

Impactos Produtivos da Infra-estrutura no Brasil: 1950-1995*

Pedro Cavalcanti Ferreira
Escola de Pós-Graduação em Economia
Fundação Getúlio Vargas / RJ

Thomas Georges Malliagos
Boston University

O presente trabalho apresenta uma análise empírica do setor de infra-estrutura brasileiro no período 1950-1995. Concentra-se na estimação das elasticidades do produto e da produtividade em relação ao capital e 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-se também o sentido de causalidade entre o capital de infra-estrutura e o PIB e a produtividade total dos fatores (PTF). Os resultados obtidos confirmam para o Brasil a existência de uma 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.

* 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 PRONEX e o segundo o apoio financeiro da CAPES.

1 - Introdução

O presente trabalho apresenta uma análise empírica do setor de infra-estrutura no Brasil no período 1950-1995, 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 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 são os setores de infra-estrutura que influenciam mais intensamente o PIB no longo prazo.

No nosso estudo, além das estimações citadas acima, 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 estas medidas físicas e o PIB no Brasil? Se existir tal relação, 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). Este 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? Este 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 do presente artigo é a construção de uma nova base de dados para infra-estrutura no país, já que não havia

até o presente momento uma suficientemente extensa que incluísse dados de investimento por sub-setor de infra-estrutura e de medidas físicas de capital. Desta forma, foi construída uma base de dados que engloba os investimento 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.¹

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 o período 1968-95 e 1965-95, respectivamente. No setor elétrico as séries de investimentos estão divididas por sub-programa: 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 consumo, geração e capacidade instalada. No setor de telecomunicações, as séries de telefones instalados, terminais instalados, pulsos registrados e n.º 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 6 seções, incluindo esta introdução. Na segunda seção são discutidos resultados empíricos anteriores, na terceira a base de dados é apresentada. A quarta e quinta seções apresentam os resultados das estimativas. Como não foi possível rejeitar a hipótese de não-estacionariedade das séries estudadas, o método de estimação empregado foi a análise de cointegração utilizando a metodologia desenvolvida por Johansen (1991, 1995). Finalmente, a última seção conclui.

¹ Esta base de dados encontra-se a disposição dos interessados junto aos autores.

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 americana foi o primeiro a abordar este tema. Estimando por OLS, ele estimou que um aumento de 1 % no capital público implicaria em um aumento entre 0,36 e 0,39 % no produto. Munnell (1990) obtém estimativas semelhantes para dados regionais 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. Adicionalmente, Uchimura e Gao (1993) estimaram a elasticidade do PIB com relação ao capital de infra-estrutura e encontraram 0,19 para a Coréia 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 administrações²) sobre o PIB. As estimativas mostraram que um aumento 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 destas elasticidades foi de cointegração. Os seus resultados indicavam uma forte relação entre investimentos em infra-estrutura e PIB no longo prazo³.

Estas estimativas aparentam ser excessivamente otimistas. Uma possível explicação para este 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. Este seria o caso do setor rodoviário. A inclusão desse setor poderia alterar significativamente o valor da elasticidade-renda.

² Investimentos da União, estados e municípios (adm.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) sobre o produto (PIB) 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.

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 produto (PIB), Ingram (1994), por sua vez, estimou elasticidades para diversos setores - utilizando séries como quilowatt instalado, quilômetros de estradas asfaltadas e telefones instalados, etc. - para 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 o nível de renda e investimentos em infra-estrutura é outro tema amplamente estudado. Para a economia americana, Ferreira e Issler (1995) concluem que variações no gastos em infra-estrutura pública precedem variações na produtividade total do 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 substituto ao investimento privado. Easterly e Rebelo (1993) mostram que não há evidência de substitubilidade 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 & Teixeira (1996) descobrem fortes evidências 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 (1996) leva em conta a não-estacionariedade das séries de investimento, analisando a cointegração entre as variáveis.

Quanto à estimação da elasticidade do capital público sobre a produtividade dos fatores privados, Aschauer (1989) utilizando dados anuais da economia 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 EUA (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 federal⁴. Estas 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: anuário das estradas de ferro, anuário das ferrovias do Brasil, anuário estatístico da RFFSA, anuário estatístico da CVRD, anuário da Portobrás e anuário de Transportes Aquaviários.

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 sub-programa (geração, transmissão, distribuição, instalações gerais e Itaipu) no período 1965-1969 foram retiradas dos anuários da Eletrobrás. O dados para o período 1970-1995 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.

⁴ Não dispomos dos investimentos em transportes dos governos estaduais.

As séries de capital foram construídas utilizando o método *perpetual inventory* e o valor do capital inicial foi construído de acordo com Young (1994)⁵. Devido à falta de estimativas para a taxa de depreciação do capital no Brasil utilizou-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 PTF (Produtividade Total dos Fatores) foi necessário obter as séries do PIB, da PEA (População Economicamente Ativa) e de capital. A série do PIB nominal foi obtida na Revista Conjuntura Econômica (1996) e a série da PEA no anuário estatístico do IBGE - séries históricas e na Pesquisa Nacional de Amostras por Domicílio (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 - Estimções e Resultados

Conforme já salientado anteriormente, iremos calcular as elasticidades-renda de longo prazo para diversas séries de capital e investimento agregadas e desagregadas. Também, obteremos as elasticidades dos gastos em infra-estrutura de longo prazo em relação à PTF (Produtividade Total dos Fatores) tanto a nível agregado como desagregado.

As relações de longo prazo serão analisadas através de cointegração. O primeiro passo é testar se as variáveis apresentam raiz unitária. Os testes utilizados foram o Dickey-Fuller Aumentado e Philip-Perron. Em todas as séries a hipótese de raiz unitária não pode ser rejeitada a 5%⁶. O segundo passo é a escolha do lag do VAR, onde utilizou-se o critério de Schwarz⁷. O passo seguinte é o teste de

⁵ Vide apêndice

⁶ As séries PTF, PIB, PEA, investimento, capital e medidas físicas são I(1). Por limitação de espaço, não reportamos os resultados dos testes de raízes unitárias.

⁷ Estes testes foram realizados no software econométrico E-views 2.1. Na identificação do VAR estimado utilizou-se 2 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.

cointegração de Johansen⁸. Não rejeitar a hipótese nula de cointegração 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 feito através de um teste de hipótese (utilizando o critério do loglik⁹) e de uma análise gráfica das séries. Em seguida, iremos testar a causalidade entre o PIB (ou PTF) e o capital de infra-estrutura. O mesmo será feito com o investimento em infra-estrutura.

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).

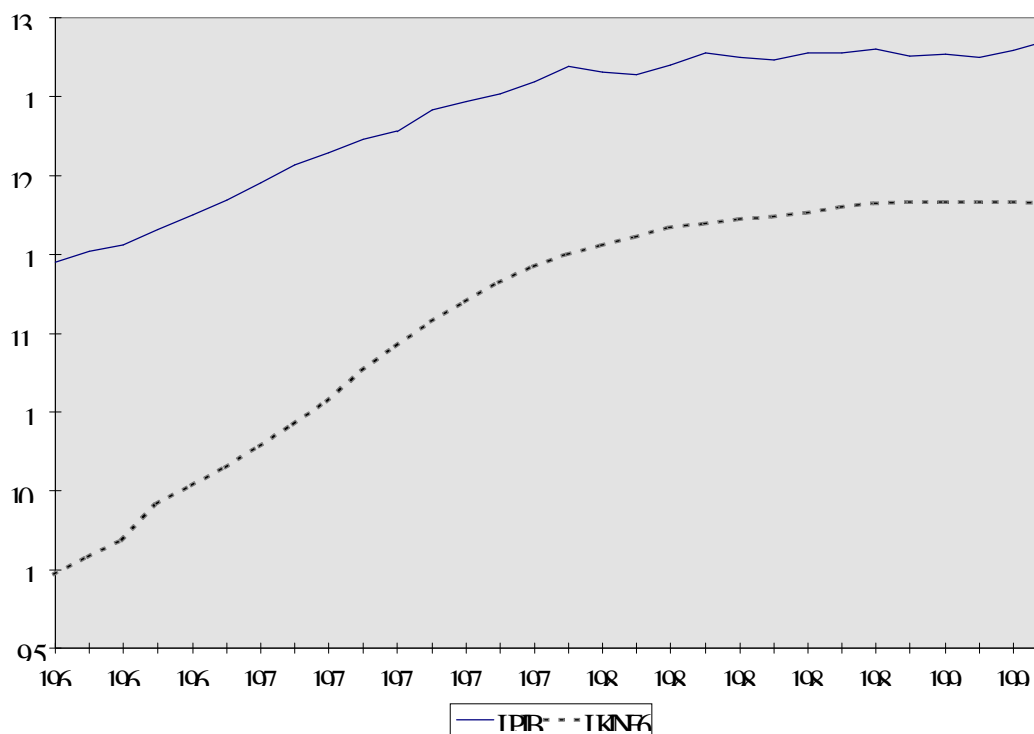
O gráfico 1 indica que no período 1967-79 houve um crescimento contínuo do capital de infra-estrutura acompanhado por um crescimento no PIB. A partir da década de 80, o capital continua a crescer, mas a uma taxa cada vez menor, enquanto o PIB cresce lentamente. O gráfico abaixo indica fortes evidências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

⁸ Por limitação de espaço, não explicamos a metodologia do teste. Uma boa referência é o manual do E-views ou os textos originais, Johansen (1991, 1995).

⁹ 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 $g = -2$ [$\loglik(\text{mod.restrito}) - \loglik(\text{mod.irrestrito})$]. Se $g > \chi^2_{n-p}$ (para um dado nível de significância α), rejeita-se a hipótese nula.

Gráfico 1

LPIB x LKINF6
R\$ milhões de 95



A tabela 1 apresenta o resultado das estimativas utilizando cointegração na equação (1), e confirma a existência de uma relação de longo prazo entre o 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.

Tabela 1

Elasticidade-renda de longo prazo de infra-estrutura¹⁰

Variáveis	Elasticidade	Tendência	Cte	Hipótese Nula	Estimativa do Traço
lkinf6 (1)	0,612 (0,016)	0,008	-6,074	p = 0	82,20**
				p ≤ 1	0,75
lkinf8	0,576 (0,016)	0,003	-6,421	p = 0	78,05**
				p ≤ 1	0,82
lkinf10	0,545 (0,015)	-0,001	-6,687	p = 0	74,11**
				p ≤ 1	0,91
linvfra	0,394 (0,082)	-0,023	-8,494	p = 0	18,04***
				p ≤ 1	0,49

** rejeita a hipótese a um nível de significância de 1 %, ***rejeita a hipótese a um nível de significância de 10% (1) desvio-padrão

¹⁰ Os resultados apresentados pela estatística de máximo autovalor foram bastante semelhante aos apresentados pela estatística do traço. Por simplicidade, omitimos esses valores.

As estimativas indicam 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 este setor tem sobre o crescimento do PIB no longo prazo.

As estimativas obtidas na tabela 1 são inferiores às obtidas por Ferreira (1996). Uma possível explicação para este fato é que as séries de infra-estrutura de Ferreira não incluem setores importantes, tais como o setor elétrico estadual, o setor rodoviário federal e o setor de aeroportos. Por outro lado, são superiores a estimativas na literatura para outros países, conforme visto na introdução. Uma primeira explicação possível seria uma possível não linearidade desta elasticidade: 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 destes autores (e.g., Aschauer(1989)) não levam em conta a estrutura estocástica das séries utilizadas, o que poderia viesar seus resultados (em estimativas em primeira diferenças, por exemplo). Finalmente, a elasticidade-renda como estimada nesta sessão não leva em conta ainda o efeito do estoque de capital e trabalho, o que só será feito aqui a partir da sessão 4.2.

Com a série de investimento, obtemos uma elasticidade de 0,39, próximo do valor obtido por Aschauer (1989) com dados americanos (0,24), embora a metodologia empregada seja muito diferente. Aschauer utilizou estimação OLS, enquanto no nosso trabalho utilizamos estimação de máxima verossimilhança seguida de cointegração¹¹ (Johansen 1991, 1995).

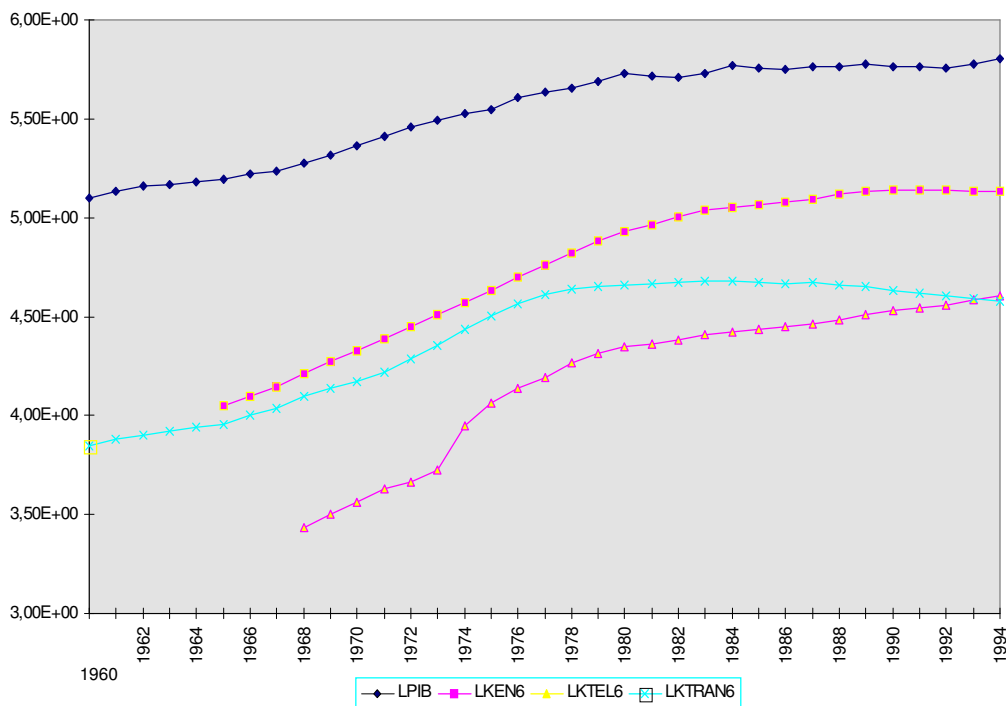
O gráfico 2 apresenta o comportamento do PIB e das variáveis capital de energia elétrica (lken6), capital de telecomunicações (lktel6) e capital de transportes (lktran6), todas com taxa de depreciação de 6%. O capital de energia elétrica apresenta um crescimento acelerado no período 1965-83, enquanto que o PIB apresenta um crescimento menos acentuado 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 assim na taxa de crescimento do PIB. O capital de transportes e o PIB tem uma taxa

¹¹ Aschauer utilizou somente OLS para estimar a elasticidade. Entretanto, é possível fazer análise de cointegração usando-se OLS para variáveis em nível, como por exemplo no caso da metodologia DOLS proposta em Stock and Watson (1988).

de crescimento semelhante no período 1960-71. De 1972-77, o capital de transportes cresce mais rápido que o PIB e a partir de 1978 este 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 crescimento do PIB.

Gráfico 2

Ipib x lken6 x lktel6 x lktran6
R\$ milhões de 95



O gráfico acima indica uma tendência comum entre os capitais desagregados de infra-estrutura e o PIB. Assim, iremos estimar o impacto do crescimento destes 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 esta razão só apresentaremos os resultados com a taxa de 6 %.

Tabela 2

Elasticidade-renda de longo prazo do capital desagregado

Variáveis	Elasticidade	Tendência	Cte	Hipótese	Estimativa do Traço
lkfet6	0,643	-0,025	-6,088	Nula	26,96*
	(0,043)	(0,003)		$p = 0$	5,39
lkpot6	0,522	-0,012	-8,415	$p \leq 1$	27,89**
	(0,023)			$p = 0$	0,77
lkrod6	0,399	-0,023	-8,436	$p \leq 1$	24,20**
	(0,015)			$p = 0$	0,29
lken6	0,683	-	-5,384	$p \leq 1$	21,41**
	(0,029)			$p = 0$	1,92
lktel6	0,428	0,005	-9,004	$p \leq 1$	27,99*
	(0,030)	(0,003)		$p = 0$	10,32
lktran6	0,572	-0,018	-6,451	$p \leq 1$	27,51*
	(0,020)	(0,002)		$p = 0$	6,01

*rejeita a hipótese a um nível de significância de 5 %, ** rejeita a hipótese a um nível de significância de 1 %

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 do setor de transportes (lktran6) e telecomunicações (lktel6)¹². É interessante observar que os investimentos em transportes apesar de não merecerem atenção especial do governo tem uma forte influência no PIB (elasticidade de 0,57 %). Analisando a série de transportes desagregada, os efeitos mais intensos estão no sub-setor 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 o setor de transporte e comunicação estão entre 0,59 e 0,66.

A tabela 3 apresenta as elasticidades-renda de longo prazo dos investimentos em infra-estrutura.

¹² Optou-se por trabalhar com regressões simples devido ao tamanho da amostra. Se trabalhássemos com uma regressão contendo todos os setores (lken, lktel, lktran) teríamos somente 25 observações, insuficiente para realizar testes de cointegração.

Tabela 3
Elasticidade-renda de longo prazo do investimento desagregado

Variáveis	Elasticidade	Tendência	Cte	Hipótese	Estimativa do Traço
linvtel	0,275	-	-11,145	Nula	26,84**
	(0,081)		(0,662)	$p = 0$	8,29
linvprof	0,581	-	-9,356	$p \leq 1$	25,72**
	(0,107)		(0,739)	$p = 0$	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

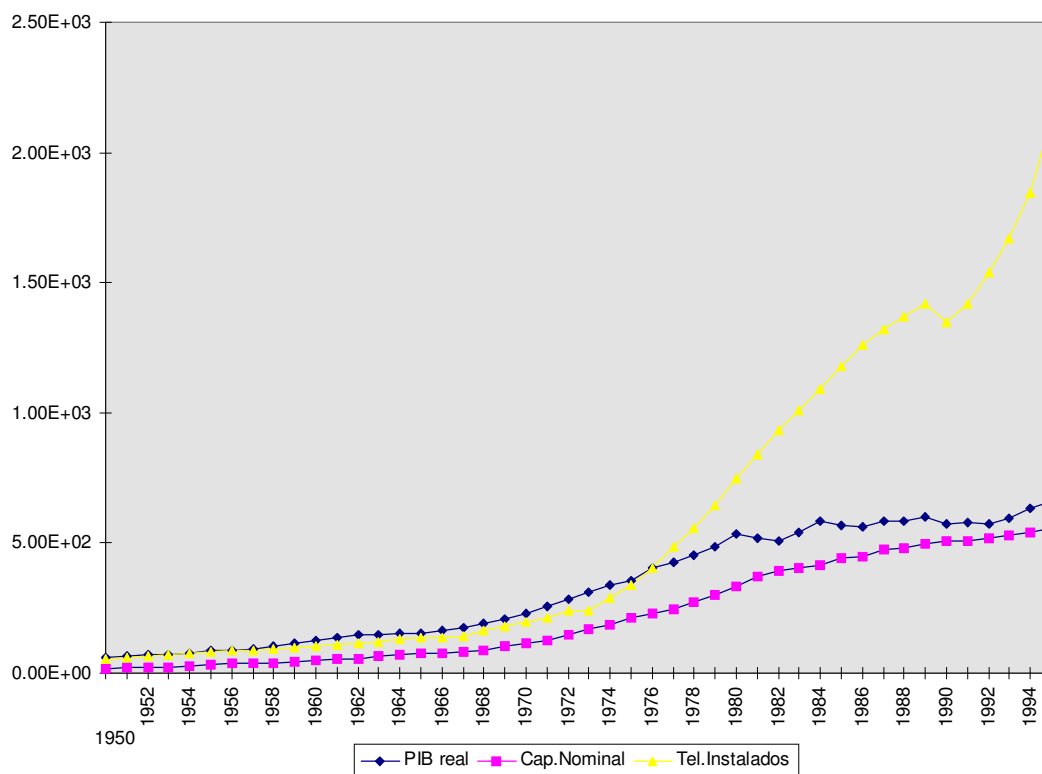
*rejeita a hipótese a um nível de significância de 5 %, ** rejeita a hipótese a um nível de significância de 1 %
***rejeita a hipótese a um nível de significância de 10%

Nota-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 de telecomunicações (linvtel). Novamente se observa a forte influência que os investimentos no setor elétrico e de transportes apresentam sobre o crescimento do PIB no longo prazo. Deve-se ressaltar, portanto, que os sub-investimentos observados no setor de transportes nos anos 90 irão influenciar negativamente o crescimento de longo prazo do PIB.

O gráfico 3 abaixo indica 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.

Gráfico 3

PIB Real (R\$ bilhões de 95), Capacidade Instalada (MW/100) e
Telefones Instalados/10000

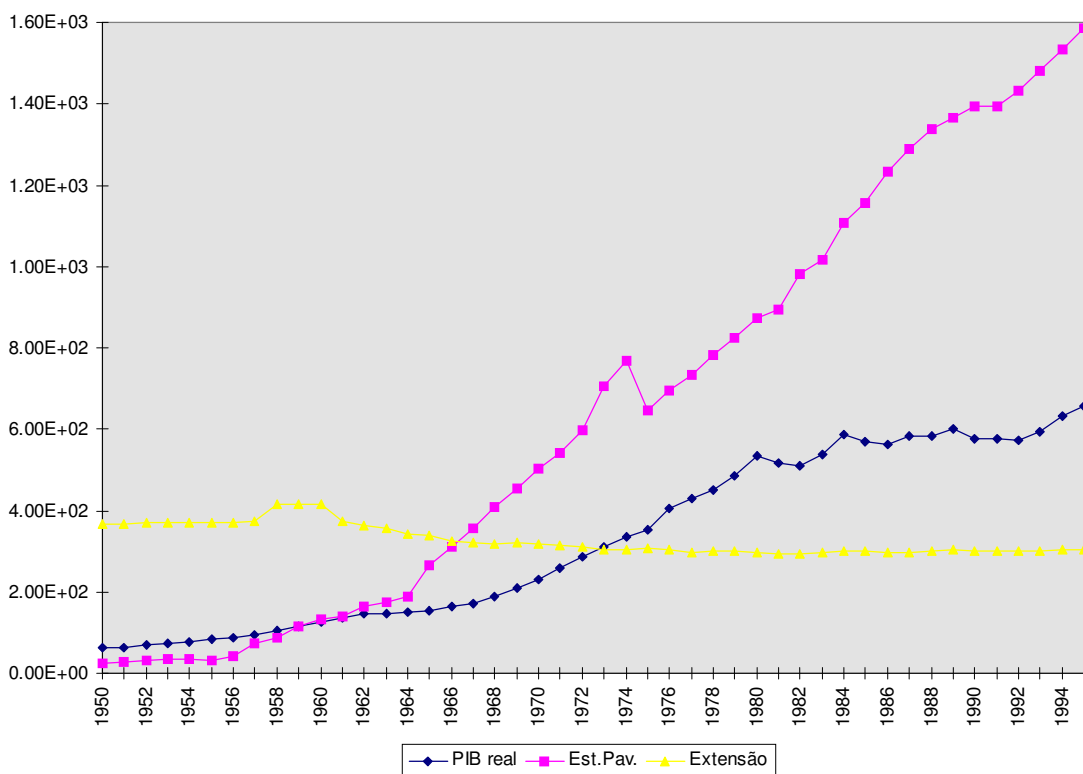


Fonte: Revista Conjuntura Econômica Março/97 e SIESE

O gráfico 4 indica a evolução do PIB e extensão da rede rodoviária e ferroviária. Enquanto o PIB cresce continuamente, a rede ferroviária apresenta uma queda contínua 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. Isto 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.

Gráfico 4

PIB Real (R\$ milhões de 95), Extensão da Rede (Km/100) e Estradas Pavimentadas (Km/100)



Fonte: Revista Conjuntura Econômica Março/ 97 e GEIPOT 1970/1995

Na tabela 4, foram calculadas o impacto destas medidas físicas de capital no produto de longo prazo.

Tabela 4

Elasticidade-renda de medidas físicas de estoque de infra-estrutura¹³

Modelo	Elasticidade	Tendência	Constantte	Hipótese	Estimativa do Traço
lcapno	0,890	0,017	-4,360	Nula	18,59*
	(0,059)			$p \leq 1$	0,18
ltein	0,924	-	-4,531	$p = 0$	22,74*
	(0,101)			$p \leq 1$	7,59
irede	-	-	-	$p = 0$	12,28
				$p \leq 1$	3,07
lespa	0,365	-	-9,315	$p = 0$	23,85*
	(0,108)			$p \leq 1$	4,63

*rejeita a hipótese a um nível de significância de 5 %

A capacidade nominal instalada (lcapno) apresenta um coeficiente de 0,89. Isto significa que um aumento de 1 % na capacidade nominal instalada de energia elétrica

gera um aumento de 0,89 % no PIB no longo prazo. Este resultado confirma o anterior (tabelas 2 e 3, pag.13 e 14), indicando que os investimentos do setor elétrico têm uma 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 obtido por Ingram (1994), que encontra uma elasticidade próxima de 1,50 para dados cross-section de 100 países em desenvolvimento.

A série extensão da rede ferroviária (lrede) não cointegrou. Isto se deve ao fato que no período estudado (1960-1995), 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) apresenta um valor de 0,92; ou seja, uma variação de 1 % nos telefones instalados acarreta no PIB um impacto de 0,92 %. As estimativas de Ingram (1994) apontam um valor próximo de 1,60.

Em resumo: as séries agregadas e desagregadas de gastos em infra-estrutura (capital e investimento) cointegram, 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 α e β indicam a participação do capital e trabalho no produto, respectivamente. Iremos trabalhar com três possibilidades para α e β : 0,5 e 0,5; 0,4 e

¹³ Estas variáveis são I(1) e estão em log para a estimação das elasticidades.

0,6 e por fim 0,6 e 0,4 sempre assumindo retornos constantes de escala. No primeiro caso impomos simetria, no segundo caso seguimos a evidência internacional (Cooley & 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 Produtividade Total dos Fatores utilizamos dois tipos de modelos de crescimento:

a) modelo endógeno

Iremos considerar uma função de produção Cobb-Douglas (onde capital de infra-estrutura é um argumento separado ao lado de capital e trabalho) com externalidade (Romer, 1986 ; Ferreira & Issler, 1995):

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

onde n é o número de firmas.

Aplicando logaritmos em (2) e (3) e assumindo a hipótese de retornos crescentes de escala¹⁴, $\alpha+\theta=1$, obtemos:

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

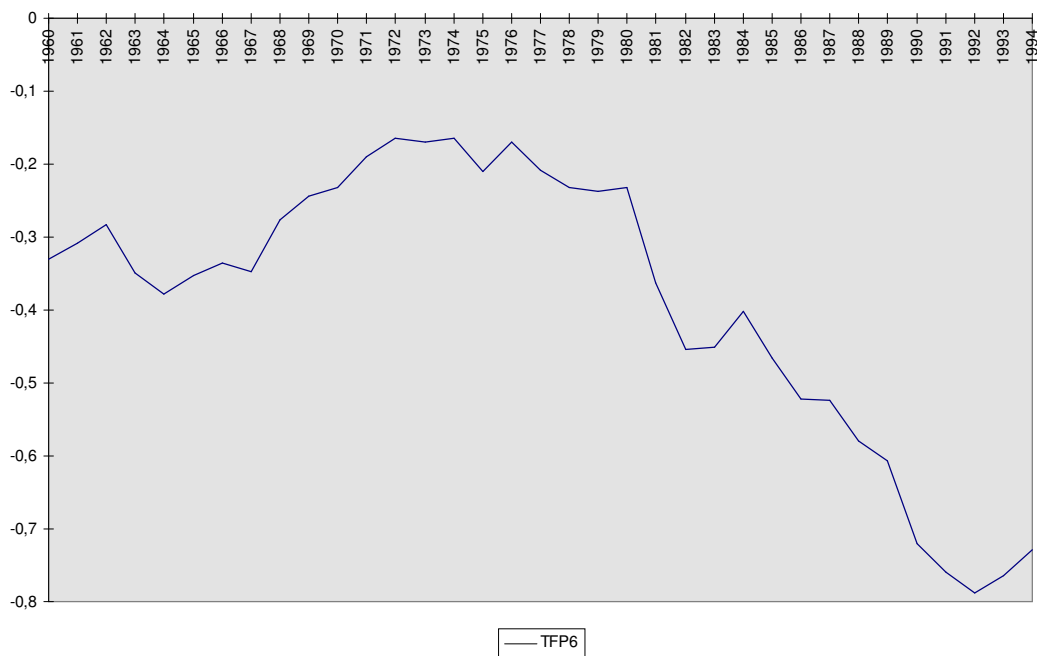
Se considerarmos investimento em infra-estrutura, teremos uma expressão equivalente.

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 um 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.

¹⁴ A hipótese de retornos crescentes é necessária para garantir crescimento sustentado a longo prazo.

Gráfico 5

PTF



Na tabela 5 estimamos a elasticidade do capital e investimentos em infraestrutura em relação à PTF para o modelo endógeno.

Tabela 5
 $ptf = \ln Y_t - \ln K_t$

Variáveis	Elasticidade	Tendência	Cte	Hipótese Nula	Estimativa do Traço
lkinf6	0,533	0,048	5,051	$p = 0$	82,98**
	(0,040)	(0,003)		$p \leq 1$	6,97
linvfra 6%	0,230	0,031	1,633	$p = 0$	18,27*
	(0,019)			$p \leq 1$	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. Isto significa que uma queda nos investimentos em infra-estrutura irá 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 do setor 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:

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

Impondo-se 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 assumiremos os três valores para α : 0,4; 0,5 e 0,6.

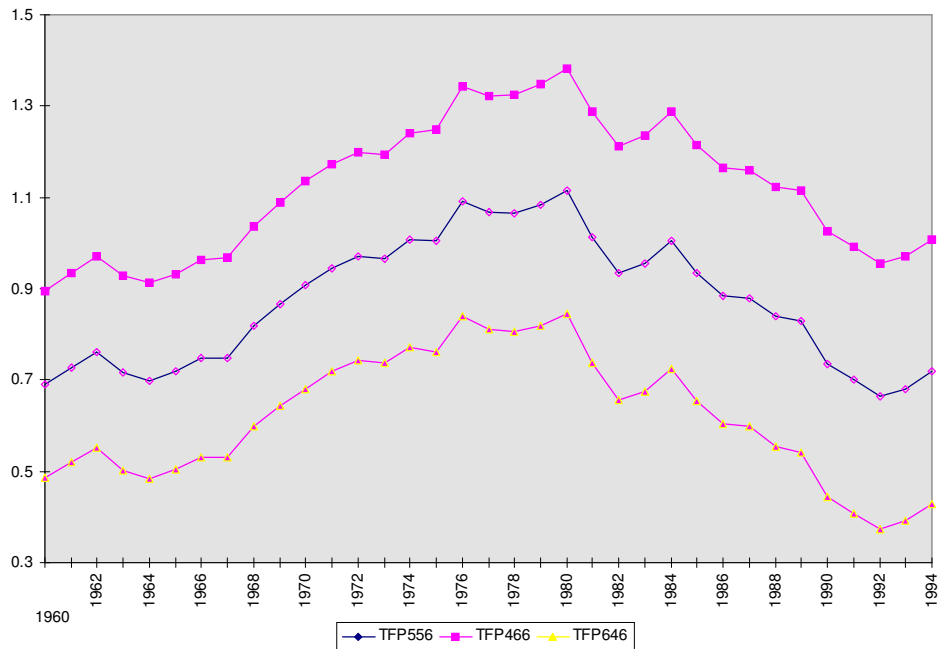
De maneira equivalente, podemos definir uma função de produção onde investimento em infra-estrutura é um dos fatores de produção. Aplicando logaritmos nas expressões (3) e (9) e assumindo retornos constantes de escala, teremos:

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

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

O gráfico 6 mostra a PTF para os três valores de α (tfp556, $\alpha=0,5$; tfp466, $\alpha=0,4$; tfp646, $\alpha=0,6$). O período 1964-76 caracteriza-se por crescimento positivo contínuo, enquanto que 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.

Gráfico 6
PTF



Na tabela 6 estimamos a elasticidade do capital de infra-estrutura em relação à PTF para os três valores de α .

Tabela 6
 $PTF = \ln Y_t - \alpha \ln K_t - (1 - \alpha) \ln L_t$

Variáveis	α	Elasticidade	Tendência	Cte	Hipótese	Estimativa do Traço
lkinf6	0,6	0,484	0,040	3,727	Nula	99,76**
		(0,017)	(0,002)		$p = 0$	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%

O impacto na produtividade se situa entre 0,48% e 0,49% para um aumento de 1% no capital de infra-estrutura. Isto significa que melhores estradas, energia e comunicação abundantes não só elevam o produto e mas também a produtividade dos fatores, reduzindo portanto custo por unidade de insumo. Estas estimativas confirmam trabalhos anteriores que indicam 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 α .

Tabela 7

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

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

***significativo a 10%

Os valores obtidos para elasticidade oscilam entre 0,34 e 0,38. Ou seja, uma queda de 10% nos investimentos em infra-estrutura provocaria uma queda de cerca de 3,5% na produtividade total dos fatores privados no longo prazo. Estes 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.

Resumindo os resultados, obtemos 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 este 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. Desta forma, a queda dos investimentos em infra-estrutura nos anos 80 teria afetado negativamente a evolução da produtividade dos fatores nesta década e pode explicar parcialmente a queda na PTF nesta década apresentada nos gráficos 5 e 6 acima.

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 de que aumentos no produto é que provocariam, devido à complementaridade entre capital privado e infra-estrutura pública, aumentos 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 capital de infra-estrutura e a PTF.

Utilizaremos o teste de causalção no sentido de Granger¹⁵. Ele indica, por exemplo se variações do capital no tempo t e em t-k precedem variações no PIB no tempo t.

Da tabela 8 abaixo 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 Granger¹⁶
 Vetor de Correção de Erro - VECM

Hipótese Nula	Qui- quadrado	Probabilidade
linvfra não granger causa TFP466	0,42	0,52
TFP466 não granger causa linvfra	16,84	0,00**
linvfra não granger causa TFP646	1,089	0,30
TFP646 não granger causa linvfra	16,89	0,00**
linvfra não granger causa TFP556	0,78	0,38
TFP556 não granger causa linvfra	16,91	0,00**
linvfra não granger causa TFP6	4,24	0,12
TFP6 não granger causa linvfra	1,23	0,54
lkinf6 não granger causa TFP466	2,32	0,31
TFP466 não granger causa lkinf6	101,29	0,00**
lkinf6 não granger causa TFP646	1,85	0,40
TFP646 não granger causa lkinf6	173,64	0,00**
lkinf6 não granger causa TFP556	0,84	0,66
TFP556 não granger causa lkinf6	1,89	0,39
lkinf6 não granger causa TFP6	0,14	0,93
TFP6 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

* rejeita a hipótese nula a 1 %

¹⁵ Veja Hamilton(1994), sessão 11.2 ou o artigo original de Granger(1969) para uma apresentação da metodologia deste teste.

¹⁶ Utilizou-se um número de defasagens igual a três.

6 - Conclusão

O processo de industrialização do país foi caracterizado por elevados investimentos em infra-estrutura. No período 1950-79 houve um crescimento acelerado dos investimentos em energia elétrica e transportes, contribuindo para um forte crescimento no 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. Esta redução nos investimentos contribuiu para a queda da taxa de crescimento do PIB. A partir de 1990 impossibilitado financeiramente de retomar os investimentos a níveis semelhantes à década de 70, o governo adota o programa nacional de desestatização (PND). Com a venda destas 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. Concluimos, 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 isto, ao também trabalharmos com dados desagregados por sub-setores nos foi possível ordenar estes segundo sua importância relativa. Entendemos que isto possui importantes implicações de política econômica, embora , é

claro, uma análise de equilíbrio geral que também estudasse fatores do lado da demanda ainda seria necessário para que se possa recomendar investimentos em setores específicos.

Apêndice

Cálculo do estoque de capital inicial

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

$$K_T = (1-\delta)^T K_0 + \sum_{j=1}^T I_{T-j+1} \cdot (1-\delta)^{j-1} \quad (A1).$$

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

$$K_0 = I_{-1} + I_{-2}(1-\delta) + I_{-3}(1-\delta)^2 + \dots \quad (A2).$$

Utilizando a taxa média de crescimento g do investimento no período 1960-1995, obtém-se

$$I_j = (1+g) I_{j-1} \quad (A3).$$

Das equações (A2) e (A3), obtemos que $K_0 = I_0 / (\delta + g)$.

Referências

Aschauer, David. *Is Public Expenditure Productive?* Journal of Monetary Economics, v.23, p.177-200, Mar.1989.

Cooley, T. e E. Prescott. *Economic Growth and Business Cycles*, in Cooley, T. (ed.) Frontiers of Business Cycles Research, Princeton Press, Princeton, NJ, 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., Issler, J.V. *Growth, Increasing Returns, and Public Infrastructure: Times Series Evidence*. EPGE - Ensaios Econômicos nº 258. Março de 1995.

Ferreira, P. C. *Investimento em Infra-estrutura no Brasil: Fatos Estilizados e Relações de Longo Prazo*. Pesquisa e Planejamento Econômico., v.26, n.2, p.231-252, Ago.1996.

Florissi, S. *Infrastructure, Public Capital and Growth in the Brazilian Economy*. Texto para discussão nº 96/15. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Nov.1996.

Granger, C., *Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods*, *Econometrica*, 37, pp. 424-438, 1969.

Hamilton, J. *Time Series Analysis*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1994.

Ingram, G. *Sustaining Infrastructure to Support Economic Growth*. World Bank, mimeo, 1994.

Johansen.S. *Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models*. *Econometrica*, vol.59, pp.1551-1580, 1991.

Johansen, S. *Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*, Oxford University Press, 1995.

Munnel, A.H. *How Does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance*. *New England Economic Review*, p.11-32, Sept.1990.

Rocha, C.H., Teixeira, J.R. *Complementaridade Versus Substituição entre Investimento Público e Privado na Economia Brasileira: 1965-90*. *Revista Brasileira de Economia*, Vol.50, nº 3, Julho/Set. 1996.

Romer, Paul M. *Increasing Returns and Long Run Growth*. *Journal of Political Economy* 94. October 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*, 26. Proceedings. 1994.

Shah, Anwar, *Dynamics of Public Infrastructure and Private Sector Profitability and Productivity*, Mimeo, World Bank, 1992.

Stock, James H., and Watson, M. W. *Testing for Common Trends*, *Journal of the American Statistical Association*, 1988.

Uchimura, K. e H. Gao, *The Importance of Infrastructure on Economic Development*, Mimeo, World Bank, 1993.

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(3), 1995.