

EFICIÊNCIA RELATIVA DOS SETORES ECONÔMICOS DO RIO GRANDE DO SUL: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DEA NA MATRIZ DE INSUMO-PRODUTO

Eduardo Belisário M. C. Finamore*

Adriano Provezano Gomes**

Roberto Serpa Dias***

Resumo: O artigo discute as diferenças de performance produtiva entre 27 setores do Rio Grande do Sul, com base na metodologia *Data Envelopment Analysis* (DEA). Os dados utilizados foram extraídos das tabelas de insumo-produto e das contas econômicas integradas do Rio Grande do Sul, do ano de 1998, fornecidas pela Fundação de Economia e Estatística (FEE). Os resultados indicam quais setores possuem maior eficiência na transformação de capital (insumos) em mais capital (produtos), de forma a orientar os agentes produtivos na busca contínua da melhor alocação dos fatores de produção e, ainda ser usados em estudos sobre a dinâmica do crescimento econômico, superando o marco estático da análise de insumo-produto.

Palavras-chave: Análise envoltória de dados, matriz de insumo-produto, análise setorial.

Abstract: This article discusses the productive performance of the 27 sectors of the Rio Grande do Sul, applying the methodology designed Data Analysis Envelopment (DEA). The data was obtained from input-output tables and economics accounts of the State for the year 1998, supplied by the *Fundação de Economia e Estatística* (FEE). The results indicate which sectors have an higher efficiency in the transformation of capital (input) in more capital (output), orienting the economic agents in their continuum search for the best factors allocation and, also can be used in other

* Professor da FEAC/UPF, Passo Fundo/RS. E-mail: finamore@upf.tche.br

** Professor do Departamento de Economia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG. E-mail: apgomes@ufv.br

*** Professor do Departamento de Economia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG. E-mail: rsdias@ufv.br

Análise	Porto Alegre	v. 16	n. 2	p. 217-240	ago./dez. 2005
---------	--------------	-------	------	------------	----------------

studies about dynamic growth, overcoming the static analysis of the input-output approach.

Key words: Data Analysis Envelopment. Input-output analysis. Sector analysis.

JEL classification: R15 – Econometric and input-output models. Other models.

1 Introdução

O crescimento econômico tem sido uma das grandes questões da sociedade atual. As taxas de crescimento variam substancialmente ao redor do mundo e até mesmo entre estados e regiões brasileiras. O que explica essas diferenças? Como podem os países ricos garantir a manutenção de seu alto padrão de vida? Que políticas deveriam adotar os países pobres para promover crescimento mais rápido e poderem se aproximar do mundo desenvolvido? Essas são algumas das questões mais importantes da economia. Como disse Lucas (1988): “As conseqüências dessas questões para o bem-estar humano são simplesmente impressionantes: quando você começa a pensar nelas, é difícil pensar em alguma outra coisa”.

Segundo o IBGE, a produção industrial brasileira cresceu 2,4% em 2002. Este crescimento foi ancorado nas exportações, na produção de petróleo e na agroindústria. A Tabela 1 mostra as taxas de variação (%) da indústria brasileira em alguns estados, no ano de 2002.

Tabela 1 – Taxa de crescimento da indústria no Brasil, regiões e estados selecionados, 2002

Locais	Varição %
Região Nordeste	-0,6
– Ceará	0,8
– Pernambuco	-0,1
– Bahia	-0,1
Minas Gerais	0,5
Espírito Santo	12,9
Rio de Janeiro	10,1
São Paulo	-1,1
Região Sul	1,7
– Paraná	1,1
– Santa Catarina	-2,7
– Rio Grande do Sul	4,0
Brasil	2,4

FONTE: IBGE.

Apenas cinco dos doze locais pesquisados pelo IBGE em sua pesquisa regional retraíram a atividade fabril: Pernambuco (-0,1%), Nordeste (-0,6%), Bahia (-0,1%), São Paulo (-1,1%) e Santa Catarina (-2,7%). Por outro lado, a indústria capixaba (12,9%) assumiu a liderança do desempenho regional, deixando para trás a indústria carioca (10,1%), cuja sustentação de seu crescimento se dá apoiada no forte aumento da produção de petróleo e gás natural. O Rio Grande do Sul (4,0%) apresentou um crescimento maior que o da Região Sul (1,7%), devido à taxa de variação negativa que apresentou o estado de Santa Catarina e pelo discreto crescimento do estado do Paraná (1,1%).

Observa-se que a produção industrial gaúcha ficou em terceiro lugar no ranking da pesquisa. Segundo a FEE, o PIB gaúcho atingiu a cifra de R\$ 109,7 bilhões em 2002, significando um crescimento de 1,76% em relação a 2001.

Para entender essas transformações, a teoria econômica apresenta uma variedade de modelos. As teorias de crescimento marxista e neoclássica atribuem um maior peso às melhorias de produtividade dirigidas pelos avanços na tecnologia e na organização da produção. Por outro lado, a Nova Teoria do Crescimento e a Teoria do Capital e do Investimento – outro braço da economia neoclássica – atribuem fundamental significância aos investimentos em capital humano, conhecimento e capital fixo.

Para Hulten (2000), a análise do crescimento econômico carrega uma dicotomia entre tecnologia e formação de capital. O processo de crescimento econômico, de várias fontes, esbarra num grande problema econômico, ou seja, como existe escassez de recursos, têm-se de escolher as melhores combinações de insumos para se utilizar entre os possíveis fins alternativos. A regra básica na escolha de diferentes processos produtivos para transformar recursos (insumos) em novos recursos (produtos) é o conceito de custo de oportunidade. Ou seja, o custo de oportunidade de investir na fabricação de automóveis é a perda dos benefícios que deixam de ser gerados no beneficiamento do café, por exemplo. Do ponto de vista social, além da eficiência alocativa – eficiência técnica e de escala –, deve-se considerar aspectos da eficiência distributiva.

Nesse contexto, esse trabalho preocupa-se com a seguinte questão: do ponto de vista social, quais setores da economia apresentam uma melhor combinação no uso dos insumos disponíveis na sociedade para a obtenção de sua produção, de forma que a acumulação de capital seja obtida do modo mais eficiente possível? Em outras palavras, se tivermos de investir um milhão de reais, tendo como preocupação a eficiência no uso dos recursos escassos da sociedade, quais setores deveriam ser os beneficiados?

A região de estudo desse trabalho é o Rio Grande do Sul, e para atingir o objetivo exposto, definem-se como benefícios os fluxos do Valor Bruto de Produção setorial e, como custos, os fluxos dos insumos variáveis utilizados nos processos produtivos. A metodologia utilizada é a *Data Envelopment Analysis* (DEA), que possui como critério de avaliação a eficiência técnica e de escala.

2 Metodologia

Com base nas análises de eficiência, os autores Charnes, Cooper e Rhodes (1978) deram início ao estudo da abordagem não-paramétrica, para a análise de eficiência relativa de firmas com múltiplos insumos e múltiplos produtos, cunhando o termo *Data Envelopment Analysis* (DEA). Vale ressaltar que, na literatura relacionada aos modelos DEA, uma firma é tratada como DMU (*Decision Making Unit*), uma vez que estes modelos provêm uma medida para avaliar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão.

Por unidade tomadora de decisão entende-se qualquer sistema produtivo que transforme insumos em produtos. Essa terminologia pode ser aplicada a diferentes tipos de unidades que estão sendo comparadas, como, por exemplo, firmas que produzem o mesmo produto, PIB de regiões ou países ou, ainda, setores da economia. Como esse trabalho visa a comparação de setores com tecnologias distintas e não homogêneos, pressupõe-se que esta homogeneidade é obtida em termos de fluxos monetários, ou seja, todos os setores geram mais capital (produtos) a partir de determinada quantidade de capital (insumos). Com isso, o modelo consegue identificar os setores relativamente mais eficientes do ponto de vis-

ta do uso dos recursos da sociedade. A seguir, apresentam-se os modelos que serão utilizados neste trabalho. Contudo, devido à complexidade dos resultados fornecidos pelos modelos DEA, para descrições mais detalhadas recomenda-se a consulta de livros textos como Coelli, Rao e Battese (1998), Lins e Meza (2000), Cooper, Seiford e Tone (2000), Charnes, Cooper, Lewin e Seiford (1994) e Färe, Grosskopf e Lovell (1994).

2.1 Pressuposição do modelo DEA

A pressuposição fundamental na técnica DEA é que, se uma dada DMU "A" é capaz de produzir $Y(A)$ unidades de produto, utilizando $X(A)$ unidades de insumos, então outras DMU's poderiam também fazer o mesmo, caso elas estejam operando eficientemente. De forma similar, se uma DMU "B" é capaz de produzir $Y(B)$ unidades de produto, utilizando $X(B)$ de insumos, então outras DMU's poderiam ser capazes de realizar o mesmo esquema de produção. Caso as DMU's "A" e "B" sejam eficientes, elas poderiam ser combinadas para formar uma DMU composta, isto é, que utiliza uma combinação de insumos para produzir uma combinação de produtos. Desde que esta DMU composta não necessariamente existe, ela é denominada DMU virtual. A análise DEA consiste em encontrar a melhor DMU virtual para cada DMU da amostra. Caso a DMU virtual seja melhor do que a DMU original, ou por produzir mais com a mesma quantidade de insumos, ou produzir a mesma quantidade usando menos insumos, a DMU original será ineficiente.

No presente trabalho, será considerado como DMU um setor da economia gaúcha. Assim, ao se identificar um setor como ineficiente, quando comparado a uma DMU virtual, ou padrão, não se estará querendo concluir que esse setor não seja competitivo, e, sim, que os recursos da sociedade são utilizados com maior eficiência na produção em outros setores, com melhor produtividade no uso dos fatores de produção. Como os recursos da sociedade são escassos, ela pode se especializar na produção de determinados produtos e obter os benefícios das trocas comerciais, seja regionalmente, seja internacionalmente. Há que se considerar também que existem restrições de mercado e especificidades dos ativos,

não sendo possível converter a produção de um setor, com o aproveitamento dos fatores de produção liberados para a produção de outro setor. Mas é possível afirmar que os novos fatores de produção a serem empregados e/ou novos investimentos sejam mais produtivos para a sociedade em determinados setores-chave para o crescimento econômico; ou, ainda, delimitar como deve ocorrer a aplicação de novos recursos, seja na expansão de setores eficientes, seja na eliminação das ineficiências dos setores não tão produtivos.

2.2 Descrição do modelo DEA

Considere-se que existam k insumos e m produtos para cada n DMU's. São construídas duas matrizes: a matriz X de insumos, de dimensões $(k \times n)$, e a matriz Y de produtos, de dimensões $(m \times n)$, representando os dados de todas as n DMU's. Na matriz X , cada linha representa um insumo e cada coluna representa uma DMU. Já, na matriz Y , cada linha representa um produto e cada coluna, uma DMU. Assim, para a i -ésima DMU, são representados os vetores x_i e y_i , respectivamente, para insumos e produtos. Para cada DMU, pode-se obter uma medida de eficiência, que é a razão entre todos os produtos e todos os insumos. Para a i -ésima DMU tem-se:

$$\text{Eficiência da DMU } i = \frac{u' y_i}{v' x_i} = \frac{u_1 y_{1i} + u_2 y_{2i} + \dots + u_m y_{mi}}{v_1 x_{1i} + v_2 x_{2i} + \dots + v_k x_{ki}} \quad (1)$$

em que u é um vetor $(m \times 1)$ de pesos nos produtos e v é um vetor $(k \times 1)$ de pesos nos insumos. Note-se que a medida de eficiência será um escalar, devido às ordens dos vetores que a compõem.

A pressuposição inicial é de que esta medida de eficiência requer um conjunto comum de pesos que será aplicado em todas as DMU's. Entretanto, existe uma certa dificuldade em obter um conjunto comum de pesos para determinar a eficiência relativa de cada DMU. Isso ocorre porque as DMU's podem estabelecer valores para os insumos e produtos de modos diferentes e, então, adotarem diferentes pesos. É necessário, então, estabelecer um problema que permita que cada DMU possa adotar o conjunto de pesos que for mais favorável, em termos comparativos, com as outras unidades.

Para selecionar os pesos ótimos para cada DMU, especifica-se um problema de programação matemática. Para a i -ésima DMU tem-se:

$$MAX_{u,v} (u \cdot y_i / v \cdot x_i),$$

sujeito a:

$$u \cdot y_j / v \cdot x_j \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

$$u, v \geq 0. \quad (2)$$

Essa formulação envolve obter valores para u e v , de tal forma que a medida de eficiência para a i -ésima DMU seja maximizada, sujeito à restrição de que as medidas de eficiência de todas as DMU's sejam menores ou iguais a um. Caso a eficiência obtida para a DMU que está sendo testada seja igual a um, ela será eficiente em relação às demais; caso contrário ela será ineficiente.

O modelo linearizado possui a seguinte forma:

$$MAX_{u,v} (u \cdot y_i),$$

sujeito a:

$$v x_i = 1,$$

$$u \cdot y_j - v \cdot x_j \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

$$u, v \geq 0. \quad (3)$$

Por meio da dualidade em programação linear, tem-se:

$$MIN_{\theta, \lambda} \theta,$$

sujeito a:

$$-y_i + Y\lambda \geq 0,$$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0,$$

$$\lambda \geq 0, \quad (4)$$

em que θ é uma escalar, cujo valor será a medida de eficiência da i -ésima DMU. Caso o valor de θ seja igual a um, a DMU

será eficiente, em caso contrário, será menor que um. Já λ é um vetor ($n \times 1$) de constantes, cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para uma DMU eficiente, todos os valores de λ serão zero. Já, para uma DMU ineficiente, os valores de λ serão os pesos utilizados na combinação linear de outras DMU's eficientes que influenciam na projeção da DMU ineficiente sobre a fronteira calculada. Isso significa que, para uma unidade ineficiente, existe ao menos uma unidade eficiente, cujos pesos calculados fornecerão a DMU virtual da unidade ineficiente, através de combinação linear. As unidades eficientes que, quando combinadas, fornecem a DMU virtual para a unidade ineficiente são conhecidas como pares ou *benchmarks* daquela DMU.

O modelo, nessa forma, pressupõe retornos constantes à escala, podendo ser reformulado com o objetivo de possibilitar retornos variáveis às DMUs analisadas. Essa proposta foi, inicialmente, feita por BANKER, CHARNES e COOPER (1984), cujo modelo ficou conhecido como BCC, devido às iniciais dos nomes dos autores.

2.3 Retornos de escala no modelo DEA

O uso da especificação de retornos constantes, quando nem todas as DMUs estão operando em escala ótima, resultará em medidas de eficiência técnica que podem ser confundidas com eficiência de escala. A utilização da especificação de retornos variáveis permite o cálculo das eficiências técnicas, livres desses efeitos de escala.

O problema de programação linear com retornos constantes pode ser modificado para atender à pressuposição de retornos variáveis, adicionando-se uma restrição de convexidade. Considerando-se o modelo dual, tem-se:

$$\text{MIN}_{\theta, \lambda} \quad \theta,$$

sujeito a:

$$-y_i + Y\lambda \geq 0,$$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0,$$

$$N_1 \lambda = 1,$$

$$\lambda \geq 0,$$

(5)

em que N_1 é um vetor ($n \times 1$) de uns. Essa abordagem forma uma superfície convexa de planos em interseção, a qual envolve os dados de forma mais compacta do que a superfície formada pelo modelo com retornos constantes. Com isso, os valores obtidos para eficiência técnica, com a pressuposição de retornos variáveis, são maiores do que aqueles obtidos com retornos constantes.

Os valores de eficiência técnica, obtidos no modelo com retornos constantes, podem ser divididos em dois componentes – um devido à ineficiência de escala e outro devido à pura ineficiência técnica. Para separar essas medidas, realiza-se o procedimento, conduzindo ambos, retornos constantes e variáveis, ao mesmo conjunto de dados. Se existir uma diferença nos valores de eficiência técnica para uma DMU qualquer, isso indica que esta DMU tem ineficiência de escala, que pode ser calculada pela diferença entre os valores das eficiências técnicas com retornos variáveis e com retornos constantes.

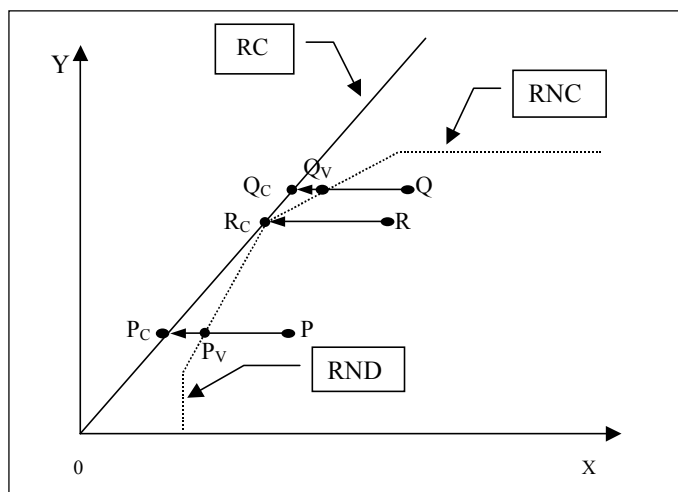
A Figura 1 ilustra uma situação que envolve um insumo e um produto. Pode-se traçar as fronteiras eficientes calculadas pela DEA, isto é, a fronteira obtida com retornos constantes (RC), e a obtida com retornos variáveis (RV), sendo esta última descrita pela linha pontilhada.

Considere-se o ponto P na Figura 1. Na pressuposição de retornos constantes, a ineficiência técnica do ponto P é dada pela distância PPC, enquanto a ineficiência técnica é dada pela distância PPV, com a pressuposição de retornos variáveis. A diferença entre essas duas, PCPV, fornece a ineficiência de escala. As medidas de eficiência do ponto P, em termos de razão, isto é, limitadas entre zero e um, são dadas por

$$\begin{aligned} ET_{I,RC} &= AP_C / AP, \\ ET_{I,RV} &= AP_V / AP, \\ EE_I &= AP_C / AP_V, \end{aligned} \quad (6)$$

em que o subscrito I indica modelos com orientação insumo; RC, retornos constantes; e RV, retornos variáveis. Como $AP_C/AP = (AP_V/AP) \times (AP_C/AP_V)$, então $ET_{I,RC} = ET_{I,RV} \times EE_I$, isto é, a medida de eficiência técnica com retornos constan-

tes à escala é composta pela eficiência técnica pura e pela eficiência de escala.



FONTE: Adaptado de Coelli, Rao e Battese (1998).

Figura 1 – Eficiência técnica e eficiência de escala.

Uma falha dessa medida de eficiência de escala é que ela não indica se a DMU está operando na faixa de retornos crescentes ou decrescentes à escala. Sabe-se apenas que, se a medida de eficiência de escala for igual a um, a firma estará operando com retornos constantes à escala; no entanto, se for menor que um, poderão ocorrer retornos crescentes ou decrescentes. Para contornar essa situação, é necessário formular outro problema de programação, impondo a pressuposição de retornos não crescentes ou não decrescentes. Considerando-se o caso de retornos não crescentes, a formulação consiste em alterar a pressuposição de retornos variáveis no modelo DEA. Para isso, basta substituir a restrição $N_1\lambda = 1$, em (5), pela restrição $N_1\lambda \leq 1$.

A fronteira obtida para o modelo com retornos não crescentes (RNC) está plotada na Figura 1. Ela é composta, inicialmente, por uma faixa da fronteira com retornos constantes, com origem em 0, e, depois, por uma faixa da fronteira de

retornos variáveis. Para determinar a natureza da escala de uma DMU qualquer, basta verificar se o coeficiente de eficiência técnica no modelo com retornos não crescentes é igual ao do modelo com retornos variáveis. Se forem diferentes, como é o caso do ponto P, então a DMU terá retornos crescentes à escala. Se forem iguais, como é o caso do ponto Q, ocorrerá uma situação de retornos decrescentes, isto é: se $ET_{RNC} = ET_{RV} \rightarrow$ retornos decrescentes; se $ET_{RNC} \neq ET_{RV} \rightarrow$ retornos crescentes.

De forma alternativa, pode-se formular um problema de programação, impondo a pressuposição de retornos não decrescentes à escala. Para isso, basta substituir a restrição $N_1\lambda \leq 1$, no modelo com retornos não crescentes, pela restrição $N_1\lambda \geq 1$. Assim, para identificar se a firma e/ou setor está operando com retornos crescentes ou decrescentes, basta comparar o resultado encontrado para eficiência técnica, no modelo com retornos variáveis (RV), com aquele encontrado no modelo com retornos não decrescentes (RND), ou seja: se $ET_{RND} = ET_{RV} \rightarrow$ retornos crescentes; se $ET_{RND} \neq ET_{RV} \rightarrow$ retornos decrescentes.

Após executar os modelos DEA, as DMUs podem ser classificadas segundo duas categorias:

1. De acordo com a pura eficiência técnica obtida no modelo pressupondo-se retornos variáveis. Nesse caso, as DMU's podem ser tecnicamente eficientes ou ineficientes. As DMU's eficientes são aquelas que estão produzindo uma quantidade compatível com o uso dos insumos; por outro lado, as ineficientes estão utilizando em excesso os insumos. Isso significa que, para se tornarem eficientes, podem-se reduzir os insumos, mantendo-se a mesma produção, ou, de modo equivalente, aumentar a produção utilizando-se os mesmos insumos.
2. De acordo com a eficiência de escala, obtida pela razão entre as medidas de eficiência técnica nos modelo com retornos constante e variáveis. Nessa categoria, as DMUs podem estar operando com retornos constantes, crescentes ou decrescentes. A produção com retornos constantes é conhecida como escala ótima.

Quadro 1 – Combinações possíveis de insumo e produto das DMUs nos modelos DEA pressupondo-se retornos constante e variáveis

Tipo de retorno	Condição da DMU segundo a pura eficiência técnica	
	Eficiente	Ineficiente
Constante	Esta é a melhor situação. A DMU está utilizando os recursos sem desperdícios e opera em escala ótima. O aumento da produção deve ocorrer mantendo-se a proporção de uso dos fatores. (Correspondente ao ponto R_c)	Apesar de estar operando na escala ótima, existe ineficiência técnica. Isso significa que se pode reduzir o uso dos insumos e continuar produzindo a mesma quantidade. De maneira equivalente, a produção pode crescer utilizando-se os mesmos insumos. Eliminando as ineficiências técnicas, a DMU torna-se eficiente com retornos constantes. (Correspondente ao ponto R)
Crescente	Apesar de tecnicamente eficiente, ou seja, não existem insumos utilizados em excesso, o volume de produção está abaixo da escala ótima. Isso significa que a DMU pode aumentar a produção a custos decrescentes. Nesse sentido, o aumento da produção deve ocorrer mediante incorporação de insumos, porém mantendo-se as relações entre as quantidades de produto e insumos. (Correspondente ao ponto P_v)	Nesta situação, existem dois problemas: ineficiência técnica, devido ao uso excessivo de insumos, e ineficiência de escala. Esta última ocorre pois a DMU está operando abaixo da escala ótima. Para aumentar a eficiência técnica é preciso eliminar os excessos de uso nos insumos. Por outro lado, para operar em escala ótima é necessário aumentar a produção. Em síntese, a DMU deve aumentar a produção, porém esse aumento deve ocorrer reduzindo as relações entre quantidades utilizadas de insumo e o volume de produção. (Correspondente ao ponto P)
Decrescente	DMU tecnicamente eficiente, porém operando acima da escala ótima. Mantendo-se essa situação, o aumento da produção se dará a custos crescentes. Uma alternativa é reduzir o tamanho da produção das DMUs, utilizando mais unidades, porém menores. Note que essas unidades menores devem operar utilizando a mesma proporção entre produto e insumos. Outra alternativa para crescer a produção seria a adoção de políticas qualitativas, ou seja, o aumento da produtividade dos fatores possibilitaria o crescimento da produção sem a necessidade de se utilizar mais insumos. (Correspondente ao ponto Q_v)	Nesta situação, a DMU está operando acima da escala ótima e tem ineficiência técnica. É preciso corrigir os dois problemas. Para aumentar a eficiência técnica, deve-se eliminar os insumos que estão sendo utilizados em excesso, o que equivale a produzir mais utilizando os mesmos insumos. Com relação ao problema de escala, pode-se simplesmente reduzir a produção em cada DMU, utilizando um número maior de DMUs menores para produzir a mesma quantidade anterior. Pode-se, ainda, melhorar a tecnologia, aumentando a produtividade dos fatores de produção. (Correspondente ao ponto Q)

FONTE: Elaboração dos autores.

Assim, a DMU operando com retornos crescentes está abaixo da escala ótima, necessitando expandir a produção. Já a operação com retornos decrescentes implica uma situação acima da escala ótima, indicando necessidade de reduzir o volume produzido ou melhorar a tecnologia, ou seja, deslocar a fronteira de produção (ajustes qualitativos). Assim, podem ocorrer seis situações distintas, conforme Quadro 1. Cada situação reflete uma possível combinação de insumo e produto da DMU, conforme Figura 1.

2.5 Fonte de dados

Os dados utilizados foram extraídos das tabelas de insumo-produto e das contas econômicas integradas do Rio Grande do Sul, do ano de 1998, fornecidas pela Fundação de Economia e Estatística (FEE). As informações utilizadas são a preços básicos e encontram-se em milhões de reais de 1998. Para a compilação das matrizes e obtenção dos valores de exportação e importação, adotou-se o modelo de tecnologia do setor (Ramos, 1996), cuja hipótese central é que a tecnologia para a produção de bens é determinada pela atividade que os produz. A agregação setorial utilizada é mostrada no Quadro 2.

Quadro 2 – Agregação setorial utilizada na metodologia apresentada.

Setores	Agregação
01 Agropecuária	Agricultura
02 Indústrias metalúrgicas	Indústria
03 Máquinas e tratores	Indústria
04 Material elétrico e eletrônico	Indústria
05 Material de transporte	Indústria
06 Madeira e mobiliário	Agroindústria
07 Papel e gráfica	Indústria
08 Indústria química	Indústria
09 Indústria Petroquímica	Indústria
10 Calçados, couros e peles	Agroindústria
11 Beneficiamento de produtos vegetais	Agroindústria
12 Indústria do fumo	Agroindústria
13 Abate de animais	Agroindústria
14 Indústria de laticínios	Agroindústria
15 Fabricação de óleos vegetais	Agroindústria
16 Demais indústrias alimentares	Agroindústria
17 Demais indústrias	Indústria
18 Serviços industriais de utilidade pública	Serviços
19 Construção civil	Indústria
20 Comércio	Serviços
21 Transportes	Serviços
22 Comunicações	Serviços
23 Instituições financeiras	Serviços
24 Serviços prestados às famílias e empresas	Serviços
25 Aluguel de imóveis	Serviços
26 Administração pública	Serviços
27 Serviços privados não-mercantis	Serviços

FONTE: Elaboração dos autores.

Para a análise da eficiência dos recursos produtivos dos setores do estado do Rio Grande do Sul, através do modelo *Data Envelopment Analysis* (DEA), utilizou-se um produto (Valor Bruto da Produção) e oito insumos (consumo intermediário dos setores de agropecuária e agroindústria; consumo intermediário dos setores de comércio e transporte; consumo intermediário do setor financeiro; consumo intermediário dos setores industriais; consumo intermediário dos setores de serviços; importação interestadual e internacional; impostos sobre produtos nacionais e importados e salários).

3 Resultados

Com base no modelo DEA, obtêm-se os resultados sobre a eficiência técnica (retornos constantes e variáveis), a eficiência de escala e o tipo de retorno, mostrados na Tabela 2. Como salientado na metodologia, os valores de eficiência técnica podem ser decompostos em eficiência de escala e eficiência técnica pura. Para tanto, conduz-se o procedimento de retornos constantes e retornos variáveis ao mesmo conjunto de dados. A eficiência de escala é calculada pela diferença entre os valores das eficiências técnicas com retornos variáveis e com retornos constantes. Para ambos os casos, valores iguais a um indicam melhor desempenho e, quanto mais próximo de zero, maior o grau de ineficiência.

Vale salientar que, numa comparação entre setores de uma economia, as medidas de eficiência relativa são em relação aos recursos da sociedade como um todo.

A coluna 3 da Tabela 2, que mostra os índices de eficiência técnica sob retornos constantes à escala, revela que dos oito setores da agroindústria, quatro possuem máxima eficiência técnica e que, dos nove setores de serviços, seis possuem máxima eficiência técnica. Nem a agricultura, nem as nove indústrias gaúchas tiveram eficiência técnica máxima, com base no modelo de retornos constantes, que incorpora, como dito, rendimentos de escala. Vale dizer que os setores de eficiência técnica abaixo de um, sob rendimentos constantes, revelam ineficiências que podem ser tanto de escala quanto técnicas. Na coluna 4 da Tabela 2, podem-se observar os índices de eficiência técnica pura. Assim, os

índices de eficiência técnica sob retornos variáveis revelam que, sem rendimentos de escala, a agricultura possui máxima eficiência, além de 4 setores da agroindústria, 5 setores da indústria, juntamente com 8 setores de serviços.

Tabela 2 – Medidas de eficiência e tipo de retorno à escala dos setores econômicos do RS

Especificação	Agregação	Ef. Técnica (retornos constantes)	Ef. Técnica (retornos variáveis)	Eficiência de escala	Tipo de retorno	Ponto na Figura 1
12 Indústria do fumo	AI	1,000	1,000	1,000	Constante	R _C
13 Abate de animais	AI	1,000	1,000	1,000	Constante	R _C
14 Indústria de laticínios	AI	1,000	1,000	1,000	Constante	R _C
15 Fabricação de óleos vegetais	AI	1,000	1,000	1,000	Constante	R _C
18 Serv. Industr. utilidade pública	S	1,000	1,000	1,000	Constante	R _C
23 Instituições financeiras	S	1,000	1,000	1,000	Constante	R _C
24 Serviços às famílias e empresas	S	1,000	1,000	1,000	Constante	R _C
25 Aluguel de imóveis	S	1,000	1,000	1,000	Constante	R _C
26 Administração pública	S	1,000	1,000	1,000	Constante	R _C
27 Serviços privados não-mercantis	S	1,000	1,000	1,000	Constante	R _C
07 Papel e gráfica	I	0,886	1,000	0,886	Crescente	P _V
09 Indústria Petroquímica	I	0,834	1,000	0,834	Crescente	P _V
22 Comunicações	S	0,819	1,000	0,819	Crescente	P _V
05 Material de transporte	I	0,669	1,000	0,669	Crescente	P _V
04 Material elétrico e eletrônico	I	0,613	1,000	0,613	Crescente	P _V
08 Indústria química	I	0,561	1,000	0,561	Crescente	P _V
01 Agropecuária	A	0,830	1,000	0,830	Decrescente	Q _V
20 Comércio	S	0,620	1,000	0,620	Decrescente	Q _V
19 Construção civil	I	0,999	0,999	1,000	Constante	R
10 Calçados, couros e peles	AI	0,888	0,888	1,000	Constante	R
17 Demais indústrias	I	0,709	0,709	1,000	Constante	R
21 Transportes	S	0,443	0,443	1,000	Constante	R
06 Madeira e mobiliário	AI	0,945	0,974	0,970	Crescente	P
16 Demais indústrias alimentares	AI	0,934	0,940	0,994	Crescente	P
03 Máquinas e tratores	I	0,710	0,768	0,924	Crescente	P
02 Indústrias metalúrgicas	I	0,705	0,817	0,863	Crescente	P
11 Benefic. de produtos vegetais	AI	0,939	0,970	0,968	Decrescente	Q
Média	–	0,837	0,933	0,897	–	–

FONTE: Dados da pesquisa.

As colunas 5 e 6 mostram os índices de eficiência de escala e o tipo de retorno de produção. A coluna 7 mostra o ponto de referência em que o setor se encontra, ilustrados na Figura 1 da metodologia. Os setores da economia gaúcha foram ordenados conforme as seis situações possíveis.

Dos 27 setores da economia gaúcha, 10 foram classificados, segundo a metodologia DEA, como eficientes técnica-

mente e em escala, operando no ponto Rc da Figura 1. Os quatro setores da agroindústria são: Indústria do Fumo, Abate de Animais, Indústria de Laticínios, e Fabricação de Óleos Vegetais. Já os seis setores de serviços são: Serviços Industriais de Utilidade Pública, Instituições financeiras, Serviços prestados às Famílias e às Empresas, Aluguéis de imóveis, Administração Pública e Serviços Privados não Mercantis. Isso quer dizer que esses setores, comparados ao resto da economia, maximizam a produção com a menor proporção de (entre os) insumos - tecnicamente eficiente e, ainda, utilizam o nível adequado de insumos relacionado ao nível de produto - eficiência de escala, ou seja, não podem aumentar sua eficiência alterando o nível utilizado dos insumos de produção.

Cabe lembrar que o presente trabalho faz uma comparação da eficiência no uso de insumos do ponto de vista setorial, em que se observam apenas as médias das empresas, de forma agregada, tanto da combinação entre os insumos - eficiência técnica - quanto da relação e/ou proporção do nível de insumos com o nível de produtos - eficiência de escala. Assim, do ponto de vista da empresa, o tipo de retorno que indica uma escala ótima de produção é chamado de retornos constantes. Essa é a escala ótima de operação. Em termos setoriais, indica que, para se aumentar a produção, dever-se-ia replicar a mesma combinação tecnológica, de transformação de insumo em produtos, existente. Retornos de escala crescentes indicam que, aumentando o tamanho das empresas que compõem o setor, aumentará a performance das mesmas, com redução dos custos de produção. Indica também que as empresas que fazem parte de uma indústria qualquer, comparadas com as de outro setor da economia mais eficiente em escala, deveriam aumentar sua produção, de forma a obter desempenhos semelhantes, ou seja, dever-se-ia aumentar o índice de eficiência técnica através do aumento no nível de utilização de fatores de produção, de forma que as produtividades marginais dos diferentes setores da economia converjam para um mesmo nível de eficiência econômica. Já retornos decrescentes indicam que se pode manter a produção utilizando um nível menor de insumos, ou, por outro lado, aumentar o valor da produção, mantendo-se

constante o nível dos fatores de produção. Isso indica a aplicação de recursos da sociedade obtém uma menor eficiência nesses setores, já que poderiam ser aplicados em investimentos alternativos e com os mesmos recursos gastos obter um maior retorno com maiores valores da produção.

Dito isso, pode-se observar, na Tabela 2, que existem oito setores da economia gaúcha que são tecnicamente eficientes, mas estão na escala incorretas. Seis setores apresentam um retorno crescente, operando no ponto Pv da Figura 1, e dois setores apresentam um retorno decrescente, operando no ponto Qv. Dos setores que operam no ponto Pv, com eficiência técnica e ineficiências de escala devido a retornos crescentes, cinco pertencem à indústria (Material Elétrico e Eletrônico, Material de transporte, Papel e Gráfica, Indústria Química e Indústria Petroquímica) e um pertence ao setor de serviços (Comunicações). Isso indica que as empresas que fazem parte desses setores, de forma agregada, comparadas com as de outros setores da economia mais eficientes em escala, deveriam aumentar sua produção aumentando o nível de utilização de insumos de forma a obter desempenhos semelhantes. Pode-se dizer que, nesses setores, deveria haver um investimento adicional em capital de giro para aquisição de mais insumos, para aumentar a eficiência produtiva, num nível de produção maior, quando o objetivo é maximizar a transformação de insumos em produtos para o estado como um todo.

Dois setores operam no ponto Qv, com eficiência técnica e ineficiência de escala devido a retornos decrescentes – a Agropecuária e o Comércio. Isso indica que esses setores podem manter a produção utilizando um nível menor de insumos, ou aumentar o valor da produção, mantendo-se constante o nível dos fatores de produção. Ou seja, as firmas que compõem esses setores, quando comparados ao resto da economia, estão operando acima da escala ótima, sendo que, mantendo-se essa situação, um aumento de produção só será possível a custos sociais crescentes. As alternativas para o crescimento são utilizar mais unidades produtivas de tamanhos menores e/ou adotar políticas qualitativas para aumentar a produtividade de forma a obter mais produção sem a necessidade de se utilizar mais insumos.

Os últimos setores a serem analisados não obtiveram máxima eficiência técnica “pura”, significando que poderiam reduzir o uso dos recursos disponíveis da sociedade, liberando-os para os setores de máxima eficiência, induzindo, assim, o aumento da produção estadual, com a utilização dos recursos já existentes, ou seja, esses setores, para obter uma unidade de produto, utilizam um excesso de insumos quando se comparam sua performance com as performances dos outros setores da economia.

Quatro setores apesar da ineficiência técnica, do ponto de vista social, possuem uma escala de operação ótima, ou seja, maximizam a relação insumo-produto, mas com combinações mais ineficientes entre os insumos utilizados. Esses setores estão operando no ponto R da Figura 1. São eles: Calçados, Couros e Peles; Demais Indústrias; Construção civil; e Transporte. Essa é uma situação interessante, pois, apesar de estarem operando na escala ótima, existe ineficiência técnica. Isso significa que se deveria reduzir o uso dos insumos e continuar produzindo a mesma quantidade, ou, de maneira equivalente, a produção deveria crescer utilizando-se os mesmos insumos. Eliminando as ineficiências técnicas do ponto de vista social, os setores se tornariam eficientes com retornos constantes.

Existem quatro setores que apresentam além da ineficiência técnica, retornos crescentes de escala, operando no ponto P da Figura 1. Dois pertencem à agroindústria (Madeira e Mobiliário e Demais indústrias Alimentares) e dois, à indústria (Indústrias Metalúrgicas e Máquinas e tratores). Os setores industriais apresentam índices de eficiências piores que os setores agroindustriais. A ineficiência de escala ocorre porque os setores estão operando abaixo da escala ótima. Para aumentar a eficiência técnica, é preciso eliminar os excessos de uso nos insumos e, para operar em escala ótima, é necessário aumentar a produção. Em síntese, esses setores, quando comparados com a performance dos outros setores econômicos, devem aumentar a produção, porém esse aumento deve ocorrer reduzindo as relações entre quantidades utilizadas de insumo e o volume de produção.

Por fim, existe um setor da agroindústria, Beneficiamento de produtos Vegetais, que, além da ineficiência técnica, ope-

ra com escala de retornos decrescentes, situando-se no ponto Q da Figura 1, ou seja, esse setor está operando acima da escala ótima e tem ineficiência técnica. Para aumentar a eficiência técnica, devem-se eliminar os insumos que estão sendo utilizados em excesso, o que equivale a produzir mais utilizando os mesmos insumos. Com relação ao problema de escala, pode-se simplesmente reduzir a produção em cada empresa que compõe o setor, utilizando um número maior de empresa de tamanho menor para produzir a mesma quantidade anterior. Pode-se, ainda, melhorar a tecnologia, aumentando a produtividade dos insumos utilizados. Observa-se, no entanto, que Beneficiamento de Produtos Vegetais apresenta uma eficiência técnica e de escala superior à média estadual, estando entre os mais eficientes na sua função de transformar capital (insumos) em mais capital (produtos).

Deve-se salientar que esses diagnósticos de ação com o objetivo de se corrigir as ineficiências são do ponto de vista social e não necessariamente do ponto de vista de cada setor individualmente. Deve-se avançar essa linha de pesquisa com analogias à literatura da economia industrial, associando-se as estruturas de mercado que prevalecem nesses setores econômicos. Assim, sabe-se que, em mercados de concorrência monopolística, a diferenciação do produto leva a empresa a operar com excesso de capacidade produtiva, operando antes do ponto da escala ótima de produção. A ineficiência produtiva, do ponto de vista social, ocorre sempre que existe a possibilidade de as empresas exercerem um certo poder de mercado. Sabe-se também que no equilíbrio, com poucas empresas dominando o mercado, o resultado esperado de mercado tende, para a ineficiência produtiva (preço menor que o custo total médio mínimo de longo prazo), à ineficiência alocativa (preço maior que o custo marginal).

Uma extensão do presente trabalho deve ser também a comparação dos indicadores obtidos com base nos dados da matriz de insumo-produto do RS, com dados de matrizes de insumo-produto de outros Estados, de forma a verificar se existe um padrão setorial semelhante. Outra variante de análise a ser desenvolvida é a comparação de performances de setores semelhantes, por exemplo, Beneficiamento de Produtos Vegetais, em diferentes estados da federação, de forma a

verificar se existem vantagens comparativas em termos regionais.

No entanto, a comparação da eficiência de diferentes setores de uma economia, por meio da metodologia do DEA, traz a luz a existência dos custos de oportunidade que existem na alocação dos recursos escassos da sociedade e indica que se pode priorizar os investimentos em setores que melhor utilizam os insumos disponíveis para a transformação em produtos úteis e que podem ser transacionados com outros estados e com o exterior. A Tabela 3 revela as medidas de eficiência para a média dos setores.

Tabela 3 – Medidas de eficiência média para os grupos de setores da economia do RS

Especificação	Eficiência técnica Retornos constantes	Eficiência técnica Retornos variáveis	Eficiência de escala
Agropecuária	0,8300	1,0000	0,8300
Agroindústria	0,9624	0,9708	0,9914
Indústria	0,7319	0,9138	0,8009
Serviços	0,8472	0,9135	0,9275

FONTE: Dados da pesquisa.

Em termos comparativos, a Agropecuária é a parte da economia com máxima eficiência técnica pura, seguida pela Agroindústria, pela indústria e pelos setores de serviços. Com relação à escala, os setores de melhor desempenho pertencem a agroindústria, seguida pelos setores de serviços, pela agropecuária e pelos setores industriais.

As Tabelas 4 e 5 mostram uma simulação dos ganhos econômicos que poderiam ocorrer numa situação hipotética de realocação dos recursos da economia, dos setores menos eficientes na transformação de capital (insumos) em mais capital (produtos), para aqueles mais eficientes, considerando apenas as ineficiências técnicas puras.

Os resultados da simulação, com orientação insumo, ou seja, redução das ineficiências com redução do uso dos insumos mantendo constante a volume de produção, são observados na Tabela 4. Eles revelam que, em termos agregados, para manter o mesmo VBP estadual, com a mesma efi-

ciência no uso dos insumos disponíveis em todos os setores da economia, dever-se-ia promover uma redução dos gastos com a agroindústria em 30,14%, de 37,65% com a Indústria e de 11,02% com os serviços.

Tabela 4 – Valor gasto, por agregados, com insumos atual e projetado, mantendo-se a mesma produção – orientação insumo (em milhões de R\$)

Especificação	Gasto atual	Gasto projetado	Redução possível (%)
Agropecuária	5.355	5.355	0,00
Agroindústria	13.087	9.143	30,14
Indústria	19.174	11.956	37,65
Serviços	33.255	29.590	11,02

FONTE: Dados da pesquisa.

Tabela 5 – Valor bruto da produção atual e projetado, mantendo-se a mesma quantidade de insumos – orientação produto (em milhões de R\$)

Especificação	VBP atual	VBP projetado	Aumento possível (%)
Agropecuária	9.378	9.378	0,00
Agroindústria	15.865	16.624	4,78
Indústria	25.009	28.293	13,13
Serviços	49.083	52.653	7,27

FONTE: Dados da pesquisa.

Por outro lado, a Tabela 5 mostra os resultados da simulação, com orientação produto, ou seja, eliminar as ineficiências com aumento da produção, mantendo constante o uso dos insumos. Essa tabela mostra que, para a convergência de eficiência econômica entre os setores, a Agroindústria deveria aumentar sua produção, mantendo constante o uso dos insumos, em 4,78%; a indústria deveria aumentar o valor da produção em 13,73%, e o setor de serviços deveria aumentar o valor da produção em 7,29%. Vale ressaltar que o aumento do Valor Bruto da Produção pode vir de duas fontes: aumento do preço do produto e aumentos de produtividade. Essas duas simulações mostram o potencial de economia de recursos para a sociedade com a eliminação das ineficiências técnicas de produção. Esses recursos poderiam ser utilizados para novos investimentos nos próprios setores ou em outras atividades produtivas.

5 Conclusão

O artigo discute as diferenças de performance produtiva entre 27 setores do Rio Grande do Sul, com base na metodologia Análise Envoltória de Dados (DEA) utilizando-se os dados das tabelas de insumo-produto e das contas econômicas integradas do Rio Grande do Sul do ano de 1998, fornecidas pela Fundação de Economia e Estatística (FEE).

Os resultados indicam quais setores possuem maior eficiência na transformação de capital (insumos) em mais capital (produtos), de forma a orientar os agentes produtivos na busca contínua da melhor alocação dos fatores de produção. Os setores produtivos do Rio Grande do Sul foram agrupados em seis grupos diferenciados com base na eficiência técnica – eficientes e ineficientes, e na escala de produção – retornos constantes, crescentes e decrescentes. Para cada situação foram sugeridas ações de forma a corrigir problemas e levar os setores a terem desempenhos semelhantes, maximizando a eficiência do ponto de vista social.

O presente trabalho traz desdobramentos aos estudos sobre a dinâmica do crescimento econômico, superando o marco estático da análise de insumo-produto.

Nesse sentido, salienta-se que esses diagnósticos de ação, com o objetivo de se corrigir as ineficiências, são do ponto de vista da sociedade como um todo, não necessariamente do ponto de vista de cada setor individualmente. Assim, deve-se avançar essa linha de pesquisa com analogias à literatura da economia industrial, associando-se as estruturas de mercado que prevalecem nesses setores econômicos. Assim, sabe-se que em mercados de concorrência monopolística, a diferenciação do produto leva a empresa a operar com excesso de capacidade produtiva, operando antes do ponto da escala ótima de produção. A ineficiência produtiva, do ponto de vista social, ocorre sempre que existe a possibilidade de as empresas exercerem um certo poder de mercado. Sabe-se também que, no equilíbrio de mercado, com poucas empresas dominando, o resultado esperado de mercado tende, para além da ineficiência produtiva (preço menor que o custo total médio mínimo de longo prazo), à ineficiência alocativa (preço maior que o custo marginal).

Outra extensão do presente trabalho deve ser também a comparação dos indicadores obtidos com base nos dados da matriz de insumo-produto do Rio Grande do Sul, com dados de matrizes de insumo-produto de outros estados da federação, de forma a verificar se existe um padrão setorial semelhante. Outra variante de análise a ser desenvolvida é a comparação de performances de setores semelhantes, por exemplo, Beneficiamento de Produtos Vegetais, em diferentes estados da federação, de forma a verificar se existem vantagens comparativas em termos regionais.

No entanto, a comparação da eficiência de diferentes setores de uma economia, por meio da metodologia do DEA, traz a luz a existência dos custos de oportunidade que existem na alocação dos recursos escassos da sociedade e indicam que se pode priorizar os investimentos em setores que melhor utilizam os insumos disponíveis para a transformação em produtos úteis e que podem ser transacionados com outros estados e com o exterior.

6 Referências

- BANKER, R. D.; CHARNES, H.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, n. 2, p. 429-444, 1978.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. *Data envelopment analysis: theory, methodology, and application*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994.
- COELLI, T. J.; RAO, P.; BATTESE, G. E. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software*. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2000. 318 p.
- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LOVELL, C. A. K. *Production frontiers*. Cambridge: Cambridge University, 1994. 295 p.
- HULTEN, C. R. *Total factor productivity: a short biography*. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2000. 75 p. (Working Paper, 7471).

LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. *Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à tomada de decisão*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.

RAMOS, R. L. O. *Metodologia para o cálculo de coeficientes técnicos diretos em um modelo de insumo-produto*. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. p. 94. (Texto para discussão, n. 83).