

## IMPACTO DAS INFRAESTRUTURAS PRODUTIVAS NO PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB) DA REGIÃO SUL BRASILEIRA: UMA ANÁLISE POR ENVOLTÓRIA DE DADOS

**Ana Elisa Périco**

Universidade Estadual Paulista/ Campus de Jaboticabal

[anaelisa@fcav.unesp.br](mailto:anaelisa@fcav.unesp.br)

**Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto**

Universidade de São Paulo/ Escola de Engenharia de São Carlos

[daisy@sc.usp.br](mailto:daisy@sc.usp.br)

**Naja Brandão Santana**

Universidade de São Paulo/ Escola de Engenharia de São Carlos

[naja@sc.usp.br](mailto:naja@sc.usp.br)

### Resumo

O objetivo desse trabalho foi analisar a importância das infraestruturas para a formação do PIB da região Sul do Brasil. A investigação foi realizada para o período de 1980 a 2005. Por meio de testes econométricos definiu-se a função utilizada. Os dados das seguintes variáveis foram coletados: Transportes, Comunicação, Energia (infraestrutura), Capital Fixo e Emprego. Foi possível ressaltar a importância das infraestruturas para a região Sul. Houve, em quase todos os períodos, a predominância do padrão utilidade-capacidade, em que as variações nas capacidades representaram respostas da maior utilidade das mesmas no período imediatamente anterior ao analisado.

Palavras-chave: Análise por Envoltória de Dados. Eficiência. Infraestrutura.

### Abstract

The objective of this study was to analyze the ways in which the productive infrastructures are related to the GDP of the southern Brazil. The research was performed from 1980 to 2005. Through econometric tests the function was defined and data of following variables were collected: Transportation, Communication, Energy (infrastructure), Fixed Capital and Employment. It was possible to emphasize the importance of infrastructure for the South. There was, in almost all periods, the predominant pattern of use-ability, where the variations in capacities represented answer of more utility of these variations in the period the previous immediately analyzed.

Keywords: Data Envelopment Analysis. Efficiency. Infrastructure.

## 1. Introdução

O atual contexto de mercados abertos exige e, ao mesmo tempo, proporciona muitas mudanças para o mundo empresarial. No Brasil, desde o início dos anos noventa, isso vem sendo observado. Essas mudanças dizem respeito, principalmente, ao modo com que as empresas operam e às transformações necessárias para poder enfrentar a concorrência e a nova demanda por qualidade.

É importante compreender, também, a relação existente entre competitividade e a atuação do Estado. O Estado pode atuar sobre esse cenário a partir dos investimentos que realiza, principalmente, em áreas como infraestrutura.

É importante mencionar que as infraestruturas representam um setor importante com grande responsabilidade na impulsão de outros investimentos. Existe a noção de complementaridade dos investimentos em infraestrutura: locais que possuem melhores condições de infraestrutura atraem mais investimentos privados.

No entanto, um obstáculo permeia esta questão: a escassez de recursos públicos. O orçamento brasileiro é bastante restrito no que diz respeito ao dispêndio destinado a investimentos. Como consequência, o total de recursos públicos destinados a investimentos, sejam eles diretos ou indiretos, tem sido restrito, o que faz com que, nos últimos anos, seja baixa a participação do Estado no que se refere à aplicação dos recursos públicos para este fim. A questão da alocação eficiente dos recursos públicos ganha relevância nesse contexto cada vez mais competitivo.

O objetivo que conduziu o desenvolvimento desse trabalho foi apresentar parte dos resultados do trabalho de Périco (2009), uma tese de doutorado que tratou da estreita relação entre as infraestruturas produtivas e o desenvolvimento regional, mensurado por meio do PIB. A delimitação espacial do seguinte trabalho trata da região Sul brasileira, no período de 1980 à 2005.

Para alcançar tais resultados, foi utilizada a técnica de Análise por Envoltória de Dados (DEA). A idéia de utilizar essa técnica foi a de identificar as variáveis de infraestrutura que mais contribuíram para a geração do PIB da região investigada, no período analisado, de forma a possíveis nichos de investimentos públicos.

As seções seguintes desse trabalho apresentam um breve embasamento teórico da técnica utilizada, a metodologia empregada para a realização da pesquisa e a apresentação e discussão dos resultados encontrados.

## 2. Análise por Envoltória de Dados (DEA)

A DEA é uma técnica gerencial utilizada para a avaliação e a comparação de unidades organizacionais. Ao englobar um grande número de informações, transformando-as em um único índice de eficiência global, essa técnica auxilia a tomada de decisões (CERETTA; COSTA JR, 2001). Além disso, é, também, uma técnica de pesquisa operacional, que tem como base a programação linear, cujo objetivo é analisar comparativamente unidades independentes no que se refere ao seu desempenho relativo (MACEDO; SANTOS; SILVA, 2004).

Essa técnica é classificada como não paramétrica, pois não utiliza uma função de produção pré-definida, idêntica para todas as organizações na análise do relacionamento *input-output*. Logo, para a sua utilização não é necessária a elaboração de uma fórmula ponderada fixa para a medição da eficiência de unidades analisadas, pois os pesos de cada uma das variáveis são determinados pela própria técnica.

## 2.1 Modelos DEA

A DEA pode ser considerada como um corpo de conceitos e metodologias que está incorporada a uma coleção de modelos, com possibilidades interpretativas diversas (CHARNES et al., 1997). Os modelos mais largamente utilizados são o CCR e o BCC.

O modelo CCR foi desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), esse modelo permite uma avaliação objetiva da eficiência global e identifica as fontes e as estimativas de montantes das ineficiências identificadas (CASA NOVA, 2002).

Há duas formulações matemáticas nas versões deste modelo, o modelo CCR com orientação para o *input* e o modelo CCR com orientação para o *output*. O objetivo central do modelo CCR com orientação para o *input* é buscar a eficiência, a partir de alterações (reduções) nos níveis de *input* (insumos), mantendo constante o nível de produto (*output*), considerando o retorno constante de escala.

O objetivo do modelo CCR com orientação ao *output* é a maximização do nível de produção, utilizando, no máximo, o consumo de *inputs* observados. O indicador de eficiência do modelo CCR indica uma medida de produtividade global, denominada de indicador de eficiência produtiva.

O modelo BCC foi criado por Banker, Charnes e Cooper (1984), esse modelo distingue entre ineficiência técnica e de escala, estimando a eficiência técnica pura a uma dada escala de operações, e identificando se estão presentes ganhos de escala crescentes, decrescentes ou constantes, para futura exploração.

De acordo com Belloni (2000), o indicador da eficiência técnica resultante da aplicação do modelo BCC permite identificar a ineficiência técnica, isolando da ineficiência produtiva o componente associado à ineficiência de escala. Livre das dificuldades advindas de considerar a escala de produção, o modelo possibilita a utilização de unidades de referência de portes distintos.

## 3. Método de Pesquisa

Como mencionado anteriormente, esse artigo visa apresentar parte dos resultados da tese de doutorado de Périco (2009). O método aqui apresentado é o mesmo empregado na pesquisa de doutoramento. Portanto, aqui será apresentada uma breve descrição da forma com que as etapas do método foram realizadas.

### 3.1 Pré-identificação das variáveis analisadas (proposta de um modelo teórico inicial)

Baseado na conceituação dos fatores produtivos e em trabalhos empíricos, como o de Rodríguez (1998), foi possível identificar algumas variáveis que possuem relação com a medida de desempenho proposta (PIB). Assim, como variáveis de *input* foram identificadas: Emprego, Capital Fixo, Infraestrutura. O PIB foi identificado como variável de *output*.

À variável infraestrutura cabe a categorização em subvariáveis e, dentro dessas, ainda, uma subdivisão. No Quadro 1 seguem as características dessa variável.

<i>Variável</i>	<i>Subvariável</i>	<i>Maior nível de desagregação</i>
Infraestrutura	Transportes	Rodovia Ferrovia Portos Aeroportos Dutos
	Comunicação	Linhas de telefone
	Energia	Elétrica Petróleo Gás Natural Álcool

Fonte: Adaptado de Rodriguez (1998).

Quadro 1 – Categorias de Infraestrutura

### 3.2 Seleção e validação das variáveis (validação dos modelos)

A partir da função de produção *Cobb-Douglas*, que determina que o Produto é função exclusivamente de Capital e Mão-de-obra, buscou-se criar e validar uma outra função de produção, com algumas alterações, mas fortemente baseada na função de *Cobb-Douglas*.

Para a variável Produto, utilizou-se a variável PIB; a variável Capital foi subdividida em duas outras, Capital Privado e Capital Público. Para o Capital Privado utilizou-se a variável de Formação Bruta de Capital Fixo; para o Capital Público utilizou-se a variável de Infraestrutura (Transportes, Comunicação e Energia) e, por fim, a variável Emprego foi mantida sem adaptações. Dessa forma, a função de produção inicial (modelo teórico) utilizada nesse trabalho foi a seguinte:

$$PIB_{it} = \alpha_t + \beta_1 EMP_{it} + \beta_2 CF_{it} + \beta_3 T_{it} + \beta_4 C_{it} + \beta_5 E_{it} + \varepsilon_{it}$$

A intenção dessa seção é testar o modelo proposto, de forma a verificar se essas variáveis contribuíram para a determinação do PIB. Tais testes foram realizados por meio de análises econométricas.

A idéia é captar a elasticidade de cada uma das variáveis explicativas em relação ao PIB, portanto o modelo estimado neste trabalho foi um modelo *log-log*. O *software* utilizado para realizar tais análises foi o *Eviews 6*.

Constatou-se, por meio de um teste de Hausman, que as variáveis explicativas são exógenas, portanto, é possível afirmar que não possuem correlação com o termo de erro. O teste de Hausman pode ser utilizado como instrumento de referência para inferir sobre a exogeneidade dos regressores, entre outras funções (GUJARATI, 2000).

Posteriormente, um passo importante consistiu em estimar os modelos considerando os efeitos individuais regionais. Existem duas possibilidades de estimação: o modelo de efeitos fixos e o de efeitos aleatórios.

Nos modelos de efeitos fixos, a estimação é feita assumindo que a heterogeneidade das regiões se capta na parte constante, que é diferente de unidade para unidade. Por outro lado, o modelo de efeitos aleatórios, a estimação é feita introduzindo a heterogeneidade das regiões no termo de erro. Além disso, cabe ser ressaltado que as estimativas de efeitos fixos e aleatórios foram realizadas considerando a matriz de White, que é robusta à heterocedasticidade.

O teste de Hausman foi novamente utilizado, agora para decidir qual dos modelos é o mais apropriado: o modelo de efeitos aleatórios ou o modelo de efeitos fixos. Sob a hipótese nula, os estimadores do modelo com efeitos aleatórios (estimação *GLS*) são consistentes e eficientes. Sob a hipótese alternativa, os estimadores *GLS* com efeitos aleatórios são não consistentes, mas os estimadores com efeitos fixos são. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos pelo teste de Hausman.

Correlated Random Effects - Hausman Test			
Test cross-section random effects			
Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	13.956735	5	0.0159

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1 – Teste de Hausman

O resultado do Teste de Hausman indica a rejeição da hipótese nula, já que a estatística F está bastante reduzida. Portanto, considerando a rejeição da hipótese nula, o modelo de efeitos fixos é considerado consistente e eficiente. A Tabela 2 apresenta os resultados da estimação, tendo considerado os efeitos não observados como fixos.

Uma vez que a heterocedasticidade foi corrigida, já que as estimativas foram realizadas a partir da matriz de White, cabe ressaltar que não houve grande preocupação com a questão da autocorrelação, já que o período de tempo considerado foi relativamente curto (6 quinquênios), podendo gerar resultados não significativos.

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.490891	0.037306	-13.15846	0.0000
LOG(CAPITAL)	0.009853	0.027427	0.359240	0.7200
LOG(COMUNIC)	0.200841	0.024072	8.343366	0.0000
LOG(EMPREG)	0.451443	0.094157	4.794552	0.0000
LOG(ENERGIA)	0.012814	0.009761	1.312819	0.0916
LOG(TRANSP)	0.097886	0.074227	1.318739	0.0896

Cross-section fixed (dummy variables)			
R-squared	0.912483	Sum squared resid	42.81192
Adjusted R-squared	0.891614	F-statistic	43.72348
S.E. of regression	0.573866		

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2 – Resultado da Regressão - Efeitos fixos

Uma vez que a heterocedasticidade foi corrigida, já que as estimativas foram realizadas a partir da matriz de White, cabe ressaltar que não houve grande preocupação com a questão da autocorrelação, já que o período de tempo considerado foi relativamente curto (6 quinquênios), podendo gerar resultados não significativos.

Dessa forma, os parâmetros obtidos mediante a estimação do modelo de efeitos fixos podem ser considerados os melhores estimadores lineares não viesados (MELNV) e o elevado coeficiente de ajuste da regressão ( $R^2$ ), contribuem para a validação da função que considera o PIB como função de Capital Fixo, Emprego e Infraestruturas.

### 3.3 Aplicação da Análise por Envoltória de Dados

A DEA apresenta basicamente três opções em relação à orientação dos modelos. No caso específico deste trabalho considera-se desfavorável a utilização do modelo com orientação para o *input* ou duplamente orientado, pois as unidades analisadas não almejam reduzir seus *inputs* (Capital Fixo, Emprego e Infraestruturas). Como um dos objetivos é aumentar o PIB regional, a escolha se deu pelo modelo DEA com orientação para o *output*.

O modelo a ser selecionado diz respeito à relação estabelecida entre *input* e *output*, em outras palavras, ao tipo de retorno de escala. Neste trabalho optou-se pelo modelo BCC, o que significa dizer que os *inputs* aumentam ou diminuem em uma proporção diferente que os *outputs*, respeitando a questão do porte das unidades analisadas. Todo o procedimento relacionado à DEA foi realizado por meio do *software Frontier Analyst*.

#### 4. Apresentação e Discussão de Resultados

A presente seção tem por objetivo apresentar os resultados da aplicação da técnica DEA, que visou identificar o nível de eficiência da região Sul, considerando a variável de infraestrutura produtiva.

##### 4.1 Classificação de Eficiência

A Tabela 3 apresenta a classificação de eficiência da região Sul, no período de 1980 e 2005. A eficiência, neste caso, está relacionada, principalmente, a forma com que a região utiliza os recursos (Capital Fixo, Emprego e infraestruturas produtivas), para gerar os respectivos resultados (PIB).

<i>Região</i>	<i>Score (CCR)</i>	<i>Score (BCC)</i>	<i>Eficiência de Escala</i>	<i>Ineficiência de Escala</i>	<i>Ineficiência Técnica</i>
Sul 80	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
Sul 85	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
Sul 90	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
Sul 95	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
Sul 00	98,00	100,00	98,00	2,00	0,00
Sul 05	93,36	96,27	96,98	3,02	3,73

Tabela 3 – Classificação de Eficiência da Região Sul

Antes de qualquer análise, cabe uma breve explanação sobre a Tabela 3. A segunda coluna é a classificação de eficiência das observações, considerando tanto a eficiência técnica, como a eficiência de escala. A terceira coluna é relacionada, somente, à eficiência técnica, ou seja, é obtida por meio de uma comparação entre os níveis de insumos e produtos observados com os níveis de insumos e produtos ótimos (a razão entre a produção observada e o potencial máximo atingível para um dado nível de utilização).

A quarta coluna resulta da relação entre os índices de eficiência “total” (técnica + escala) e eficiência técnica, e indica o nível de eficiência somente considerando o efeito escala. As colunas 5 e 6 representam as ineficiências, tanto de escala, como técnica, de cada região.

Os resultados apresentados na segunda coluna indicam aquelas observações que foram eficientes nos aspectos técnicos e de escala. A eficiência de escala admite o exame da produtividade em relação à escala de produção, ou seja, é possível avaliar o efeito do porte no desempenho da região.

O conceito de eficiência de maior relevância, neste caso, está relacionado à economia de recursos, portanto, à eficiência técnica. A eficiência técnica mostra a capacidade que uma região possui para obter o máximo de resultado a partir de um conjunto determinado de recursos, independentemente da questão do porte e escala de produção da região.

Os índices de eficiências, considerando os aspectos de escala e técnica (em análise por envoltória, calculados mediante a utilização do modelo CCR), foram aqui apresentados de forma a permitir a compreensão dos dois fatores fundamentais na especificação de eficiência de uma unidade. O fator escala é menos sensível às mudanças. Já o fator técnico permite alteração na

classificação de eficiência a partir de incrementos/reduções nas quantidades das variáveis. Por esse motivo, mais ênfase foi dada para a eficiência técnica.

Diante do exposto, de agora em diante, será analisada somente a eficiência técnica da região Sul.

Na análise proposta, a variável de Transportes é constituída por capacidades de rodovias, ferrovias, aeroportos, portos e dutos; a variável Comunicação é constituída pela capacidade de linhas telefônicas; a variável Energia é decomposta em energia elétrica, extração de petróleo e gás natural e produção de álcool; a variável Emprego compreende o número de pessoas empregadas e a variável Capital Fixo está relacionada ao montante de investimento privado.

## 4.2 Região Sul

As próximas subseções ressaltam as características econômicas da região Sul e apresentam, ainda, os resultados da DEA, realizada a partir dos dados coletados da região.

### 4.2.1 Características Econômicas

A região Sul é composta por 3 estados, sendo eles Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e é considerada a menor região brasileira, ocupando cerca de 7% do território nacional (IBGE, 2006). Em contrapartida, a região Sul possui uma densidade demográfica elevada de 43,50 habitantes por quilometro quadrado.

A economia da região Sul é diversificada com predomínio de atividades industriais. No entanto, as atividades relacionadas à pecuária e agricultura são bastante expressivas.

A existência de grandes áreas de pastagens naturais favoreceu o desenvolvimento da pecuária de corte na região Sul. Os campos do Sul constituem excelente pastagem natural para a criação de gado bovino. Desenvolve-se aí a pecuária extensiva, criando-se, além de bovinos, ovinos.

A principal característica da agricultura na região Sul é a policultura, sendo o feijão, a mandioca, o milho, o arroz, a batata, a abóbora, a soja, o trigo, as hortaliças e as frutas os produtos mais cultivados. Em algumas áreas, a produção rural está voltada para a indústria, como a cultura da uva para a fabricação de vinhos; a de tabaco para a indústria de cigarros; a de soja para a fabricação de óleos vegetais; à criação de porcos (associada à produção de milho) para abastecer os frigoríficos; e o leite para abastecer as usinas de leite e fábricas de laticínios.

Em relação à indústria, a região Sul é uma das mais industrializadas do país, e é a segunda em valor e volume de produção industrial. As indústrias sulistas apresentam as seguintes características: presença de indústrias próximas às áreas produtoras de matérias-primas, predomínio de estabelecimentos industriais de médio e pequeno porte em quase todo o interior da região e predomínio de indústrias de transformação dos produtos da agricultura e da pecuária.

Atividades fortes da indústria do Sul são: siderurgia, química, produção de couros e bebidas, produtos alimentícios, têxteis, metalurgia, madeira, frigoríficos e desenvolvimento de *softwares*.

Em relação ao potencial de Energia, a região Sul é muito rica em carvão mineral. O carvão mineral é utilizado para produzir Energia elétrica nas usinas termelétricas. Além disso, a região também possui Energia elétrica em abundância. A maior usina hidrelétrica da região é a Itaipu. Como é considerada a segunda maior usina hidrelétrica do mundo, sua Energia é utilizada em partes iguais por ambos países a que pertencem, Brasil e Paraguai. Além de abastecer a região Sul, a Energia da Usina hidrelétrica de Itaipu é imensamente utilizada em outras regiões brasileiras, inclusive na região Sudeste.

No que diz respeito à infraestrutura de Transportes, a região Sul dispõe de condições naturais que facilitaram a implantação de uma boa malha rodoviária e ferroviária. Além disso, o fato de sua população distribuir-se uniformemente, sem grandes vazios populacionais, permite que sua rede de Transportes seja mais eficiente e lucrativa.

Embora quase todas as principais cidades da região sejam servidas por linhas da Rede Ferroviária Federal (RFFSA), o Transporte rodoviário é mais desenvolvido. A região conta com várias estradas, tais como a Rodovia Régis Bittencourt, ligando São Paulo ao Rio Grande do Sul, e a Rodovia do Café, alcançando o norte do Paraná até o porto de Paranaguá.

A região Sul possui, depois da região Sudeste e Brasília, os mais movimentados aeroportos do país. Essa região possui ainda portos marítimos de grande importância, tais como: porto de Paranaguá (que exporta principalmente café e soja); os portos de Imbituba e Laguna, em Santa Catarina (exportadores de carvão mineral); os portos de São Francisco do Sul, Itajaí e Itapoá, também em Santa Catarina, (exportadores de produtos da indústria metal-mecânica e frigorífica, além de móveis e madeira); e os portos de Rio Grande e Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, pelos quais passam mercadorias diversificadas.

Estes dados permitem um breve diagnóstico econômico da região Sul. O PIB é um importante indicador da atividade econômica de uma região. A região Sul possui o segundo maior PIB do país e isso é reflexo, principalmente, da alta produção industrial. Um fator muito positivo na indústria da região Sul é a produção industrial ser voltada para aquelas “habilidades” naturais da região. Além disso, visualiza-se nessa região um crescimento mais equilibrado entre indústria, agricultura e pecuária, o que, por sua vez, resulta em menores disparidades de renda e maior qualidade de vida para a população.

#### 4.2.2 Aplicação da Análise por Envoltória de Dados

A partir dos dados da região Sul para as variáveis de Transportes, Comunicação, Energia, Emprego, Capital Fixo e PIB, foi realizada a análise DEA, a fim de identificar os períodos considerados eficientes. Os resultados sobre a classificação de eficiência já foram apresentados e, neles, é possível identificar que a região Sul, somente no ano de 2005 não foi considerada eficiente.

Os resultados apresentados na Tabela 4 fornecem os alvos de desempenho e os potenciais de melhoria para a região Sul no período analisado.

Variável	Sul 80			Sul 85			Sul 90		
	Atual	Meta	Melhoria	Atual	Meta	Melhoria	Atual	Meta	Melhoria
Emprego	79,83	79,83	0	74,46	74,46	0	75,68	75,68	0
Capital Fixo	34,91	34,91	0	18,23	18,23	0	19,25	19,25	0
Transportes	64,5	64,5	0	67,77	67,77	0	63,76	63,76	0
Comunicação	71,25	71,25	0	113,16	113,16	0	128,54	128,54	0
Energia	20,01	20,01	0	28,16	28,16	0	65,51	65,51	0
PIB	45,01	45,01	0	47,33	47,33	0	48,53	48,53	0
Variável	Sul 95			Sul 00			Sul 05		
	Atual	Meta	Melhoria	Atual	Meta	Melhoria	Atual	Meta	Melhoria
Emprego	77,75	77,75	0	79,59	79,59	0	74,71	74,71	0
Capital Fixo	21,18	21,18	0	21,18	21,18	0	21,18	21,18	0
Transportes	83,7	83,7	0	92,54	92,54	0	97,87	92,16	-5,83
Comunicação	96,25	96,25	0	159,48	159,48	0	191,81	176,85	-7,8
Energia	75,9	75,9	0	62,65	62,65	0	90,3	76,63	-15,14
PIB	51,63	51,63	0	52,19	52,19	0	49	50,9	3,88

Tabela 4 – Metas de desempenho e potencial de melhoria

A região Sul do Brasil, em quase todos os períodos analisados, foi considerada eficiente, exceto no ano de 2005. Cinco das 6 observações tiveram combinações de recursos otimizadas. Isso significa que os recursos das diversas variáveis foram adequados para a composição dos resultados encontrados, nos casos eficientes.

A partir desses dados é possível identificar que somente no período de 2005 é possível melhorar o desempenho da região, já que todos os outros foram considerados eficientes.

Para o caso do Sul em 2005, de forma a tornar-se eficiente, a região deveria manter os níveis observados tanto de Emprego, como de Capital Fixo. Além disso, manter aproximadamente 94% da capacidade de Transportes observada; 92,2% da capacidade de Comunicação; 85% da capacidade verificada de Energia e, ainda assim, incrementar o PIB em aproximadamente 4%.

Para todos os períodos analisados é possível identificar a contribuição de cada variável na composição do PIB. A Tabela 5 apresenta essas contribuições no Sul em todos os períodos.

<i>Unidade</i>	<i>Transp/PIB</i>	<i>Comun/PIB</i>	<i>Energia/PIB</i>	<i>Emp/PIB</i>	<i>CF/PIB</i>
Sul 80	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
Sul 85	0,00	0,00	54,00	0,00	46,00
Sul 90	93,00	4,00	0,00	0,00	3,00
Sul 95	0,00	28,00	0,00	0,00	72,00
Sul 00	0,00	0,00	14,00	0,00	86,00
Sul 05	0,00	0,00	0,00	54,00	46,00

Tabela 5 – Contribuição das variáveis (%)

Em 1980 a região Sul apresentou contribuição nula para todas as variáveis, exceto Energia. Como o Sul/80 foi considerado eficiente, conclui-se que todas as variáveis foram determinantes para a composição do respectivo PIB. No entanto, as variáveis Transportes, Comunicação, Emprego e Capital Fixo apresentaram baixa produtividade. Incrementos nessas variáveis, desacompanhados por incrementos no PIB, forçosamente resultarão em redução da eficiência na região Sul em 1980.

No período de 1985, no Sul, foi possível identificar que as variáveis Transportes, Comunicação e Emprego apresentaram contribuição nula na formação do PIB. As variáveis Emprego e Capital Fixo foram reduzidas de um período para o outro, o que, por sua vez, gerou um incremento nas respectivas produtividades e aumento na contribuição de cada uma delas na composição do PIB. As variáveis Transportes e Comunicação tiveram suas capacidades aumentadas de 1980 à 1985 e tal incremento, de certa forma, foi compensado pela variação positiva no PIB. Entretanto, tais variáveis apresentaram produtividade decrescente na composição do PIB.

Em 1990 a região Sul também foi considerada eficiente. No entanto, as variáveis Energia e Emprego tiveram contribuição nula na composição do PIB no período. A variável Energia apresentou reduzida produtividade, uma vez que a respectiva capacidade foi aumentada drasticamente. Por outro lado, a infraestrutura de Transportes foi a que mais contribuiu para a formação do PIB neste período, já que tal variável experimentou uma redução em sua capacidade, acompanhada por um incremento no PIB, resultando em maior aproveitamento da capacidade de Transportes.

No período de 1995 as variáveis Transportes, Energia e Emprego apresentaram baixa produtividade. No entanto, os aumentos nas respectivas variáveis foram compensados por incrementos no PIB.

A capacidade das infraestruturas de Comunicação, em 1995, sofreu uma retração, se comparada ao período imediatamente anterior. Nesse sentido, houve maior utilização dessa capacidade, o que a tornou mais produtiva. Mesmo frente ao incremento no PIB, não houve necessidade de incremento na capacidade de Comunicação. O que retrata que a capacidade observada foi mais produtiva e, com isso, contribuiu mais para a formação do PIB em 1995.

No ano de 2000, último período classificado como eficiente na região Sul, as variáveis Transportes, Comunicação e Emprego apresentaram contribuição nula, o que representa a baixa utilização dessas variáveis, mas, ao mesmo tempo, afirma a importância das mesmas para a composição do PIB. Portanto, reduções nessas variáveis não representam medidas viáveis. Enquanto uma variável é “aproveitada”, ela se faz necessária e importante para a composição do PIB.

Foi possível notar que de 1995 para 2000 houve um incremento no produto Interno Bruto da região Sul. A capacidade da infraestrutura de Energia, de um período para o outro, foi reduzida. No entanto, como no período anterior ela já vinha sendo pouco “aproveitada”, no período de 2000 houve um aumento no “aproveitamento” da infraestrutura de Energia. Com o incremento do PIB e redução na capacidade de Energia, detectou-se maior produtividade dessa última variável.

E, por fim, no período de 2005 a região Sul do país não foi classificada como eficiente, ou seja, a combinação de recursos utilizados para a composição do PIB não foi adequada. Para esse período, parte das variáveis de infraestrutura, foi improdutivo. A retração do PIB ocorrida entre 2000 e 2005 não compensou os incrementos nas capacidades de Transportes, Comunicação e Energia.

Em relação ao potencial de melhoria para a região Sul em 2005 destacam-se as seguintes medidas:

- Capital Fixo e Emprego: Manter os níveis observados, uma vez que estão contribuindo de forma positiva para a composição do PIB observado.
- Transportes, Comunicação e Energia: Em comparação com as unidades de referência, foi possível identificar que parte da capacidade das variáveis de infraestrutura, na região Sul em 2005, não resultou em incremento algum no PIB. A Análise por Envoltória de Dados sugere a redução das capacidades de Transportes, Comunicação e Energia em, respectivamente, 5,8%, 7,8% e 15,1% e, ainda assim, incrementar o PIB em 3,9%.

A região Sul é a segunda mais industrializada do país e possui boas condições de infraestruturas. A industrialização, como já mencionado, demanda infraestruturas para amparar o seu desenvolvimento. Nesse sentido, fica evidenciada a relevância das infraestruturas para a formação do PIB da região Sul.

Dessa forma fica ressaltada a grande importância das infraestruturas para a formação do PIB da região Sul. No período investigado, em diversos momentos, houve registros de capacidades de infraestrutura pouco produtivas ou, no último período, improdutivo. No entanto, a ausência de capacidade das infraestruturas, ou brusca redução, representaria fator determinante para a redução do PIB regional.

## 5. Conclusão

O desenvolvimento do presente trabalho buscou contribuir no sentido de validar uma função de produção que considerasse as capacidades das infraestruturas produtivas e o crescimento de uma região, mensurado por meio de variações no Produto Interno Bruto.

Constatou-se, inicialmente, efeito de causalidade entre as variáveis de infraestrutura e a variável PIB. Nesse sentido, a regressão contribuiu de forma adequada para validar a função de produção proposta por este trabalho.

A técnica DEA respondeu, de forma apropriada, às necessidades de avaliação e análise exigidas por essa pesquisa na construção da fronteira de eficiência e identificação dos níveis de eficiência das regiões investigadas. A partir dos dados obtidos, foi criada uma classificação de eficiência entre as regiões analisadas, que identificou metas de melhorias, a partir dos desempenhos observados.

A técnica utilizada foi além das expectativas inicialmente criadas, uma vez que identificou padrões de comportamento nas variáveis analisadas para cada unidade, o que permitiu importantes conclusões quanto à utilização da técnica como ferramenta de apoio à tomada de decisão. Além disso, atenção especial foi despendida ao peso (utilidade) de cada categoria de infraestrutura, de forma a investigar a relevância do mesmo na formação da curva de eficiência.

As análises apresentadas explicitam este padrão de comportamento das variáveis, na região Sul, tanto em relação às respectivas capacidades, como, também, às respectivas utilidades.

Variáveis que apresentaram maior utilidade que as demais, em um período, foram consideradas as que maior impacto causaram na formação do PIB, de forma que, investimentos no sentido de incrementar as respectivas capacidades são fundamentados.

Por outro lado, para o caso das variáveis cujas utilidades foram reduzidas, conclui-se já haver capacidade subutilizada daquela modalidade de infraestrutura. Não porque essas modalidades tenham sido pouco necessárias, mas sim, por estarem operando em capacidades elevadas para o PIB observado. O direcionamento, então, é para a redução na capacidade da variável, a fim de torná-la mais produtiva, caso esse seja um movimento possível.

É possível observar certa relação entre as variáveis, de forma que a alteração na capacidade de uma variável, resulte em alteração na respectiva utilidade e nas utilidades das demais variáveis. Busca-se um *mix* de recursos que aproveite a capacidade de todas as variáveis da melhor forma possível, uma vez que todas são consideradas relevantes para a formação do PIB.

Uma das recomendações decorrentes do presente trabalho é a necessidade de cautela na especificação de quais seriam as capacidades ótimas das diversas modalidades de infraestrutura. O montante de capital público disponível é escasso e deve ser alocado de forma que gere maiores resultados econômicos e externalidades positivas. Alterações desmedidas nas capacidades de infraestrutura não são suficientes para fazer com que a região opere de forma produtiva; elas devem vir acompanhadas por análises da utilidade de cada modalidade de investimento, no momento analisado.

Em 2007, o Governo Federal lançou o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que tem como objetivo principal investir em infraestruturas, de forma a estimular o crescimento do país. Foram previstas alocações de recursos para o período de 2007 a 2010, para todas as regiões brasileiras, na ordem de R\$ 503,9 bilhões, nas áreas de transporte, energia, saneamento, habitação e recursos hídricos. A utilização de resultados obtidos de trabalhos dessa natureza, como forma de conduzir mais apropriadamente a alocação desses recursos, poderia contribuir para a melhor aplicação de capital público, de forma a torná-lo mais produtivo e, assim, contribuir para o crescimento econômico e social das regiões brasileiras.

Por fim, conclui-se que estudos que quantifiquem a importância das infraestruturas e indiquem as reais necessidades de cada região podem contribuir, de maneira fundamental, para o desenvolvimento e crescimento de regiões, no sentido de representar ferramenta de amparo ao processo de tomada de decisão na alocação de recursos públicos.

## 6. Referências

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, Providence, v.30, n. 9, p.1078-1092.

BELLONI, J. A. (2000). Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidades Federais Brasileiras. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CASA NOVA, S. P. C. (2002). Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na análise das demonstrações contábeis. 317p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CERETTA, P. S.; COSTA JR, N. C. A. (2001). Avaliação e seleção de fundos de investimento: um enfoque sobre múltiplos atributos. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 5, p. 7-27, Janeiro/Abril, 2001.

CHARNES, A. et al. (1997). *Data envelopment analysis: theory, methodology, and application*. Massachusetts: Kluwer.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, Amsterdam, v.2, n.6, p.429-444, Nov, 1978.

GUJARATI, D.N. (2000). *Econometria básica*. São Paulo: Makron Books.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2006). Síntese de indicadores 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pnad>>. Acesso em: 12 mar. 2009.

MACEDO, M. A. S.; SANTOS, R. M.; SILVA, F. F. (2004). Desempenho organizacional no setor bancário: uma aplicação da Análise por Envoltória por Dados. In: XXIX Encontro da ENANPAD – Encontro Nacional de Pós-graduação em Administração.

PÉRICO, A.E. (2009). A relação entre as infraestruturas produtivas e o produto interno bruto (PIB) das regiões brasileiras: uma análise por envoltória de dados. 230p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos.

RODRÍGUEZ, M.J.D. (1998). *El capital público em la economía española*. Madrid: Universidad Europea; CEES Ediciones.