentos dos governos federal, estadual e municipal) e o impacto do capital de infra-estrutura (energia, comunicações, ferrovias e serviços de água e esgotos) sobre o PIB. Os resultados obtidos indicam uma elasticidade-renda do capital público de 0,29 e uma elasticidade do capital de infra-estrutura entre 0,07 e 0,08.

Essas estimativas aparentam ser excessivamente otimistas. Uma possível explicação para esse fato é que a série de infra-estrutura não inclui setores que tiveram participação significativa nos investimentos totais ao longo do processo de industrialização do país. Esse seria o caso do setor rodoviário. A inclusão desse setor poderia alterar significativamente o valor da elasticidade-renda.

Quanto à análise do impacto do capital de infra-estrutura desagregado, Easterly e Rebelo (1993), utilizando dados *cross-section* para países em desenvolvimento, estimaram a elasticidade-renda do investimento em transporte e comunicações e encontraram valores entre 0,59 e 0,66.

Para analisar o efeito das séries físicas de estoque de capital de infra-estrutura em relação ao PIB, Ingram (1994), por sua vez, estimou elasticidades para diversos setores — utilizando séries como quilowatt instalado, quilômetros de estradas asfaltadas e telefones instalados etc. — de 100 países em desenvolvimento. Seu estudo conclui (dentre outras coisas) que os setores que mais influenciam o PIB são: telecomunicações, energia elétrica, rodovias, irrigação, sistemas de esgotos, sistemas de água encanada e ferrovias (em ordem decrescente).

A causalidade entre nível de renda e investimentos em infra-estrutura é outro tema amplamente estudado. Para a economia norte-americana, Ferreira e Issler (1995) concluem que variações nos gastos em infra-estrutura pública precedem variações na produtividade total dos fatores (para quase todos os modelos estimados) e a relação inversa é rejeitada (exceto para um caso).

Outros estudos investigam se o investimento público é complementar ou substitutivo ao investimento privado. Easterly e Rebelo (1993) mostram que não há evidência de substituíbilidade entre investimento público em infra-estrutura e investimento privado. Para o caso brasileiro, Ronci (1991) não encontra qualquer associação direta (positiva ou negativa) entre investimento público e privado. Por outro lado, Sant'Ana, Rocha e Teixeira (1994) descobrem evidências a favor da complementaridade dos investimentos. Já Rocha e Teixeira (1996) descobrem fortes evidências de que o investimento público exerceu um papel substitutivo ao investimento privado no período 1965/90. As estimativas de Ronci, bem como as de Sant'Ana, Rocha e Teixeira, não fazem qualquer consideração sobre a estacionariedade das variáveis dos modelos estimados, ao passo que Rocha e Teixeira levam em conta a não-estacionariedade das séries de investimento, analisando a co-integração entre as variáveis.

Quanto à estimação da elasticidade do capital público sobre a produtividade dos fatores privados, Aschauer (1989), utilizando dados anuais da economia norte-americana no período 1949/85, obtém valores entre 0,35 e 0,49. Por outro lado, Ferreira e Issler (1995), estimando a mesma elasticidade para os Estados Unidos (dados trimestrais) e considerando a não-estacionariedade das variáveis, encontram uma elasticidade bem menor, entre 0,19 e 0,27.

### 3 - Base de dados

As séries de investimento e as séries de medidas físicas foram construídas, em sua maioria, utilizando relatórios de empresas estatais federais.

No setor de transportes, as séries anuais de investimento (formação bruta de capital fixo) abrangem o período 1960/94. Englobam rodovias, ferrovias, portos e aeroportos do governo federal.<sup>4</sup> Essas séries de investimento e as séries de medidas físicas foram obtidas nos anuários do Geipot, nos relatórios anuais da RFFSA, CVRD, Fepasa, DNER, Portobrás e outros anuários específicos: das estradas de ferro, das ferrovias do Brasil, da Portobrás, dos transportes aquaviários, anuário estatístico da RFFSA e anuário estatístico da CVRD.

No setor de telecomunicações foram utilizados os relatórios anuais da Telebrás e os anuários estatísticos do IBGE. Os investimentos do setor no período 1968/72 são anteriores à criação da Telebrás e foram extraídos dos anuários do IBGE. O período subsequente (1973/95) não leva em conta as empresas de telecomunicações independentes.

No setor de energia elétrica as fontes de referência foram as publicações e os relatórios anuais da Eletrobrás, publicações do Sistema de Informações Empresariais do Setor Elétrico (Siese) e anuários estatísticos do IBGE. As séries de investimentos por subprograma — geração, transmissão, distribuição, instalações gerais e Itaipu — no período 1965/69 foram retiradas dos anuários da Eletrobrás. Os dados para o período 1970/95 foram obtidos no relatório publicado pelo Siese.

Também foram construídas as séries agregadas de transporte (rodovias, ferrovias, portos e aeroportos) e infra-estrutura. A série de transporte inicia-se em 1960 e termina em 1994. Quanto à série de infra-estrutura, o período inicial é 1968 e o final, 1994. Abrange o setor de energia elétrica, telecomunicações e transportes.

As séries de capital foram construídas utilizando o método *perpetual inventory* e o valor do capital inicial foi construído de acordo com Young (1995) — ver Apêndice. Devido à falta de estimativas para a taxa de depreciação do capital no Brasil utilizaram-se três medidas: 6%, 8% e 10%. As seguintes séries de capital foram calculadas: energia elétrica, telecomunicações, rodovias, ferrovias, portos e aeroportos federais.

Para construir a série de produtividade total dos fatores (PTF) foi necessário obter as séries do PIB, da população economicamente ativa (PEA) e de capital.

---

4 Não dispomos dos investimentos em transportes dos governos estaduais.

A série do PIB nominal foi obtida na revista *Conjuntura Econômica* de 1996 e a série da PEA, no anuário estatístico do IBGE — séries históricas e na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). Quanto à série de capital, subtraímos a série de capital total do capital de infra-estrutura. A série de capital total foi obtida por meio da série de investimento total. Esta série foi extraída da relação investimento sobre o PIB no período 1950/95. Todas as variáveis foram colocadas na forma logarítmica, pois estamos fazendo uma análise de elasticidades.

#### 4 - Estimações e resultados

Conforme já salientado, iremos calcular as elasticidades-renda de longo prazo para diversas séries de capital e investimento, agregadas e desagregadas. Vamos obter também as elasticidades dos gastos em infra-estrutura de longo prazo em relação à PTF tanto em nível agregado como desagregado.

As relações de longo prazo serão analisadas por co-integração. O primeiro passo é testar se as variáveis apresentam raiz unitária. Os testes utilizados foram o Dickey-Fuller Aumentado e o Philip-Perron. Em todas as séries a hipótese de raiz unitária não pode ser rejeitada a 5%.<sup>5</sup> O segundo passo é a escolha do *lag* do VAR, onde se utilizou o critério de Schwarz.<sup>6</sup> O passo seguinte é o teste de co-integração de Johansen.<sup>7</sup> Não rejeitar a hipótese nula de co-integração a um nível de significância de  $x\%$  ( $x = 1, 5$  ou  $10$ ) indica uma relação de longo prazo entre as variáveis contidas no VAR. A introdução de uma constante e/ou uma tendência (linear ou quadrática) nas relações de longo prazo é feita por meio de um teste de hipótese (utilizando o critério do loglik)<sup>8</sup> e de uma análise gráfica das séries. Em seguida, vamos testar a causalidade entre o PIB (ou PTF) e o capital de infra-estrutura. O mesmo será feito com o investimento em infra-estrutura.

---

5 As séries PTF, PIB, PEA, investimento, capital e medidas físicas são  $I(1)$ . Por limitação de espaço, não relacionamos os resultados dos testes de raízes unitárias.

6 Esses testes foram realizados no *software* econométrico *E-views* 2.1. Na identificação do VAR estimado utilizaram-se dois *lags*. O critério de Schwarz (SC) é definido por  $-2l/T + (k \log T)/T$ , onde  $l$  é a função de máxima verossimilhança definida por  $l = -T/2 (1 + \log(2\pi) + \log(u'u/T))$ . O modelo selecionado é aquele com menor valor do critério de informação.

7 Por limitação de espaço, não explicamos a metodologia do teste. Uma boa referência é o manual do *E-views* ou os textos originais [ver Johansen (1991 e 1995)].

8 Os componentes determinísticos foram escolhidos utilizando o teste LR (distribuição qui-quadrado) condicionado ao posto  $p = 1$ . A hipótese nula é um modelo restrito, onde  $g = -2$  [loglik (mod. restrito) - loglik (mod. irrestrito)]. Se  $g > \chi^2_{n-p}$  (para um dado nível de significância  $\alpha$ ), rejeita-se a hipótese nula.

## 4.1 - Elasticidade-renda

Para obtenção da elasticidade-renda dos gastos em infra-estrutura adotamos a seguinte relação de longo prazo:

$$\ln Y_t = \phi \ln G_t \quad (1)$$

onde  $G_t$  é o capital de infra-estrutura. Uma relação análoga seria obtida substituindo capital por investimento em infra-estrutura ( $J_t$ ).

O Gráfico 1 mostra que no período 1967/79 houve um aumento contínuo do capital de infra-estrutura acompanhado por um crescimento no PIB. A partir da década de 80, o capital continua a aumentar, mas a uma taxa cada vez menor, enquanto o PIB cresce lentamente. O mesmo gráfico mostra fortes evidências de uma relação de longo prazo entre o PIB (linha superior) e o capital de infra-estrutura.

A Tabela 1 apresenta o resultado das estimativas utilizando co-integração na equação (1) e confirma a existência de uma relação de longo prazo entre PIB e infra-estrutura. As variáveis  $lkinf6$ ,  $lkinf8$  e  $lkinf10$  são os capitais de infra-estrutura com taxas de depreciação de 6%, 8% e 10%, respectivamente. A variável  $linvfra$  é o investimento em infra-estrutura.

As estimativas mostram que um aumento de 1% no capital de infra-estrutura gera um incremento no nível do PIB entre 0,55% e 0,61% no longo prazo. Se utilizarmos a variável investimento em infra-estrutura, uma variação de 1% gera uma variação de 0,39% no PIB. Todas as quatro estimativas apontam uma forte relação entre infra-estrutura e PIB, indicando a importância que esse setor tem sobre o crescimento do PIB no longo prazo.

As estimativas obtidas na Tabela 1 são inferiores às conseguidas por Ferreira (1996). Uma possível explicação para esse fato é que as séries de infra-estrutura de Ferreira não incluem setores importantes, tais como o elétrico estadual, o rodoviário federal e o de aeroportos. Porém, são superiores às estimativas na literatura para outros países, conforme visto na introdução. Uma primeira explicação seria uma possível não-linearidade dessa elasticidade, ou seja, devido à escassez relativa de infra-estrutura no Brasil durante o período considerado, seu impacto sobre o produto seria mais forte. Por outro lado, alguns autores, como, por exemplo, Aschauer (1989), não levam em conta a estrutura estocástica das séries utilizadas, o que poderia viesar seus resultados (em estimativas em primeiras diferenças, por exemplo). Finalmente, a elasticidade-renda como estimada nesta seção não leva em consideração ainda o efeito do estoque de capital e trabalho, o que só será feito aqui a partir da Subseção 4.2.

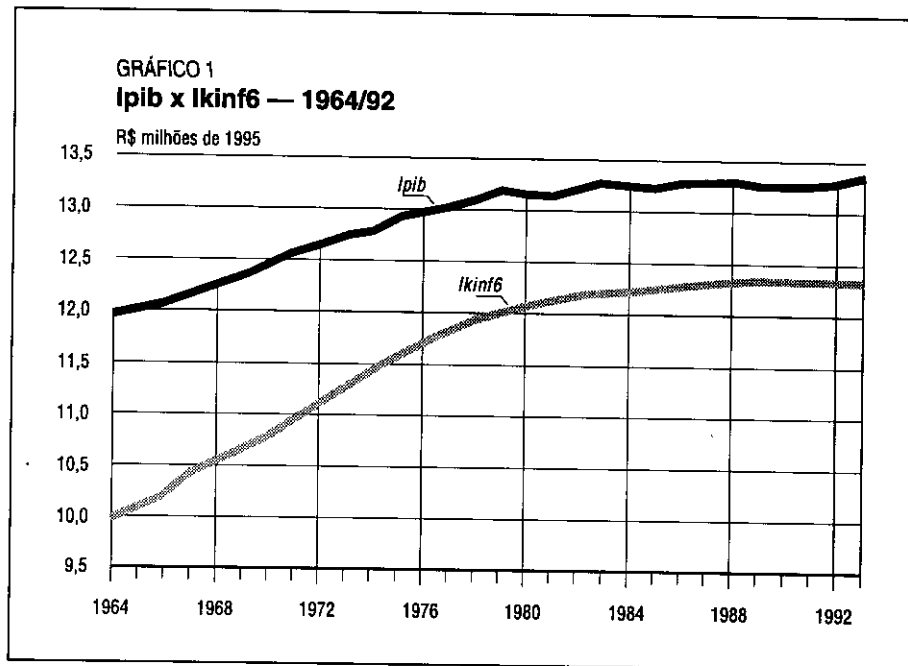


TABELA 1

*Elasticidade-renda de longo prazo de infra-estrutura*

Variáveis	Elasticidade	Tendência	Constante	Hipótese nula	Estimativa do traço
Ikinf6	0,612	0,008	-6,074	$p = 0$	82,20**
	(0,016)			$p \leq 1$	0,75
Ikinf8	0,576	0,003	-6,421	$p = 0$	78,05**
	(0,016)			$p \leq 1$	0,82
Ikinf10	0,545	-0,001	-6,687	$p = 0$	74,11**
	(0,015)			$p \leq 1$	0,91
Iinvfra	0,394	-0,023	-8,494	$p = 0$	18,04***
	(0,082)			$p \leq 1$	0,49

NOTA: Os resultados apresentados pela estatística de máximo autovalor foram bastante semelhantes aos apresentados pela estatística do traço. Por simplicidade, omitimos esses valores.

\*\* Rejeita a hipótese a um nível de significância de 1%.

\*\*\* Rejeita a hipótese a um nível de significância de 10%.

OBS.: Os valores entre parênteses são desvios padrão.



Com a série de investimento, conseguimos uma elasticidade de 0,39, próximo do valor obtido por Aschauer (1989) com dados norte-americanos (0,24), embora a metodologia empregada seja muito diferente. Aschauer utilizou estimação OLS, enquanto neste trabalho usamos estimação de máxima verossimilhança seguida de co-integração<sup>9</sup> [ver Johansen (1991 e 1995)].

O Gráfico 2 apresenta o comportamento do PIB e das variáveis capital de energia elétrica (lken6), capital de telecomunicações (lktel6) e capital de transportes (lktran6), todas com taxa de depreciação de 6%. O capital de energia elétrica apresenta um crescimento acelerado no período 1965/83, enquanto o PIB apresenta uma elevação menos acentuada, com uma ligeira queda no período 1980/82. A partir de 1983, o capital de energia elétrica tem o seu ritmo de crescimento reduzido, refletindo-se assim na taxa de crescimento do PIB. O capital de transportes e o PIB têm uma taxa de crescimento semelhante no período 1960/71. De 1972 a 1977, o capital de transportes cresce mais rápido que o PIB e a partir de 1978 esse capital apresenta crescimento nulo ou negativo. Assim, a recessão na economia no período 1980/82 poderia ser em parte explicada pelas taxas de crescimento negativas observadas no setor de transportes desde 1978. Quanto ao capital de telecomunicações, este tem um crescimento significativo no período 1973/80, contribuindo decisivamente para o aumento do PIB.

O Gráfico 2 mostra uma tendência comum entre os capitais desagregados de infra-estrutura e o PIB. Assim, vamos estimar o impacto do aumento desses capitais no crescimento do PIB no longo prazo. Na Tabela 2, apresentamos as estimativas para as elasticidades-renda dos setores de ferrovias, portos, rodovias, energia elétrica, telecomunicações e transportes. Os resultados obtidos não mudam muito quando alteramos a taxa de depreciação e por essa razão só apresentaremos os resultados com a taxa de 6%.

Todas as estimativas são significativas a pelo menos 5%, mostrando relações de longo prazo entre produto e capital de infra-estrutura por setor. O setor de energia elétrica (lken6) apresenta as maiores elasticidades — um aumento de 1% incrementa o PIB em 0,68% —, seguido dos setores de transportes (lktran6) e de telecomunicações (lktel6).<sup>10</sup> É interessante observar que os investimentos em transportes, apesar de não merecerem atenção especial do governo, têm uma forte influência no PIB (elasticidade de 0,57%). Analisando a série de transportes

<sup>9</sup> Aschauer utilizou somente OLS para estimar a elasticidade. Entretanto, é possível fazer análise de co-integração usando-se OLS para variáveis em nível, como por exemplo no caso da metodologia DOLS proposta por Stock e Watson (1988).

<sup>10</sup> Optamos por trabalhar com regressões simples devido ao tamanho da amostra. Se trabalhássemos com uma regressão contendo todos os setores (lken, lktel e lktran), teríamos somente 25 observações, insuficientes para realizar testes de co-integração.

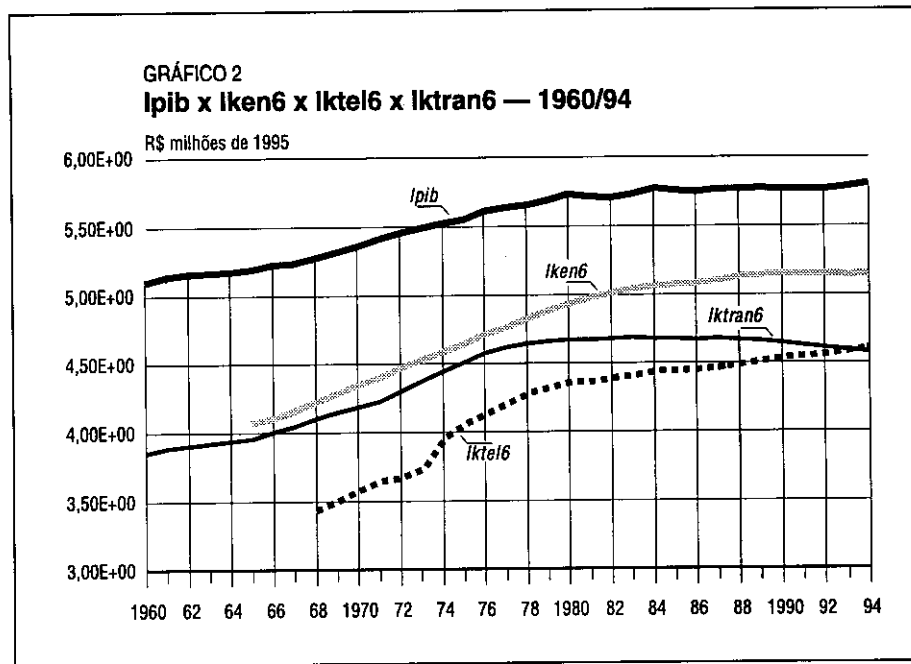


TABELA 2

*Elasticidade-renda de longo prazo do capital desagregado*

Variáveis	Elasticidade	Tendência	Constante	Hipótese nula	Estimativa do traço
Ikfet6	0,643	-0,025	-6,088	$p = 0$	26,96*
	(0,043)	(0,003)		$p \leq 1$	5,39
Ikpot6	0,522	-0,012	-8,415	$p = 0$	27,89**
	(0,023)			$p \leq 1$	0,77
Ikrod6	0,399	-0,023	-8,436	$p = 0$	24,20**
	(0,015)			$p \leq 1$	0,29
Iken6	0,683	-	-5,384	$p = 0$	21,41**
	(0,029)			$p \leq 1$	1,92
Ikte16	0,428	0,005	-9,004	$p = 0$	27,99*
	(0,030)	(0,003)		$p \leq 1$	10,32
Iktran6	0,572	-0,018	-6,451	$p = 0$	27,51*
	(0,020)	(0,002)		$p \leq 1$	6,01

\* Rejeita a hipótese a um nível de significância de 5%.

\*\* Rejeita a hipótese a um nível de significância de 1%.

desagregada, os efeitos mais intensos estão no subsetor ferroviário (lkfet6), portuário (lkpot6) e rodoviário (lkrod6), em ordem decrescente.

Comparando com outros estudos, os resultados obtidos estão próximos do trabalho de Easterly e Rebelo (1993) para dados *cross-section* de países em desenvolvimento, cujos valores para os setores de transportes e de telecomunicações estão entre 0,59 e 0,66.

A Tabela 3 apresenta as elasticidades-renda de longo prazo dos investimentos em infra-estrutura. Note-se que, comparando com as elasticidades-renda das séries de capital, a magnitude das elasticidades-renda dos investimentos é menor (entre 0,28 e 0,58). O setor de transportes (linvtran) apresenta a maior elasticidade, seguido do setor elétrico (linvele) e as de telecomunicações (linvtel). Novamente se observa a forte influência que os investimentos nos setores elétrico e de transportes apresentam sobre o crescimento do PIB no longo prazo. Deve-se ressaltar, portanto, que os subinvestimentos observados no setor de transportes nos anos 90 vão influenciar negativamente o crescimento de longo prazo do PIB.

O Gráfico 3 mostra uma forte relação entre o PIB e a capacidade nominal instalada de energia elétrica (megawatt — mW) e entre o PIB e os telefones instalados. Pode-se dizer que as variações nos investimentos em energia elétrica geraram uma variação na capacidade instalada, que por sua vez gerou um impacto no PIB. Quanto aos telefones instalados, a partir de 1976 a taxa de crescimento é superior à taxa de crescimento do PIB.

O Gráfico 4 apresenta a evolução do PIB e a extensão das redes rodoviária e ferroviária. Enquanto o PIB cresce continuamente, a rede ferroviária apresenta uma queda constante em sua extensão a partir de 1959. No período 1964/94, a taxa de crescimento das estradas pavimentadas (federais e estaduais) é bem superior à taxa de crescimento do PIB. Isso significa que os investimentos no setor rodoviário se concentraram, na sua maioria, na pavimentação das estradas em detrimento dos investimentos em expansão da rede ferroviária, o que pode ter tido um efeito significativo sobre o PIB.

Na Tabela 4, foi calculado o impacto dessas medidas físicas de capital no produto de longo prazo. A capacidade nominal instalada (lcapno) apresenta um coeficiente de 0,89. Isso significa que um aumento de 1% na capacidade nominal instalada de energia elétrica gera um aumento de 0,89% no PIB no longo prazo. Esse resultado confirma o anterior (ver Tabelas 2 e 3), mostrando que os investimentos do setor elétrico têm grande influência sobre o PIB, já que uma variação nos investimentos influencia a capacidade nominal instalada, que por sua vez gera uma variação no PIB. Entretanto, o valor obtido é inferior ao conseguido por Ingram (1994), que encontra uma elasticidade próxima de 1,50 para dados *cross-section* de 100 países em desenvolvimento.

TABELA 3

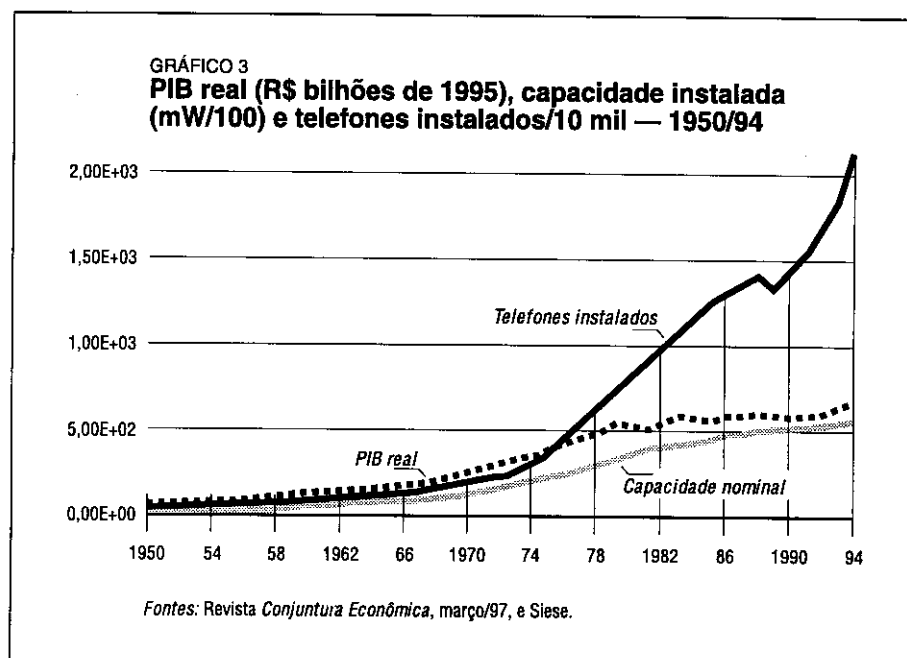
*Elasticidade-renda de longo prazo do investimento desagregado*

Variáveis	Elasticidade	Tendência	Constante	Hipótese nula	Estimativa do traço
linvtel	0,275	-	-11,145	$p = 0$	26,84**
	(0,081)		(0,662)	$p \leq 1$	8,29
linvprof	0,581	-	-9,356	$p = 0$	25,72**
	(0,107)		(0,739)	$p \leq 1$	3,57
linvfet	0,328	-0,049	-9,140	$p = 0$	21,54***
	(0,034)	(0,002)		$p \leq 1$	3,53
linvpot	0,316	-0,049	-9,678	$p = 0$	21,36*
	(0,039)			$p \leq 1$	0,16
linvele	0,362	-0,060	-7,828	$p = 0$	29,07*
	(0,056)	(0,011)		$p \leq 1$	8,85
linvtran	0,463	-0,031	-8,253	$p = 0$	23,93***
	(0,108)	(0,008)		$p \leq 1$	8,05

\* Rejeita a hipótese a um nível de significância de 5%.

\*\* Rejeita a hipótese a um nível de significância de 1%.

\*\*\* Rejeita a hipótese a um nível de significância de 10%.



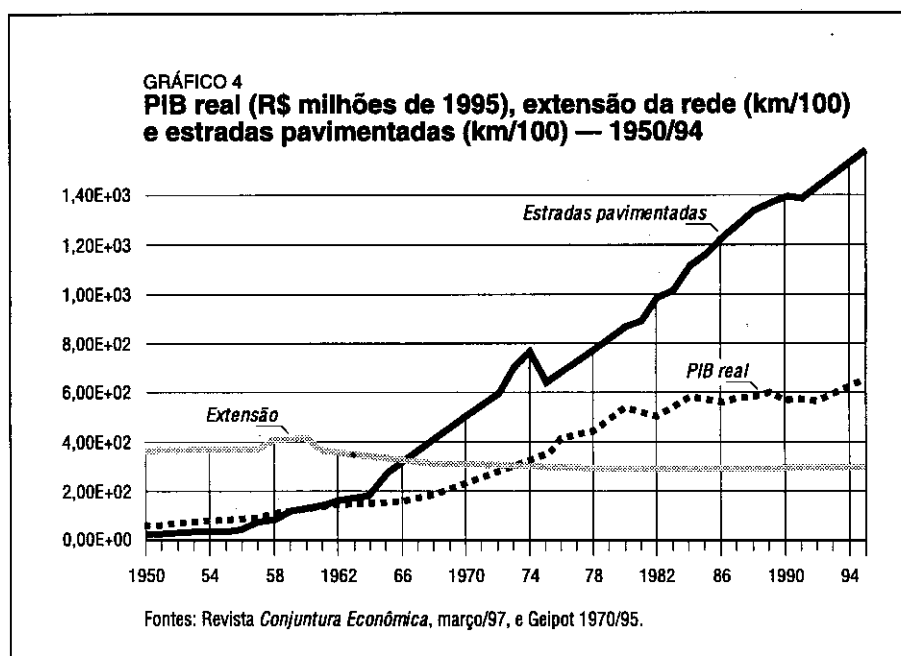


TABELA 4

*Elasticidade-renda de medidas físicas de estoque de infra-estrutura<sup>a</sup>*

Modelo	Elasticidade	Tendência	Constante	Hipótese nula	Estimativa do traço
icapno	0,890	0,017	-4,360	$p = 0$	18,59*
	(0,059)			$p \leq 1$	0,18
ltein	0,924	-	-4,531	$p = 0$	22,74*
	(0,101)			(0,998)	$p \leq 1$
lrede	-	-	-	$p = 0$	12,28
				$p \leq 1$	3,07
lespa	0,365	-	-9,315	$p = 0$	23,85*
	(0,108)			(1,391)	$p \leq 1$

<sup>a</sup> Essas variáveis são I(1) e estão em log para a estimação das elasticidades.

\* Rejeita a hipótese a um nível de significância de 5%.

A série extensão da rede ferroviária (lrede) não se co-integrou. Isso se deve ao fato de que no período estudado (1960/95), vários ramais ferroviários foram erradicados ou extintos. Os investimentos no setor ferroviário nacional geraram

pequenas alterações na extensão da rede, ou seja, não se observa uma relação de longo prazo entre as variações na extensão da rede e as variações no PIB.

A série estradas pavimentadas (lespa) apresenta um valor bem inferior (0,37) ao encontrado por Ingram (1994), cujo valor é próximo de 1,00. A elasticidade-renda dos telefones instalados (ltein) mostra um valor de 0,92, isto é, uma variação de 1% nos telefones instalados acarreta no PIB um impacto de 0,92%. As estimativas de Ingram apontam um valor próximo de 1,60.

Em resumo: as séries agregadas e desagregadas de gastos em infra-estrutura (capital e investimento) se co-integram, assim como as séries de medidas físicas de capital (com exceção de um caso), indicando a existência de uma relação de longo prazo com o PIB. Os coeficientes possuem o sinal esperado e a magnitude das elasticidades estimadas implica ser forte o impacto da infra-estrutura sobre o PIB no longo prazo.

## 4.2 - Elasticidade dos gastos em infra-estrutura em relação à PTF

A produtividade total dos fatores (PTF)  $p_t$  será definida por:

$$p_t = Y_t / (K_t^\alpha L_t^\beta) \quad (2)$$

onde  $Y_t$  é o produto,  $K_t$  é o capital privado e  $L_t$  é o trabalho.

Os coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  indicam a participação do capital e do trabalho no produto, respectivamente. Vamos trabalhar com três possibilidades para  $\alpha$  e  $\beta$ : 0,5 e 0,5; 0,4 e 0,6; e por fim 0,6 e 0,4, sempre considerando retornos constantes de escala. No primeiro caso, impomos simetria; no segundo seguimos a evidência internacional [ver Cooley e Prescott (1995)]; e no último utilizamos as estimativas das contas nacionais do IBGE.

Para analisar o impacto dos gastos em infra-estrutura em relação à PTF, utilizamos dois tipos de modelo de crescimento:

### a) Modelo endógeno

Vamos considerar uma função de produção Cobb-Douglas — em que capital de infra-estrutura é um argumento separado ao lado de capital e trabalho — com externalidade [ver Romer (1986) e Ferreira e Issler (1995)]:

$$Y_t = \exp(z_t) A K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} G_t^\theta (nK_t/L_t)^\theta \quad (3)$$

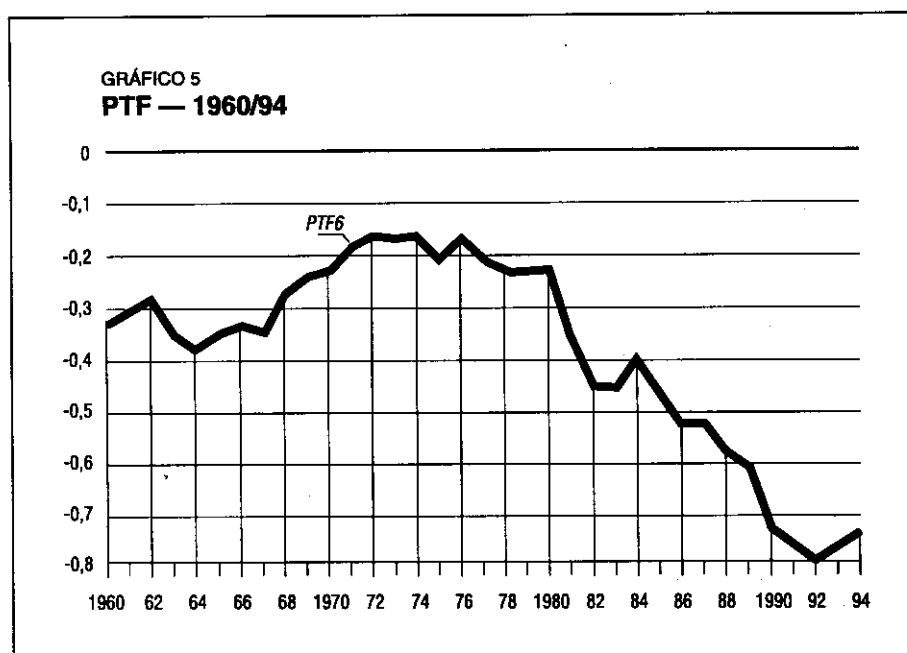
onde  $n$  é o número de firmas.

Aplicando logaritmos nas equações (2) e (3) e admitindo a hipótese de retornos crescentes de escala,<sup>11</sup>  $\alpha + \theta = 1$ , obtemos:

$$\ln p_t = \ln Y_t - \ln K_t = \ln A + \phi \ln G_t + z_t \quad (4)$$

Se considerarmos investimento em infra-estrutura, teremos uma expressão equivalente.

O Gráfico 5 mostra a PTF no período 1960/94 de acordo com o modelo endógeno. Observa-se que a produtividade decresce no período 1962/64, mas cresce continuamente de 1967 até 1972. A partir de 1973, apresenta uma queda quase contínua até se recuperar em 1992, voltando a crescer. Pela análise gráfica realizada, o comportamento da produtividade acompanha a evolução dos investimentos em infra-estrutura, indicando uma relação de longo prazo entre essas variáveis. Na Tabela 5, estimamos a elasticidade do capital e investimentos em infra-estrutura em relação à PTF para o modelo endógeno.



11 A hipótese de retornos crescentes é necessária para garantir crescimento sustentado a longo prazo.

TABELA 5

$$PTF = \ln Y_t - \ln K_t$$

Variáveis	Elasticidade	Tendência	Constante	Hipótese nula	Estimativa do traço
lkinf6	0,533	0,048	5,051	$\rho = 0$	82,98**
	(0,040)	(0,003)		$\rho \leq 1$	6,97
linvfra 6%	0,230	0,031	1,633	$\rho = 0$	18,27*
	(0,019)			$\rho \leq 1$	1,30

\* Rejeita a hipótese a um nível de significância de 5%.

\*\* Rejeita a hipótese a um nível de significância de 1%.

O impacto na produtividade se situa entre 0,23% e 0,53% para um aumento de 1% nos gastos em infra-estrutura. Isso significa que uma queda nos investimentos em infra-estrutura vai acarretar um impacto negativo na produtividade dos fatores privados no longo prazo. Tal fato foi observado na década de 80, especialmente com a queda dos investimentos dos setores elétrico e de transportes.

#### b) Modelo exógeno

Para avaliar o impacto na produtividade dos insumos privados, definiremos uma função de produção Cobb-Douglas, na qual o capital de infra-estrutura é um dos fatores de produção:

$$Y_t = \exp(z_t) A K_t^\alpha L_t^\beta G_t^\phi \quad (5)$$

Impondo retornos constantes de escala aos insumos privados ( $\alpha + \beta = 1$ ) e aplicando logaritmos nas expressões (2) e (5), obtemos:

$$\ln p_t = \ln Y_t - \alpha \ln K_t - (1 - \alpha) \ln L_t = \ln A + \phi \ln G_t + z_t \quad (6)$$

onde vamos supor os três valores para  $\alpha$ : 0,4; 0,5 e 0,6.

De maneira equivalente, podemos definir uma função de produção em que investimento em infra-estrutura é um dos fatores de produção. Aplicando logaritmos nas expressões (3) e (9) e admitindo retornos constantes de escala, teremos:

$$\ln p_t = \ln Y_t - \alpha \ln K_t - (1 - \alpha) \ln L_t = \ln A + \phi \ln J_t + z_t \quad (7)$$

onde se observa que a PTF obtida é o resíduo de Solow.



O Gráfico 6 mostra a PTF para os três valores de  $\alpha$  (PTF556,  $\alpha = 0,5$ ; PTF466,  $\alpha = 0,4$ ; PTF646,  $\alpha = 0,6$ ). O período 1964/76 caracteriza-se por crescimento positivo contínuo, enquanto o período 1980/92 apresenta crescimento negativo. A partir de 1992, a produtividade volta a crescer. Da mesma forma que a PTF do modelo endógeno, a evolução dos investimentos em infra-estrutura acompanha a evolução da produtividade. Na Tabela 6 estimamos a elasticidade do capital de infra-estrutura em relação à PTF para os três valores de  $\alpha$ .

O impacto na produtividade se situa entre 0,48% e 0,49% para um aumento de 1% no capital de infra-estrutura. Isso significa que melhores estradas, energia e comunicação abundantes não só elevam o produto mas também a produtividade dos fatores, reduzindo, portanto, o custo por unidade de insumo. Essas estimativas confirmam trabalhos anteriores que mostram que a infra-estrutura tem um papel importante no crescimento da produtividade do setor privado. Na Tabela 7 estimamos a elasticidade do investimento em infra-estrutura em relação à PTF para os três valores de  $\alpha$ .

O valor obtido para elasticidade oscila entre 0,34 e 0,38. Quer dizer, uma queda de 10% nos investimentos em infra-estrutura provocaria uma diminuição de cerca de 3,5% na produtividade total dos fatores privados no longo prazo. Esses valores, embora inferiores às estimativas para capital, são bastante expressivos e confirmam, mais uma vez, a importância da infra-estrutura para o desempenho do setor privado no Brasil.

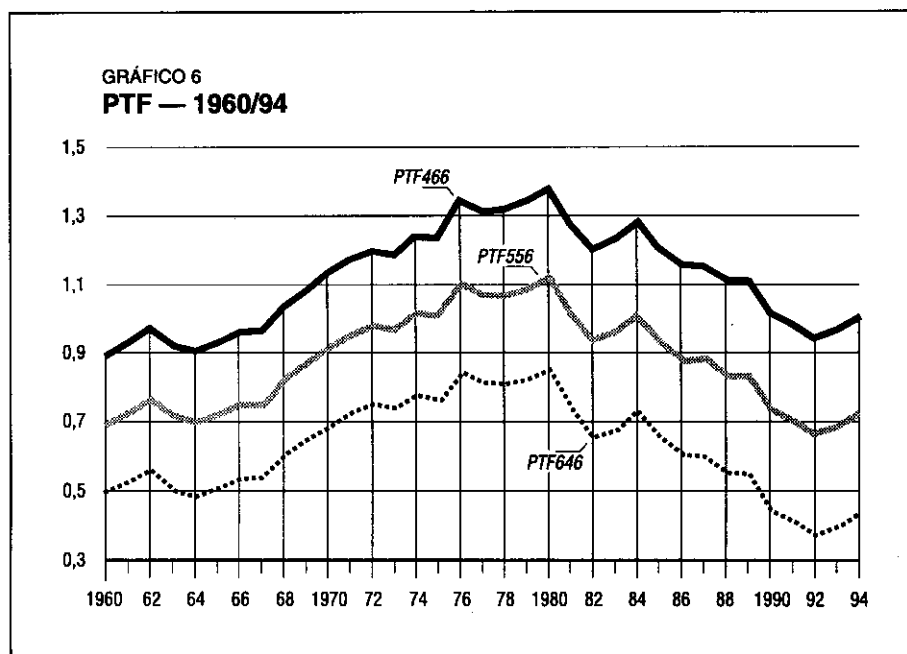


TABELA 6

$$PTF = \ln Y_t - \alpha \ln K_t - (1 - \alpha) \ln L_t$$

Variáveis	$\alpha$	Elasticidade	Tendência	Constante	Hipótese nula	Estimativa do traço
lkinf6	0,6	0,484	0,040	3,727	$p = 0$	99,76**
		(0,017)	(0,002)		$p \leq 1$	9,91
lkinf6	0,4	0,490	0,045	3,112	$p = 0$	67,25**
		(0,013)			$p \leq 1$	2,74
lkinf6	0,5	0,482	0,048	3,209	$p = 0$	64,84**
		(0,014)			$p \leq 1$	3,29

\*\* Significativo a 1%.

TABELA 7

$$PTF = \ln Y_t - \alpha \ln K_t - (1 - \alpha) \ln L_t$$

Variáveis	$\alpha$	Elasticidade	Tendência	Constante	Hipótese nula	Estimativa do traço
linvra 6%	0,6	0,339	-	2,630	$p = 0$	18,36***
		(0,177)		(1,718)	$p \leq 1$	1,36
linvra 6%	0,4	0,384	-	2,536	$p = 0$	17,05***
		(0,222)		(2,161)	$p \leq 1$	1,26
linvra 6%	0,5	0,354	-	2,511	$p = 0$	17,51***
		(0,189)		(1,837)	$p \leq 1$	1,07

\*\*\* Significativo a 10%.

Resumindo os resultados, vemos que no modelo endógeno uma variação de 1% no capital de infra-estrutura acarreta um impacto na PTF de 0,53% no longo prazo. Quanto ao modelo exógeno, esse impacto se situa entre 0,48% e 0,49%. Utilizando o investimento em infra-estrutura, as estimativas indicam para o modelo endógeno uma elasticidade do investimento em infra-estrutura em relação à PTF de 0,23. No modelo exógeno, os resultados encontrados oscilam entre 0,34 e 0,38. Dessa forma, a queda dos investimentos em infra-estrutura nos anos 80 teria afetado negativamente a evolução da produtividade dos fatores nessa década e pode explicar parcialmente a queda na PTF nesse período apresentada nos Gráficos 5 e 6.

## 5 - Causalidade

Uma questão sempre levantada em relação às estimativas de elasticidade-renda (ou PTF) de infra-estrutura é se os resultados não estariam indicando na verdade causalidade inversa, isto é, se não seria o caso em que aumentos no produto é que provocariam — devido à complementaridade entre capital privado e infra-estrutura pública — elevações no estoque de infra-estrutura. Esta seção busca investigar qual o sentido da causalidade entre capital de infra-estrutura (ou investimento) e PIB. Variações no capital precedem o PIB ou vice-versa? Ou as variáveis são contemporâneas? O mesmo será feito entre o capital de infra-estrutura e a PTF.

Utilizaremos o teste de causalidade no sentido de Granger.<sup>12</sup> Ele mostra, por exemplo, se variações do capital no tempo  $t$  e em  $t - k$  precedem variações no PIB no tempo  $t$ .

Da Tabela 8 podemos tirar as seguintes conclusões: O investimento em infra-estrutura causa no sentido de Granger o PIB. O capital de infra-estrutura causa o PIB e vice-versa. A produtividade dos fatores privados causa o investimento e o capital de infra-estrutura (com exceção de dois casos), mas o contrário não acontece.

TABELA 8

*Teste de causalidade de Granger<sup>a</sup> — vetor de correção de erro (VECM)*

Hipótese nula	Qui-quadrado	Probabilidade
linvfra não Granger causa PTF466	0,42	0,52
PTF466 não Granger causa linvfra	16,84	0,00**
linvfra não Granger causa PTF646	1,089	0,30
PTF646 não Granger causa linvfra	16,89	0,00**
linvfra não Granger causa PTF556	0,78	0,38
PTF556 não Granger causa linvfra	16,91	0,00**
linvfra não Granger causa PTF6	4,24	0,12
PTF6 não Granger causa linvfra	1,23	0,54
ikinf6 não Granger causa PTF466	2,32	0,31
PTF466 não Granger causa ikinf6	101,29	0,00**
ikinf6 não Granger causa PTF646	1,85	0,40

(continua)

12 Ver Hamilton (1994), Seção 11.2, ou o artigo original de Granger (1969) para uma apresentação da metodologia desse teste.

(continuação)

Hipótese nula	Qui-quadrado	Probabilidade
PTF646 não Granger causa lkinf6	173,64	0,00**
lkinf6 não Granger causa PTF556	0,84	0,66
PTF556 não Granger causa lkinf6	1,89	0,39
lkinf6 não Granger causa PTF6	0,14	0,93
PTF6 não Granger causa lkinf6	42,88	0,00**
lkinf6 não Granger causa lpib	6,79	0,00**
lpib não Granger causa lkinf6	168,76	0,00**
linvfra não Granger causa lpib	7,48	0,00**
lpib não Granger causa linvfra	0,92	0,34

<sup>a</sup> Utilizou-se um número de defasagens igual a três.

\*\* Rejeita a hipótese nula a 1%.

## 6 - Conclusão

O processo de industrialização do país foi caracterizado por elevados investimentos em infra-estrutura. No período 1950/79 houve um aumento acelerado dos investimentos em energia elétrica e transportes, contribuindo para um forte crescimento do PIB. A partir da década de 80, com a deterioração financeira do Estado, um endividamento crescente e um processo de aceleração inflacionária, os investimentos das estatais e públicos em geral são drasticamente reduzidos. Essa diminuição nos investimentos contribuiu para a queda da taxa de crescimento do PIB. A partir de 1990, impossibilitado financeiramente de retomar os investimentos em níveis semelhantes aos da década de 70, o governo adota o Programa Nacional de Desestatização (PND). Com a venda dessas empresas, o governo espera que o setor privado realize os investimentos em infra-estrutura necessários.

Os resultados obtidos empiricamente confirmam e estendem estimativas anteriores para o Brasil da existência de uma forte relação entre infra-estrutura e produto no longo prazo. As nossas estimativas para elasticidade-renda situam-se entre 0,55 e 0,61. Quanto à produtividade, também descobrimos uma relação de longo prazo entre a PTF e o capital (ou investimento) em infra-estrutura.

Utilizando séries de capital desagregadas, vimos que os setores que influenciam mais intensamente o PIB são o de energia elétrica, o de transportes e o de telecomunicações. Concluímos, portanto, que a queda nos gastos em energia elétrica e transportes, a partir da década de 80, afetou negativamente a evolução do produto e da produtividade da economia brasileira. Observamos que nas séries de estoque físico de capital, o setor de telefonia apresenta uma alta elasticidade-renda (0,92), seguido do setor elétrico (0,89). O setor ferroviário no Brasil não

apresentou uma relação de longo prazo com o produto e o setor rodoviário apresentou uma elasticidade-renda relativamente baixa.

Entendemos que além da construção de séries originais bem mais longas que as anteriormente disponíveis, a principal contribuição deste trabalho é mensurar o impacto de diversas medidas de infra-estrutura sobre o produto e a produtividade total dos fatores. Mais do que isso, ao trabalharmos com dados desagregados por subsetores nos foi possível ordená-los segundo sua importância relativa. Entendemos que isso possui importantes implicações de política econômica, embora, é claro, uma análise de equilíbrio geral que também estudasse fatores do lado da demanda ainda seria necessária para que se possa recomendar investimentos em setores específicos.

## Apêndice

### A.1 - Cálculo do estoque de capital inicial

Partindo da lei de movimento do capital —  $K_{t+1} = (1 - \delta) K_t + I_t$  —, facilmente se chega a:

$$K_T = (1 - \delta)^{T-1} K_0 + \sum_{j=0}^{T-1} (1 - \delta)^j I_{T-(j+1)} \quad T = 1, 2, 3, \dots \quad (\text{A.1})$$

Para determinar o estoque de capital relativo ao período  $T$ , entretanto, falta expressar o valor de  $K_0$ , que é dado por:

$$K_0 = I_{-1} + I_{-2}(1 - \delta) + I_{-3}(1 - \delta)^2 + \dots \quad (\text{A.2})$$

Utilizando a taxa média de crescimento  $g$  do investimento no período 1960/95, obtemos:

$$I_j = (1 + g)I_{j-1} \quad (\text{A.3})$$

Das equações (A.2) e (A.3), obtemos  $K_0 = I_0 / (\delta + g)$ .

## Abstract

*This article studies the behavior of the Brazilian infrastructure sector from 1950 through 1995. We construct new aggregate series of investment and capital, disaggregated series by subsectors (energy, transportation, telecommunications etc.) as well as physical measures of capital stock such as paved roads and telephone lines. These series are substantially longer than the series previously available and are used to estimate long-run output, labor productivity and total factor productivity (TFP) elasticities. Our results show a strong relationship between infrastructure in one hand and output and productivity on the other. At the aggregate level, we estimated a long-run output elasticity between 0.55 and 0.61. At the disaggregate level, the transportation and energy sectors had the highest estimated impact on output and productivity. Similar results were obtained with the TFP series and physical measures of infrastructure.*

## Bibliografia

- ASCHAUER, D. Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, v. 23, p. 177-200, Mar. 1989.
- COOLEY, T., PRESCOTT, E. Economic growth and business cycles. In: COOLEY, T. (ed.). *Frontiers of business cycles research*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1995.
- EASTERLY, W., REBELO, S. Fiscal policy and economic growth: an empirical investigation. *Journal of Monetary Economics*, v. 32, p. 417-458, 1993.
- FERREIRA, P. C. Investimento em infra-estrutura no Brasil: fatos estilizados e relações de longo prazo. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro: IPEA, v. 26, n. 2, p. 231-252, ago. 1996.
- FERREIRA, P. C., ISSLER, J. V. *Growth, increasing returns, and public infrastructure: times series evidence*. Rio de Janeiro: FGV, mar. 1995 (Ensaio Econômico EPGE, 258).
- FLORISSI, S. *Infrastructure, public capital and growth in the Brazilian economy*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, nov. 1996 (Texto para Discussão, 96/15).
- GRANGER, C. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, v. 37, p. 424-438, 1969.
- HAMILTON, J. *Time series analysis*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1994.
- INGRAM, G. *Sustaining infrastructure to support economic growth*. World Bank, 1994, mimeo.
- JOHANSEN, S. Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrica*, v. 59, p. 1551-1580, 1991.

- . *Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models*. Oxford University Press, 1995.
- MUNNELL, A. H. How does public infrastructure affect regional economic performance. *New England Economic Review*, p. 11-32, Sep. 1990.
- ROCHA, C. H., TEIXEIRA, J. R. Complementaridade versus substituição entre investimento público e privado na economia brasileira: 1965-90. *Revista Brasileira de Economia*, v. 50, n. 3, jul./set. 1996.
- ROMER, P. M. Increasing returns and long run growth. *Journal of Political Economy*, v. 94, Oct. 1986.
- RONCI, M. V. *Política econômica e investimento privado no Brasil (1955/82)*. Rio de Janeiro: FGV, 1991.
- SANT'ANA, T., ROCHA, C. H., TEIXEIRA, J. R. The impact of public investment on private capital formation in Brazil: 1965/85. *Brazilian Meeting of Operational Research*, v. 26, 1994 (Proceedings).
- SHAH, A. *Dynamics of public infrastructure and private sector profitability and productivity*. World Bank, 1992, mimeo.
- STOCK, J. H., WATSON, M. W. Testing for common trends. *Journal of the American Statistical Association*, 1988.
- UCHIMURA, K., GAO, H. *The importance of infrastructure on economic development*. World Bank, 1993, mimeo.
- WORLD BANK. *World development report, 1994: infrastructure for development*. New York: Oxford University Press, 1994.
- YOUNG, A. The tyranny of numbers: confronting the statistical realities of the East Asian growth experiences. *Quarterly Journal of Economics*, v. 110, n. 3, 1995.

(Originais recebidos em setembro de 1997. Revistos em outubro de 1998.)

