

Efeitos da infra-estrutura sobre o crescimento e sobre a produtividade.

Resumo

O objetivo deste trabalho é investigar o papel da disponibilidade de infra-estrutura econômica sobre a produtividade, entendida a partir do nível de renda per capita, e sobre o crescimento econômico. Além de analisar esses dois pontos a partir de uma amostra agregada, como aparece frequentemente na literatura, este artigo investiga os efeitos para diferentes grupos de países. Utiliza-se o indicador de disponibilidade de infra-estrutura em unidades físicas, de acordo com a metodologia proposta por Sanchez-Robles (1998). Os resultados para a amostra total corroboram os achados da literatura no tocante ao nível de renda. No que se refere aos efeitos sobre o crescimento, os achados deste artigo mostram efeitos positivos da infra-estrutura, também corroborando boa parte dos estudos mais recentes. Contudo, a decomposição da amostra mostra que esse resultado não se mantém para os países desenvolvidos.

Palavras-chave: Infra-estrutura, produtividade, crescimento econômico.

Abstract

The aim of this paper is to investigate the role of infrastructure availability over productivity, understood as income per capita, and over economic growth. Beyond analyzing these two points using an general sample, this paper investigates the effects for different groups of countries. The infrastructure indicator using physical units is applied, according to the methodology proposed by Sanchez-Robles (1998). The results for the total sample confirm those presented by the literature for productivity. When analyzing the effects over economic growth, the results found a positive effect of the infrastructure, confirming what recent papers present in the literature. However, the decomposition of the sample shows that the results does not persist for developed countries.

Key words: Infrastructure, productivity, economic growth.

Área de classificação na ANPEC: Teoria Econômica e Métodos Quantitativos.

Código de classificação do JEL: O 57, C 23, H 54, L 90.

Efeitos da infra-estrutura sobre o crescimento e sobre a produtividade.

1. Introdução

O conceito de infra-estrutura econômica está relacionado ao estoque de capital fixo com reduzida mobilidade, altos custos irreversíveis e elevada relação capital-produto, além de alta dispersão do consumo. A rede de infra-estrutura, pelas suas características, assume o caráter de fator específico de um país ou região. Nessa categoria podem ser incluídos, por exemplo, os serviços públicos de infra-estrutura de energia, de telecomunicações e de transportes.

Os efeitos das redes de infra-estrutura sobre o desempenho econômico têm sido objeto de uma série de artigos na literatura sobre o assunto. As primeiras discussões foram levantadas nos anos 50, no âmbito da Economia Regional¹, onde a infra-estrutura é usualmente denominada como “capital social fixo”, assumindo um importante papel na explicação das disparidades entre regiões. O debate teórico mais recente sobre o assunto está baseado nos artigos seminais de Aschauer (1989a, 1989b, 1989c), que investiga a suposta relação entre diminuição dos investimentos em infra-estrutura e redução nas taxas de crescimento da produtividade, observados nos Estados Unidos a partir da década de 70.

O interesse mais recente pelo tema foi motivado por dois fatores. Em primeiro lugar, pela retração dos investimentos em infra-estrutura realizados pelo Estado, na maior parte dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, nos anos 80 e 90, em função dos problemas fiscais e da mudança do papel deste agente na atividade econômica. Em segundo lugar, porque o setor de infra-estrutura, para fazer frente a essa mudança, tem sido aberto ao setor privado, seja via privatização, concessões ou outras formas de parceria.

Nesse sentido, discute-se se essa substituição do Estado pelo setor privado não tem gerado gastos insuficientes em infra-estrutura, trazendo efeitos adversos sobre a produtividade e crescimento e sobre a distribuição da renda². Este artigo concentra-se na investigação do primeiro conjunto de efeitos, buscando apresentar evidências empíricas que possibilitem responder às seguintes questões: Qual o papel da expansão da infra-estrutura sobre a produtividade? Qual o sentido da causalidade entre crescimento econômico e investimentos em infra-estrutura? Como tais efeitos afetam países desenvolvidos e países em desenvolvimento?

O artigo busca fornecer evidências empíricas da discussão já presente na literatura, acerca do papel da disponibilidade de infra-estrutura sobre a produtividade e sobre o crescimento econômico. São apresentadas ainda evidências não presentes na literatura, acerca desses efeitos da infra-estrutura em diferentes grupos de países.

Além desta introdução, o artigo está composto por mais quatro seções. A Seção 2 trata da discussão sobre os efeitos da expansão da infra-estrutura sobre a produtividade e o crescimento presente na literatura. A Seção 3 apresenta o modelo econométrico e descreve os dados utilizados. A Seção 4 avalia os resultados obtidos nas estimações. Uma seção final traz as conclusões do trabalho.

¹ Ver, por exemplo, Myrdal (1957).

² Ver, por exemplo, Calderón e Servén (2004).

2. O debate acerca do papel da infra-estrutura

As abordagens que tratam dos efeitos da infra-estrutura não obtiveram ainda resultados consensuais, particularmente na discussão acerca dos efeitos dos investimentos em infra-estrutura sobre o crescimento econômico.

A origem da discussão recente pode ser situada nos artigos de Aschauer (1989a, 1989b, 1989c). O ponto que diferencia o trabalho desse autor consiste na busca de uma explicação para a redução nas taxas de crescimento da produtividade nos Estados Unidos, na década de 70, a partir da diminuição no estoque de infra-estrutura. Os demais estudos da época buscavam explicar a redução no crescimento da produtividade a partir de uma série de outras variáveis, tais como choque do petróleo, aumento do preço de outras commodities, redução na migração de trabalhadores do setor primário para os setores secundário e terciário, queda nos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, entre outros.

Aschauer (1989a), utilizando dados da economia norte-americana, estimou os coeficientes de uma equação de determinação da produtividade do capital e da produtividade total dos fatores. Na estimação, supondo retornos constantes de escala de todos os fatores, o autor obteve uma elasticidade parcial do capital público de 0,39, o que mostrava um peso relevante das decisões públicas de investimento em infra-estrutura sobre o crescimento econômico e sobre a melhoria da produtividade. Esses resultados deram origem a uma outra controvérsia, acerca da magnitude dos efeitos.

No tocante a este ponto, pode-se dizer que sua origem está nas dificuldades metodológicas referentes às medidas de infra-estrutura empregadas, à amostra e à metodologia estatística consideradas. Gramlich (1994) ressalta as principais críticas sobre as estimações econométricas que envolvem a infra-estrutura. O principal ponto de discussão refere-se às elasticidades-renda infra-estrutura obtidas por vários trabalhos empíricos – em torno de 0,38. Esse valor é considerado pelo autor como demasiadamente elevado³.

Um fator importante a considerar quando se discute a magnitude dos coeficientes é o fato de que as taxas de retorno estimadas estariam associadas às condições observadas no passado, quando, de fato, existiu um esforço público no sentido de construir grande parte da infra-estrutura disponível nos Estados Unidos. Num período mais recente (anos 1980), esperava-se que o benefício de expandir uma dada infra-estrutura fosse significativamente menor do que o benefício observado com os investimentos passados, que sugere um contínuo decréscimo das taxas de retorno, à medida que a infra-estrutura se consolida.

Nessa discussão, um elemento metodológico a considerar deve ser o próprio conceito de infra-estrutura. A definição de capital público agrega estoques que dificilmente provocam um elevado efeito direto no produto (edifícios de escolas, hospitais, prédios oficiais e outros). Esse problema metodológico foi enfrentado por alguns autores através da utilização do conceito de infra-estrutura “core” (rodovias, redes de água e esgoto), como aparece em Sanchez-Robles (1998). Contudo, os resultados apresentados por Rubin (1991), utilizando várias definições de infra-estrutura “core” para os Estados Unidos, mostram valores dos coeficientes igualmente elevados⁴.

³ Um fato importante apontado pelo autor é a ausência de demandas expressivas por investimentos públicos por parte da sociedade norte-americana, mesmo considerando que esses investimentos implicariam um benefício marginal consideravelmente superior ao custo marginal de financiamento público. Na verdade, muitas das demandas políticas presenciadas nos Estados Unidos, na década de oitenta, visaram à redução dos impostos. Esse elemento contribuiria para ratificar a idéia de que a magnitude estimada dos efeitos tem sido superestimada nos estudos.

⁴ Outro aspecto metodológico relevante refere-se ao problema com agregação dos dados, o que pode ser ilustrado pelos artigos de Munnell (1990a e 1990b). Munnell (1990a), utilizando dados agregados de capital público e privado dos Estados Unidos, de 1949 a 1987, obteve resultados semelhantes aos de Aschauer (1989a) para os coeficientes do capital público em relação à produtividade do trabalho – entre 0,31 e 0,39. Num artigo

No que se refere ao ponto de discussão deste artigo, acerca do sentido da causalidade dos gastos em infra-estrutura sobre a performance de variáveis econômicas, questiona-se se haveria possibilidade de a infra-estrutura estar sendo influenciada pelo produto, sendo aquela uma variável dependente ou de determinação simultânea. São possibilidades pertinentes, em virtude de que o investimento, seja público ou privado, condiciona e é condicionado pelo produto agregado. Sobre esse aspecto, Flores e Pereira (1993), por exemplo, especificaram o capital público como variável dependente em um modelo de crescimento e concluem que o investimento público em infra-estrutura é claramente endógeno.

Uma maneira de avaliar o impacto da infra-estrutura na economia é calcular o estoque de capital de infra-estrutura (por exemplo, de rodovias) e verificar se os investimentos nesse estoque afetam de forma diferenciada a produtividade dos vários setores da economia. Fernald (1999) utilizou dados de setores da indústria norte-americana, de 1953 a 1989, e concluiu que as indústrias veículo-intensivas se beneficiaram mais da construção da rede de rodovias que as demais. Além disso, a queda da produtividade presenciada depois de 1973 foi mais acentuada nas indústrias veículos-intensivas. Esse resultado sugere uma causalidade entre investimentos em infra-estrutura e produtividade. Adicionalmente, Fernald (1999) conclui que a queda dos investimentos públicos explica parte relevante da redução das taxas de variação da produtividade após 1973.

Sanchez-Robles (1998) destaca que a maior parte dos trabalhos sobre crescimento econômico e infra-estrutura havia demonstrado um impacto positivo e estatisticamente significativo do capital público sobre o produto e a produtividade total de fatores. Os resultados não atingiam consenso, entretanto, quando se analisavam os impactos do capital público sobre o crescimento do produto, questão para qual há trabalhos com resultados contrários aos de Aschauer (1989a). Para tratar essa questão, a proposta de Sanchez-Robles (1998) é empregar índices de infra-estrutura baseados em unidades físicas, em vez de considerar unidades monetárias de investimento, visto que os dados de despesa podem conter distorções de preços, além de não informarem sobre a eficiência do projeto. Isso porque diferentes projetos de igual valor monetário podem resultar em estoques físicos de capital distintos, a depender da capacidade de governança do Estado e das condições físicas do projeto – por exemplo, terreno e declividade, no caso de rodovias.

A amostra utilizada no estudo de Sanchez-Robles (1998) incluiu 57 países, no período de 1970 a 1992. Sua avaliação empírica indicou que, de fato, a forma de se medir o desenvolvimento da infra-estrutura afeta os resultados. Ao utilizar a despesa monetária como variável explicativa do crescimento econômico, a autora chegou a um coeficiente negativo, indicando que o aumento no investimento pode deprimir o nível de atividades da economia no longo prazo. Já quando empregou o índice físico de estoque de infra-estrutura, baseado na oferta de transportes, energia elétrica e de telecomunicações, chegou-se a uma estimativa de efeito positivo sobre o crescimento econômico, muito embora esse efeito seja transitório.

Seguindo a abordagem de Sanchez-Robles (1998), Calderón e Servén (2004) consideram índices quantitativos de infra-estrutura e acrescentam indicadores de qualidade. Os autores utilizam um painel desbalanceado de 121 países no período de 1960 a 2000. Como resultado do estudo, os autores encontram efeitos positivos e significativos do estoque de infra-estrutura sobre o nível de renda e o crescimento econômico das nações. Argumentam, ainda, que o desenvolvimento da infra-estrutura favorece uma melhor distribuição da renda.

posterior, Munnell (1990b) desagregou os dados de capital público e privado para cada estado norte-americano. Na estimação do estoque de capital público por estado foi utilizada a série anual dos investimentos públicos estaduais. Já a estimativa do capital privado foi aproximada por medidas estaduais de atividade econômica. A análise econométrica, utilizando uma equação sem restrições quanto aos retornos de escala, com dados empilhados, apresentou um coeficiente estatisticamente significativo de 0,15 para o capital público, o que mostra uma sensível redução do coeficiente, em relação aos resultados anteriores.

A interpretação desse resultado pode ser pensada a partir da influência do desenvolvimento da infra-estrutura sobre o desempenho dos investimentos e da produtividade. De imediato, os investimentos em infra-estrutura promovem o crescimento econômico por se tratar de bens de capital. Além disso, o impacto do setor de infra-estrutura é importante pelo fato de ele prover recursos essenciais para um amplo conjunto de setores ao longo de várias cadeias produtivas. Ou seja, uma melhoria nesse setor também propicia melhorias de produtividade em outros setores, atuando como um fato relevante para o crescimento econômico.

Dessa análise da literatura sobre o tema depreende-se que persistem as divergências com relação a alguns pontos. O único consenso parece ser o de que a infra-estrutura tem, ao menos, efeitos permanentes sobre o nível de renda e a produtividade da economia, mas não afeta o crescimento sustentado das nações. Na seção subsequente do presente estudo, será analisado mais atentamente o problema referente ao sentido da causalidade entre investimentos em infra-estrutura e crescimento econômico e o problema da magnitude desse efeito. Aborda-se ainda um ponto não enfatizado na literatura, investigando os efeitos da infra-estrutura sobre os países desenvolvidos e sobre os países em desenvolvimento.

3. Modelo empírico e descrição dos dados

O modelo empírico empregado neste estudo segue a linha dos trabalhos mais recentes, como o de Calderón e Servén (2004). A diferença consiste no fato de o presente modelo considerar a equação teórica de convergência, ao invés de trabalhar com regressões informais. Em relação aos dados, construiu-se um indicador de infra-estrutura baseado em medidas quantitativas, como proposto por Sanchez-Robles (1998).

3.1 Modelo econométrico

Foram analisados os efeitos da infra-estrutura sobre o nível de produto por trabalhador dos países da amostra e sobre a taxa de crescimento de longo prazo. As equações (1) e (2) descrevem as regressões empregadas. Na equação (1), $y_{i,t}$ designa o produto por trabalhador, da economia i no instante t . As variáveis explicativas são a taxa de poupança doméstica ($s_{i,t}^D$), a escolaridade da força de trabalho ($u_{i,t}$), a infra-estrutura ($IDR_{i,t}$), a variável que mede o grau de desenvolvimento do setor público – sua capacidade de planejamento e implantação de políticas públicas – ($I_{i,t}$), e a taxa de investimento de *break-even* ($n_{i,t} + g + d$), composto pelas taxas de crescimento da força de trabalho (n), de progresso técnico (g) e de depreciação (d). O erro da equação tem dois componentes que indicam a parcela que corresponde ao efeito específico de país α_i e o erro aleatório $e_{i,t}$, cuja distribuição é suposta normal, com média zero e variância finita e constante σ^2 .

$$\ln y_{it} = \beta_1 \cdot \ln s_{it} + \beta_2 \cdot \ln (n_{it} + g + d) + \beta_3 \cdot u_{it} + \beta_4 \cdot (IDR)_{it-1} + \beta_5 \cdot I_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Na equação (2), também chamada de equação de convergência condicionada pela literatura de crescimento econômico⁵, a variável dependente é a taxa média anual de crescimento nos últimos cinco anos. Nesse caso, acrescenta-se como variável explicativa o produto por trabalhador defasado de um período ($y_{i,t-1}$), para capturar o efeito de convergência do produto por trabalhador das diversas economias da amostra. Vale observar que nessa equação, assim como na primeira, o IDR é defasado de um período, o que pressupõem uma relação de causalidade temporal da infra-estrutura para o nível de renda e o crescimento

⁵ Mankiw, Romer e Weil (1992) e Islam (1995).

econômico. As demais variáveis são contemporâneas, pois aproximam o nível de produto potencial (ou de estado estacionário) das economias.

$$\ln y_{i,t} - \ln y_{i,t-1} = \Delta \ln y_{i,t} = \beta_0 \cdot \ln y_{i,t-1} + \beta_1 \cdot \ln s_{i,t} + \beta_2 \cdot \ln (n_{i,t} + g + d) + \beta_3 \cdot u_{i,t} + \beta_4 \cdot (IDR)_{i,t-1} + \beta_5 \cdot I_{i,t} + \alpha_i + \varepsilon \quad (2)$$

Na estimação dessas equações foi aplicada a metodologia de painel, que apresenta vantagens em relação à análise de corte transversal. A estimação em painel permite controlar as diferenças invariáveis no tempo entre países, as quais decorrem de características não observáveis, removendo o viés resultante da correlação entre estas características e as variáveis explicativas⁶.

Foram realizadas três regressões: (1) modelo de efeitos fixos, (2) modelo de efeitos aleatórios, e (3) procedimento Arellano-Bond. Ressalte-se que no modelo de efeitos fixos, as estimativas são calculadas a partir das diferenças dentro de cada país ao longo do tempo, considerando-se então o R^2 dentro do grupo. Já no modelo de efeitos aleatórios as estimativas incorporam informações não apenas das diferenças observadas dentro dos países, mas também ao longo do tempo, gerando parâmetros, em geral, mais eficientes. Nesse caso, toma-se o R^2 total, que considera variação⁷. O modelo de efeitos aleatórios é consistente apenas se o efeito específico de país não for correlacionado com outras variáveis explicativas, o que pode ser identificado pelo teste de Hausman. A hipótese nula do teste é de que não existem diferenças significativas entre os parâmetros estimados por efeitos fixos em relação aos estimados por efeitos aleatórios, sendo o valor calculado da estatística comparado ao valor crítico de uma distribuição qui-quadrado. Caso a hipótese seja rejeitada, haverá uma diferença sistemática que requer a inclusão da variável omitida, que é o efeito fixo país.

3.2 Bases de dados

A amostra utilizada é composta pelos 60 países da Tabela 1, abrangendo o período de 1960 a 2000. Foram utilizadas, para cada um dos países, nove observações, com intervalo de cinco anos, quais sejam 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 e 2000. A especificação básica de painel tem $i = 1, \dots, 60$ e $t = 1, \dots, 8$, totalizando 480 informações. Os dados referentes a 1960 são empregados para o cálculo da taxa de variação do PIB por trabalhador e nas variáveis defasadas, como IDR.

Tabela 1: Amostra Total de Países, 1970-2000

Grupos	Países
Países desenvolvidos (23 países)	Alemanha, Áustria, Austrália, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grã-Bretanha, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Portugal, Suécia, Suíça, Estados Unidos.
Países em desenvolvimento (37 países)	Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, China, Colômbia, Coreia do Sul, Costa Rica, República Dominicana, Equador, Egito, El Salvador, Filipinas, Guatemala, Hong-Kong, Honduras, Índia, Indonésia, Israel, Jamaica, Jordânia, Marrocos, México, Malásia, Nicarágua, Paquistão, Panamá, Paraguai, Peru, Singapura, Síria, Sri Lanka, Tailândia, Trinidad e Tobago, Turquia, Uruguai, Venezuela.

Os dados da escolaridade foram obtidos a partir de Barro e Lee (1996), os dados do PIB, taxa de investimento e de paridade de poder de compra dos bens de capital (PPPI) foram extraídos do *Penn World Table 6.0*. Os dados de infra-estrutura foram cedidos pelo Banco Mundial, por intermédio do economista chefe da área de infra-estrutura, Dr. Canning⁸. Os demais dados foram obtidos no *World Development Indicators 2002*, do World Bank (2003).

⁶ Para algumas considerações sobre as estimativas em painel, ver por exemplo Greene (2000), Wooldridge (2002), Islam (1995).

⁷ Algumas considerações sobre esse procedimento podem ser encontradas em Forbes (2000).

⁸ Esses dados foram obtidos Afonso (2001), em contato direto com Canning.

O produto interno bruto por trabalhador está expresso em dólares constantes de 1996, ajustados à paridade do poder de compra dos países da amostra. Os dados utilizados estão em logaritmos naturais. O crescimento do PIB por trabalhador foi construído a partir da diferença entre o logaritmo da variável entre cada período de cinco anos. A taxa de poupança foi obtida a partir da média aritmética simples dos últimos 10 anos da taxa de investimento. A taxa de investimento de *break-even* equivale à soma taxa de crescimento da população em idade ativa (média geométrica dos últimos cinco anos) com a taxa de depreciação (3% a.a.) e a taxa de progresso técnico (2% a.a.), as duas últimas consideradas constantes no tempo e iguais para todos os países. Os dados estão expressos em logaritmos naturais.

O indicador de desenvolvimento da infra-estrutura, considera a média dos índices de rodovias e de capacidade de geração de energia⁹. Essas variáveis estão padronizadas, o que permite a comparação direta dos coeficientes estimados. A escolaridade média da força de trabalho está representada pelo número médio de anos de estudo das pessoas com 25 anos ou mais de idade. Utilizou-se, como *proxy* da eficiência do setor público, o indicador de efetividade do governo desenvolvido por Kaufman et al (1999). Esse indicador captura a qualidade do planejamento público e sua capacidade de implementar políticas públicas.

Como variáveis instrumentais foram utilizadas, além da paridade de poder de compra dos bens de capital o estoque de capital, o grau de urbanização e a expectativa de vida dos países. A Tabela 2 resume as estatísticas das variáveis utilizadas.

Tabela 2: Sumário das Estatísticas Descritivas, 1970-2000

Variáveis	Num. Obser.	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
PIB por trabalhador (ln - US\$ 1995) – ln(y)	540	9,27	0,82	7,06	11,10
PIB por trabalhador defasado (ln - US\$ 1995) – ln(y _o)	480	9,23	0,81	7,06	10,85
Taxa de crescimento do PIB por trabalhador (ln) – d ln(y)	480	0,02	0,03	-0,09	0,13
Taxa de investimento (ln) – ln(s)	535	-1,51	0,25	-2,57	-0,83
Taxa de break even (ln de %) – ln(n + g + d)	480	-2,84	0,21	-3,32	-2,10
Escolaridade média da força de trabalho – (u)	540	5,73	2,71	0,54	12,25
Indicador de efetividade – <i>effect</i>	540	0,54	0,91	-1,18	2,08
Indicador desenvolvimento de infra-estrutura – <i>IDR</i>	472	0,00	0,79	-0,53	5,03
Indicador desenv. Infra-estrutura, Rodovias (normalizado) – <i>zid_rod</i>	480	-3,04E-10	1,00	-0,29	9,66
Indicador desenv. Infra-estrutura, En. Eletr. (normalizado) – <i>zid_enel</i>	472	-3,33E-10	1,00	-0,76	5,58
Estoque de capital defasado (ln) – ln(k ₋₁)	480	25,82	2,07	21,38	30,82
Preço dos bens de capital, defasado – <i>pppi_1</i>	480	0,08	0,03	0,04	0,14
Taxa de urbanização, defasado – <i>urbis_1</i>	480	0,06	0,22	0,13	1,00
Expectativa de vida – <i>expvida</i>	540	67,52	8,44	36,32	80,72

4. Efeitos estimados da infra-estrutura

As estimações dos efeitos da expansão da infra-estrutura sobre o nível de produto, utilizando a equação (1), estão apresentadas na primeira subseção a seguir. Na subseção seguinte estão colocadas as estimações sobre os efeitos do aumento da disponibilidade de infra-estrutura sobre o crescimento econômico, a partir da equação (2). Os efeitos são analisados para a expansão do conjunto da infra-estrutura e em seguida para a expansão das rodovias e disponibilidade de energia elétrica de forma separada. Em cada uma das subseções que se seguem são analisados os efeitos para os diferentes conjuntos de países.

⁹ Algumas considerações sobre procedimentos metodológicos podem ser encontrados no Anexo I.

4.1 Estimação do efeito sobre o nível de renda

Na equação (1), que analisa os efeitos da infra-estrutura sobre o nível de produto, trabalhou-se com os modelos de efeitos fixos e de efeitos aleatórios. As regressões iniciais (1) e (2) mostram as estimativas sem a inclusão do indicador de infra-estrutura. Nas equações (3) e (4), é introduzido o indicador agregado de infra-estrutura. E nas equações (5) e (6) o indicador de infra-estrutura é separado em seus componentes de transporte rodoviário e energia elétrica.

No primeiro conjunto de equações da Tabela 3, o teste de Hausman mostra que deve prevalecer o modelo de efeitos aleatórios, expresso na regressão (2). Todas as variáveis tradicionais deste tipo de equação são significativas e apresentam o sinal esperado: relação positiva do nível de produto por trabalhador com o capital físico (representado pela poupança) e humano (representado pela escolaridade) e negativa, com o investimento de break-even ($n + g + d$). É importante destacar que a efetividade do governo tem também sinal positivo e significativo, indicando que a maior capacidade de planejamento e implantação de políticas públicas contribui para obter um maior nível de renda.

Tabela 3: Amostra Total de Países – Equação de Estado Estacionário do Produto, 1965-2000

<i>PIB por trabalhador (y_t)</i>	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln (s)	0,4009*** (0,0549)	0,3945*** (0,0541)	0,4582*** (0,0528)	0,4363*** (0,0519)	0,5412*** (0,0547)	0,5173*** (0,0535)
Ln (n + g + d)	-0,2312** (0,1085)	-0,2702*** (0,1035)	-0,2139** (0,1031)	-0,2668*** (0,0987)	-0,2085** (0,1006)	-0,2493*** (0,0965)
Escolaridade (u)	0,1586*** (0,0085)	0,1574*** (0,0082)	0,1176*** (0,0100)	0,1216*** (0,0093)	0,0967*** (0,0107)	0,1011*** (0,0101)
Ind. Efetividade (EFFECT)	(-)	0,2899*** (0,0546)	(-)	0,2554*** (0,0519)	(-)	0,2468*** (0,0519)
Infra-estrutura (IDR)			0,2249*** (0,0331)	0,2039*** (0,0302)		
Rodovias (ID_rod)					0,0573*** (0,0201)	0,0493*** (0,0187)
Energia elétrica (ID_eele)					0,2095*** (0,0266)	0,1965*** (0,0251)
Nº Observações	480	480	472	472	472	472
R ² Ajustado	0,562	0,756	0,604	0,769	0,623	0,774
Teste de Hausman		2,60		9,130		8,310

Nota: Os números entre parênteses representam os desvios padrão dos estimadores. Significativos a 1% (***), a 5% (**) e a 10% (*). No R² Ajustado, considerou-se o valor intragrupo no modelo de efeitos fixos e o valor total no modelo de efeitos aleatórios.

A inclusão do indicador de infra-estrutura, no segundo conjunto de equações, praticamente não altera os resultados originais; apenas aumenta o poder explicativo do modelo. O teste de Hausman sugere a utilização do modelo de efeitos aleatórios, expresso na regressão (4). Nessa regressão, as variáveis apresentadas na regressão (2) mantêm-se significativas e com o mesmo sinal anterior. Embora sejam perdidas algumas observações, o grau de ajuste dessa equação (R^2) é superior ao da equação anterior. O indicador de infra-estrutura (IDR) aparece com sinal positivo e significativo, a 1%, mostrando que um maior estoque de infra-estrutura contribui positivamente na obtenção de um nível mais elevado de produto.

No terceiro conjunto de regressões, o indicador de infra-estrutura é introduzido discriminando-se os seus componentes. O teste de Hausman mantém a utilização do modelo de efeitos aleatórios, representado pela regressão (6). Esse procedimento, como anteriormente, não altera os resultados apresentados na regressão (2). Em relação aos indicadores de infra-estrutura, ambos têm sinal positivo e significativo. Como as variáveis

estão padronizadas, é possível comparar a magnitude dos coeficientes. Pode-se observar que a capacidade instalada de geração de energia elétrica tem um impacto maior sobre o nível de renda por trabalhador do que o da disponibilidade de rodovias.

Tabela 4: Grupos de Países – Equação de Estado Estacionário do Produto, 1965-2000

<i>PIB por trabalhador (y_t)</i>	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Desenvolvidos						
Ln (s)	0,0913 (0,1367)	-0,0338 (0,1282)	0,2233 (0,1420)	0,0162 (0,1238)	0,2268 (0,1428)	0,0393 (0,1244)
Ln (n + g + d)	0,1453 (0,1555)	-0,0995 (0,1502)	0,1377 (0,1526)	-0,1083 (0,1446)	0,1378 (0,1530)	-0,0764 (0,1453)
Escolaridade (u)	0,2244*** (0,0145)	0,1783*** (0,0124)	0,1814*** (0,0206)	0,1493*** (0,0135)	0,1824*** (0,0208)	0,1398*** (0,0155)
Ind. Efetividade		-0,0298 (0,0908)		-0,0492 (0,0847)		-0,0575 (0,0862)
Infra-estrutura (IDR)			0,1801*** (0,0634)	0,1299*** (0,0323)		
Rodovias (ID_rod)					0,1170 (0,0814)	0,0344 (0,0274)
Energia elétrica (ID_eele)					0,0871*** (0,0328)	0,0918*** (0,0249)
Nº Observações	184	184	183	183	183	183
R ² Ajustado	0,684	0,557	0,698	0,610	0,698	0,617
Teste de Hausman		38,16		34,96		30,95
Em Desenvolvimento						
Ln (s)	0,6464*** (0,0649)	0,6301*** (0,0644)	0,6355*** (0,0622)	0,6123*** (0,0621)	0,6573*** (0,0622)	0,6140*** (0,0661)
Ln (n + g + d)	-0,3195** (0,1322)	-0,3036** (0,1302)	-0,3288** (0,1284)	-0,3144** (0,1271)	-0,3273** (0,1271)	-0,2962** (0,1322)
Escolaridade (u)	0,1052*** (0,0111)	0,1077*** (0,0109)	0,0853*** (0,0116)	0,0884*** (0,0114)	0,0663*** (0,0139)	0,0639*** (0,0142)
Ind. Efetividade		0,2267** (0,1046)		0,1872** (0,0952)		0,2024*** (0,0674)
Infra-estrutura (IDR)			0,1551*** (0,0397)	0,1571*** (0,0390)		
Rodovias (ID_rod)					0,0545** (0,0218)	0,0434* (0,0227)
Energia elétrica (ID_eele)					0,2631*** (0,0783)	0,3629*** (0,0822)
Nº Observações	296	296	289	289	289	289
R ² Ajustado	0,592	0,446	0,615	0,473	0,624	0,530
Teste de Hausman		6,30		17,31		19,57

Nota: Os números entre parênteses representam os desvios padrão dos estimadores. Significativos a 1% (***), a 5% (**) e a 10% (*). No R² Ajustado, considerou-se o valor intragrupo no modelo de efeitos fixos e o valor total no modelo de efeitos aleatórios.

Os dados da Tabela 4 permitem analisar os resultados considerando os grupos de países. No que se refere à inclusão do indicador de desenvolvimento da infra-estrutura (IDR), nas regressões (3) e (4), o teste de Hausman indica a utilização do modelo de efeitos fixos tanto para os países desenvolvidos quanto para os países em desenvolvimento. Em ambos os casos, confirmando o resultado obtido anteriormente, há um efeito positivo do desenvolvimento da infra-estrutura sobre o nível de produto.

Na discriminação setorial do desenvolvimento da infra-estrutura, nas regressões (5) e (6), o teste de Hausman sugere de novo a utilização do modelo de efeitos fixos. No caso dos países desenvolvidos, apenas o aumento da disponibilidade de energia é positivo e significativo. Para os países em desenvolvimento, tanto a expansão das rodovias quanto da

disponibilidade de energia, embora esta última de forma mais acentuada, têm efeitos positivos e significativos sobre o nível de produto.

Vale reforçar que, confirmando os resultados da literatura, as variáveis tradicionais introduzidas nas regressões são significativas e têm sinal esperado. E, no caso do indicador de infra-estrutura, seja introduzido de forma agregada ou pelos seus componentes, verifica-se um efeito positivo e significativo sobre o nível de produto, de acordo com a maior parte dos resultados obtidos na literatura, como apontado por Sanchez-Robles (1998). O indicador de disponibilidade de energia elétrica aparece sempre como elemento mais importante do que a expansão rodoviária, sobretudo no caso dos países desenvolvidos, onde a infra-estrutura de transporte rodoviário é menos problemática e mesmo suplantada por outros meios de transportes, o que contribui para que esta variável não seja significativa no caso desse grupo de países.

4.2 Estimação do efeito sobre o nível de renda

Em relação ao crescimento do produto, conforme abordado anteriormente, os resultados não são consensuais na literatura. A estimação, seguindo o padrão anterior, introduziu o indicador de infra-estrutura de forma agregada (ver Tabela 5) e depois pelos seus componentes (ver Tabela 6). A Tabela 7 repete o procedimento da Tabela 5, subdividindo os grupos de países. E a Tabela 8, da mesma forma, repete o procedimento da Tabela 6, também subdividindo os grupos de países.

A diferença em relação às estimações da subseção anterior está na inclusão do procedimento de Arellano e Bond, necessário, nesse caso, para corrigir o viés de simultaneidade implícito à formulação adotada nessas equações. Inicialmente, empregaram-se como variáveis instrumentais, apenas as próprias variáveis endógenas defasadas (regressão (3)). Em seguida, refez-se os cálculos utilizando instrumentos adicionais (regressão (4)). Foram empregados como instrumentos adicionais o estoque de capital, a paridade de poder de compra dos bens de capital, a expectativa de vida e o grau de urbanização, todas defasadas de um período.

Na Tabela 5, o resultado do teste de Hausman sugere a utilização do modelo de efeitos fixos para a equação de convergência. Excetuando-se a escolaridade, todas as demais variáveis apresentam-se significativas e com sinal esperado. O indicador de infra-estrutura, embora positivo, não aparece significativo. Isso é, em boa medida, influenciado pelo problema de endogeneidade, visto que a expansão da infra-estrutura influencia o crescimento econômico, mas é também influenciada por este. A estimação por Arellano-Bond, ao tratar o problema da endogeneidade, mostra resultados mais consistentes.

Na regressão (3), utilizando as variáveis endógenas defasadas como instrumentos, o indicador de infra-estrutura apresenta sinal positivo e significativo. A introdução de instrumentos adicionais, na regressão (4), melhora as estimativas, o que pode ser observado pelos valores do teste de Sargan e do teste de autocorrelação de segunda ordem, cujas probabilidades são superiores às obtidas na regressão (3). O coeficiente da infra-estrutura mantém-se positivo e significativo. Isso mostra que, tratado adequadamente o problema da endogeneidade, o indicador de infra-estrutura apresenta efeito positivo sobre a taxa de crescimento do produto, conforme aparece nos estudos de Sanchez-Robles (1998) e Calderón e Servén (2004).

Tabela 5: Amostra Total de Países – Equação de Crescimento do Produto com índice agregado de infra-estrutura, 1960-2000

<i>Crescimento do PIB por trabalhador</i>	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios	Arellano Bond	Arellano Bond
	(1)	(2)	(3)	(4)
Ln (y_{-1})	-0,0449***	-0,0204***	-0,1505***	-0,0851***

	(0,0057)	(0,0035)	(0,0227)	(0,0157)
Ln (s)	0,0244***	0,0206***	0,0748***	0,0413***
	(0,0068)	(0,0056)	(0,0151)	(0,0126)
Ln (n + g + d)	-0,0362***	-0,0487***	-0,0039	-0,0037
	(0,0123)	(0,0085)	(0,0143)	(0,0168)
Escolaridade (u)	0,0011	0,0008	0,0004	0,0027
	(0,0014)	(0,0009)	(0,0032)	(0,0037)
Infra-estrutura (IDR)	0,0039	0,0033	0,0576***	0,0383***
	(0,0042)	(0,0023)	(0,0107)	(0,0106)
Nº Observações	472	472	355	316
R ² Ajustado	0,222	0,108		
Teste de Hausman		76,65		
Teste de Sargan (<i>prob.</i>)			0,2192	0,4536
Teste de Arellano Bond (<i>prob.</i>)			0,9502	0,9545

Nota: Os números entre parênteses representam os desvios padrão dos estimadores. Significativos a 1% (***), a 5% (**) e a 10% (*). No R² Ajustado, considerou-se o valor intragrupo no modelo de efeitos fixos e o valor total no modelo de efeitos aleatórios.

A Tabela 6 traz estimações similares às da Tabela 5, tratando de forma separada os componentes do índice de infra-estrutura. Na estimativa inicial, o teste de Hausman aponta para a utilização do modelo de efeitos fixos, na equação (1). Os resultados são consistentes com os obtidos na Tabela 5.

Tabela 6: Amostra Total de Países – Equação de Crescimento do Produto com subdivisão do índice de infra-estrutura, 1960-2000

<i>Crescimento do PIB por trabalhador</i>	Efeitos Fixos (1)	Efeitos Aleatórios (2)	Arellano Bond (3)	Arellano Bond (4)
Ln (y ₋₁)	-0,0465*** (0,0058)	-0,0202*** (0,0035)	-0,1058*** (0,0193)	-0,0719*** (0,0137)
Ln (s)	0,0277*** (0,0073)	0,0203*** (0,0059)	0,0517*** (0,0138)	0,0358*** (0,0123)
Ln (n + g + d)	-0,0361*** (0,0123)	-0,0489*** (0,0085)	-0,0061 (0,0150)	-0,0035 (0,0173)
Escolaridade (u)	0,0007 (0,0015)	0,0008 (0,0010)	0,0042 (0,0033)	0,0049 (0,0038)
Rodovias (zid_rod)	0,0004 (0,0025)	0,0018 (0,0015)	0,0016 (0,0039)	0,0002 (0,0039)
Energia elétrica (zid_eele)	0,0052 (0,0035)	0,0013 (0,0022)	0,0290*** (0,0063)	0,0242*** (0,0069)
Nº Observações	472	472	355	316
R ² Ajustado	0,224	0,108		
Teste de Hausman		79,44		
Teste de Sargan (<i>prob.</i>)			0,3362	0,6606
Teste de Arellano Bond (<i>prob.</i>)			0,5857	0,9288

Nota: Os números entre parênteses representam os desvios padrão dos estimadores. Significativos a 1% (***), a 5% (**) e a 10% (*). No R² Ajustado, considerou-se o valor intragrupo no modelo de efeitos fixos e o valor total no modelo de efeitos aleatórios.

Na regressão (3), que emprega as variáveis endógenas defasadas como instrumentos, tanto o indicador de disponibilidade de rodovias, quanto o de disponibilidade de energia elétrica são positivos, mas apenas o segundo é significativo. A introdução de instrumentos adicionais, na regressão (4), melhora os valores do teste de Sargan e do teste de autocorrelação de segunda ordem, mostrando que os instrumentos são válidos, mas apenas o indicador de disponibilidade de energia elétrica é significativo.

Os resultado discriminando os grupos de países, tal como aparece nas Tabelas 7 e 8 ajudam a qualificar os resultados obtidos com a amostra agregada, tal aparece nos trabalhos anteriores da literatura, que mostram um efeito positivo da disponibilidade de infra-estrutura sobre o crescimento econômico.

Tabela 7: Grupos Total de Países – Equação de Crescimento do Produto com subdivisão do índice de infra-estrutura, 1960-2000

<i>Crescim. PIB por trabalhador (y_t)</i>	Efeitos Fixos (1)	Efeitos Aleatórios (2)	Arellano Bond (3)	Arellano Bond (4)
Desenvolvidos				
Ln (y_{-1})	-0,0396*** (0,0063)	-0,0313*** (0,0046)	-0,1362*** (0,0132)	-0,1406*** (0,0139)
Ln (s)	0,0097 (0,0126)	0,0058 (0,0074)	0,0590*** (0,0152)	0,0724*** (0,0165)
Ln (n + g + d)	-0,0107 (0,0135)	-0,0132 (0,0094)	0,0027 (0,0141)	0,0064 (0,0150)
Escolaridade (u)	0,0029 (0,0022)	0,0008 (0,0009)	0,0028 (0,0026)	0,0009 (0,0030)
Infra-estrutura (IDR)	0,0032 (0,0057)	0,0025* (0,0015)	0,0050 (0,0068)	0,0097 (0,0072)
Nº Observações	183	183	137	116
R ² Ajustado	0,343	0,351		
Teste de Hausman		5,63		
Teste de Sargan (<i>prob.</i>)			0,9803	0,9993
Teste de Arellano Bond (<i>prob.</i>)			0,0471	0,0494
Em Desenvolvimento				
Ln (y_{-1})	-0,0559*** (0,0086)	-0,0232*** (0,0048)	-0,1167*** (0,0203)	-0,0725*** (0,0167)
Ln (s)	0,0409*** (0,0099)	0,0206** (0,0082)	0,0735*** (0,0165)	0,0483*** (0,0156)
Ln (n + g + d)	-0,0476*** (0,0176)	-0,0325** (0,0147)	-0,0039 (0,0208)	-0,0067 (0,0234)
Escolaridade (u)	0,0007 (0,0019)	0,0003 (0,0014)	0,0061 (0,0050)	0,0068 (0,0057)
Infra-estrutura (IDR)	0,0015 (0,0057)	0,0041 (0,0044)	0,0222*** (0,0073)	0,0142* (0,0076)
Nº Observações	289	289	218	200
R ² Ajustado	0,225	0,086		
Teste de Hausman		58,68		
Teste de Sargan (<i>prob.</i>)			0,8182	0,8428
Teste de Arellano Bond (<i>prob.</i>)			0,1612	0,3677

Nota: Os números entre parênteses representam os desvios padrão dos estimadores. Significativos a 1% (***), a 5% (**) e a 10% (*). No R² Ajustado, considerou-se o valor intragrupo no modelo de efeitos fixos e o valor total no modelo de efeitos aleatórios.

Os resultados da Tabela 7 são ilustrativos nesse sentido. Observando-se diretamente as regressões (3) e (4), que tratam o problema da endogeneidade, percebe-se que o coeficiente associado à disponibilidade de infra-estrutura, embora positivo, não é significativo no caso dos países desenvolvidos. Apenas no caso dos países em desenvolvimento a disponibilidade de infra-estrutura apresenta um efeito de fato positivo e significativo. Ou seja, o resultado de que a disponibilidade de infra-estrutura tem efeito positivo sobre o crescimento é sustentado apenas para os países em desenvolvimento.

A Tabela 8 confirma que, no caso dos países desenvolvidos, a infra-estrutura não apresenta efeito positivo e significativo sobre o crescimento econômico, seja para o transporte rodoviário, seja para a disponibilidade de transporte rodoviário ou de energia elétrica. Para os países em desenvolvimento, um resultado curioso é de que apenas a disponibilidade de transporte rodoviário aparece com efeito positivo (na regressão (3)) sobre o crescimento econômico.

Tabela 8: Grupos Total de Países – Equação de Crescimento do Produto com subdivisão do índice de infra-estrutura, 1960-2000

<i>Crescim. PIB por trabalhador (y_t)</i>	Efeitos Fixos (1)	Efeitos Aleatórios (2)	Arellano Bond (3)	Arellano Bond (4)
--	----------------------	---------------------------	----------------------	----------------------

Desenvolvidos

Ln (y ₋₁)	-0,0396*** (0,0063)	-0,0317*** (0,0047)	-0,1360*** (0,0130)	-0,1262*** (0,0140)
Ln (s)	0,0100 (0,0127)	0,0058 (0,0074)	0,0641*** (0,0149)	0,0736*** (0,0172)
Ln (n + g + d)	-0,0107 (0,0136)	-0,0118 (0,0096)	0,0055 (0,0139)	0,0073 (0,0156)
Escolaridade (u)	0,0030 (0,0023)	0,0006 (0,0010)	0,0044* (0,0025)	0,0027 (0,0030)
Rodovias (ID_rod)	0,0039 (0,0072)	0,0006 (0,0011)	-0,0022 (0,0054)	-0,0011 (0,0060)
Energia elétrica (ID_eele)	0,0014 (0,0030)	0,0021 (0,0013)	0,0047 (0,0033)	0,0048 (0,0037)
Nº Observações	183	183	137	116
R ² Ajustado	0,343	0,354		
Teste de Hausman		5,84		
Teste de Sargan (<i>prob.</i>)			0,9989	1,0000
Teste de Arellano Bond (<i>prob.</i>)			0,0239	0,0389

Em Desenvolvimento

Ln (y ₋₁)	-0,0531*** (0,0089)	-0,0201*** (0,0053)	-0,1109*** (0,0177)	-0,0722*** (0,0162)
Ln (s)	0,0378*** (0,0103)	0,0182** (0,0083)	0,0643*** (0,0158)	0,0450*** (0,0167)
Ln (n + g + d)	-0,0474*** (0,0176)	-0,0321** (0,0147)	-0,0051 (0,0206)	-0,0113 (0,0232)
Escolaridade (u)	0,0017 (0,0020)	0,0012 (0,0015)	0,0069 (0,0049)	0,0094* (0,0055)
Rodovias (ID_rod)	0,0020 (0,0031)	0,0037 (0,0024)	0,0074** (0,0037)	0,0011 (0,0036)
Energia elétrica (ID_eele)	-0,0120 (0,0115)	-0,0141 (0,0106)	-0,0175 (0,0251)	0,0089 (0,0260)
Nº Observações	289	289	218	200
R ² Ajustado	0,229	0,092		
Teste de Hausman		53,47		
Teste de Sargan (<i>prob.</i>)			0,8992	0,9939
Teste de Arellano Bond (<i>prob.</i>)			0,0984	0,3006

Nota: Os números entre parênteses representam os desvios padrão dos estimadores. Significativos a 1% (***), a 5% (**) e a 10% (*). No R² Ajustado, considerou-se o valor intragrupo no modelo de efeitos fixos e o valor total no modelo de efeitos aleatórios.

Os resultados das estimativas levadas a cabo nesta seção mostram que a disponibilidade de infra-estrutura, além de ter efeitos positivos sobre o nível de produto, apresenta efeitos positivos também sobre o crescimento econômico de longo prazo, confirmando resultados anteriores obtidos na literatura sobre o assunto. Contudo, esse resultado não se mantém para os países desenvolvidos. Somente no caso dos países em desenvolvimento a disponibilidade de infra-estrutura parece ter efeitos positivos sobre o crescimento econômico.

5. Conclusões

O presente artigo tratou do papel da infra-estrutura no incremento dos níveis de renda e na motivação do crescimento econômico. A literatura recente sobre o assunto tem sido motivada pela redução do investimento estatal no setor aliada à perspectiva de uma atuação cada vez maior do setor privado neste segmento.

O estudo procedeu a construção dos indicadores de disponibilidade de infra-estrutura a partir da mensuração em unidades físicas, seguindo a metodologia proposta por Sanchez-Robles (1998).

Os resultados presentes na literatura, mostrando efeitos positivos da disponibilidade de infra-estrutura sobre o nível de renda da economia foram corroborados pelos achados deste artigo. Seja para os países desenvolvidos como para os países em desenvolvimento, a infra-estrutura, sobretudo de energia elétrica, mostra-se um fator importante para incrementar o nível de renda.

Com relação aos efeitos sobre o crescimento econômico, onde a literatura tem se mostrado mais controversa, os achados iniciais deste artigo confirmam a importância da disponibilidade de infra-estrutura na motivação do crescimento econômico, tal como apresentam Sanchez-Robles (1998) e Calderón e Servén (2004).

Contudo, a análise por grupos de países mostra que esse resultado não se mantém para os países em desenvolvimento. Dessa forma, a disponibilidade de infra-estrutura seria relevante para motivar o crescimento econômico apenas nos países em desenvolvimento. Esse alimenta a controvérsia sobre o assunto, mostrando que os efeitos da disponibilidade da infra-estrutura sobre o crescimento econômico ainda requerem mais evidências empíricas.

Referências Bibliográficas

- AFONSO, A. G. (2001). *O Desenvolvimento da Infra-estrutura no Brasil: o caso do setor de transportes*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FGV/SP.
- ASCHAUER, D. (1989a) Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, v.23, p.177-200, Mar.
- _____. (1989b) Public investment and productivity growth in the Group of Seven. *Economic Perspective*, v. 13, n. 5.
- _____. (1989c). Does public capital crowd out private capital? *Journal of Monetary Economics*, v. 24, n. 2.
- CALDERÓN, C. e SERVÉN, L. (2004). The effects of infrastructure development on growth and income distribution. Santiago: LAMES.
- FERNALD, J. G. (1999). Roads to prosperity? Assessing the link between public capital and productivity. *American Economic Review*, v. 89, n. 3, June.
- FLORES, F. R., PEREIRA, A. (1993). Public Capital and aggregate growth in the United States: Is public capital productive? *Univ. of California at San Diego Discussion Paper*, July.
- FORBES, K. J. (2000). A reassessment of the relationship between inequality and growth. *American Economic Review*, v. 90, n. 4, sep.
- GRAMLICH, E. M. (1994). Infrastructure investment: a review. *Journal of Economic Literature*, v.32.
- GREENE, W. H. (2000). *Econometric analysis*. 4th. Ed. New Jersey: Prentice-Hall.
- ISLAM, N. (1995). Growth empirics: a panel data approach. *Quarterly Journal of Economics*, v. 110, n 4.
- MANKIW, G., ROMER, P. e WEIL, D. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, n. 107, mai.
- MYRDAL, G. (1957). Infrastructure investment: a review. *Journal of Economic Literature*, v.32, 1994.

MUNNELL, A. H. (1990a) Why has productivity growth declined? Productivity and public investment. *New England Economic Review*. Jan-Feb.

_____. (1990b). How does public infrastructure affect regional economic performance? *New England Economic Review*. Sep.-Oct.

_____. (1992). Infrastructure investment and economic growth. *Journal of Economic Perspective*, v. 6, n. 4, Fall.

RUBIN, L. S. (1991). Productivity and the public capital stocks: another look. *Federal Reserve Board Discussion Paper*, May.

SANCHEZ-ROBLES, B. (1998). Infrastructure Investment and Growth: some empirical evidence. *Contemporary Economic Policy*, v. XVI, Jan.

WOOLDRIDGE, J. M. (2002). *Econometric analysis of cross section and panel data*. Cambridge: MIT Press.

WORLD BANK (2003). *World Development Indicators 2002*. CD-ROM.

ANEXO METODOLÓGICO

A.1 Procedimentos com as variáveis que compõem o *IDR*

O Índice de Desenvolvimento de Infra-Estrutura (IDR) está baseado na metodologia proposta por Sanchez-Robles (1998) e Afonso e Garcia (2001). Estes

últimos sugerem que sejam consideradas a capacidade de geração de energia elétrica, o número de linhas de telefonia fixa, a extensão das rodovias e a extensão das ferrovias, sempre consideradas em termos per capita, objetivando fornecer uma medida que permita comparar os países considerando efetivamente a infra-estrutura disponível para os indivíduos.

No trabalho em questão, em virtude da disponibilidade de dados para o período, considerou-se a capacidade de geração de energia elétrica e a extensão das rodovias. Na amostra considerada neste trabalho, composta por 60 países, no período 1960-2000, as bases obtidas a partir do World Development Indicators, do World Bank (2002) apresentaram problemas em relação à variável extensão das rodovias. Primeiro no que se refere à disponibilidade dos dados, uma vez que, estes somente estão disponíveis a partir de 1990. Para contornar este problema utilizou-se a base disponibilizada por Canning, onde constam dados a partir dos anos cinquenta.

Um segundo problema refere-se à qualidade dos dados, tendo em vista que: a) existe uma quebra na série disponibilizada por Canning, em relação à série do World Bank (2002) e b) não há dados disponíveis consistentes para todos os anos, principalmente na série de Canning. Em virtude destes problemas, foi feita uma análise detalhada dos dados para cada um dos países da amostra, buscando sempre priorizar, para a década de noventa, os dados do World Bank (2002). Em relação ao problema com a disponibilidade de dados mais consistentes, foram adotados os seguintes procedimentos:

- i) Para 1960, quando os dados não estavam disponíveis, foi considerado o ano mais próximo para o qual se dispunha do dado, ou foi feita uma extrapolação, utilizando o dado de extensão de rodovias pavimentadas e a razão desta em relação à extensão total de rodovias;
- ii) Para o período de 1961 a 1990, os dados não disponíveis necessários (1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990), foram incluídos considerando também o ano mais próximo para o qual havia o dado, ou via interpolação, utilizando média geométrica;
- iii) A partir desses dados, observou-se a série de cada um dos países. Naqueles onde havia uma redução crítica na extensão de rodovias no meio do período, com recuperação da extensão ao final (como por exemplo, Canadá, Guatemala, Honduras, Malásia, Tailândia e Trinidad e Tobago), denotando problemas nos dados, optou-se por interpolar os dados do período central da amostra;
- iv) De 1990 em diante, foram considerados os dados do World Bank (2003)¹⁰.

A partir das séries completas de dados foi encontrado o valor da extensão das rodovias em relação à área agricultável. Dessa forma tem-se o aumento da oferta em relação às necessidades de infra-estrutura de transportes.

A.2 Procedimentos com a variável anos de escolaridade

¹⁰ No caso da Grécia e da França, comparando-se a evolução da extensão de rodovias com países similares, os dados apresentados por Canning mostraram-se mais consistentes que os disponíveis no World Bank (2002).

Para as observações não disponíveis da variável anos de estudo, foram incluídas proxies, de forma a fechar o banco de dados. Nesse procedimento, foram utilizados dados disponíveis, no período, de países com características similares ou que apresentavam, em algum ponto, um valor bastante próximo da variável anos de estudo

Para a China e o Egito, não estão disponíveis dados de 1960, 1965 e 1970. No primeiro caso, foram utilizados os dados da Malásia (em 1975, a China apresentava escolaridade média de 3,4 anos, enquanto a Malásia apresentava 3,7 anos). No segundo caso, foram utilizados os dados da Tunísia (em 1975, o Egito apresentava escolaridade média de 1,32 anos, enquanto a Tunísia apresentava 1,25 anos);

Na amostra havia ainda três países para os quais não havia informações disponíveis: Luxemburgo, Marrocos e Turquia. No caso de Luxemburgo, foram considerados os dados da Bélgica. Para o Marrocos, foram imputados os dados de Camarões. E para a Turquia, foram considerados os dados da Tunísia.