

# EFICIÊNCIA TÉCNICA DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA NAS REGIÕES DO RIO GRANDE DO SUL DE 1975 A 2006

Augusto Mussi Alvim<sup>1</sup>  
Valter José Stulp<sup>2</sup>

Este estudo analisa a eficiência técnica global da produção agropecuária nas regiões do Rio Grande do Sul (RS). Os dados utilizados são do Censo Agrícola do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1975, 1995/1996 e 2006. Na primeira parte é determinada a eficiência técnica global a partir da Análise Envoltória de Dados – *Data Envelopment Analysis* (DEA). Na segunda é estimada uma regressão a partir do modelo Tobit, a fim de determinar as variáveis explicativas que tiveram maior impacto na (in)eficiência técnica global em cada época. No período de 1975 a 2006 a mudança na estrutura de produção pode ter sido um dos fatores que possibilitou as regiões do Rio Grande do Sul a manter ou incrementar o nível de eficiência. O estudo mostra que as regiões eficientes aumentaram a participação do valor das lavouras permanentes, da produção dos pequenos animais e aves, dos animais de médio porte e da silvicultura no valor total da produção agropecuária.

**Palavras-chave:** eficiência técnica; DEA; modelo Tobit; agropecuária.

## TECHNICAL EFFICIENCY OF AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE REGIONS OF RIO GRANDE DO SUL, 1975 TO 2006

The study analyses the evolution of the technical efficiency in the agricultural sector of the regions of Rio Grande do Sul, between 1975 and 2006. The data used are from the agricultural census of 1975, 1995/96 and 2006 available from IBGE. The method used to estimate the regional technical efficiency is the Data Envelopment Analysis (DEA). In a second step the statistical regression method Tobit was used to determine the explanatory variables of the technical efficiency of each period. From 1975 to 2006 the change in the structure of production could have been one of the factors that permitted a region to remain efficient or augment its efficiency. The results show that the increase in the participation in the total value of agricultural sector product of the permanent crops, small and medium size animals and cultivated forestry contributed to the efficiency of the regions.

**Keywords:** technical efficiency; DEA; Tobit model; agriculture.

## EFICIENCIA TÉCNICA DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LAS REGIONES DE RIO GRANDE DO SUL, 1975 A 2006

El estudio analiza la eficiencia técnica en las regiones de producción agrícola de Rio Grande do Sul (RS). Los datos utilizados proceden del Censo Agropecuario IBGE 1975, 1995/96 y 2006. En la primera parte, la eficiencia técnica se determina a partir del Análisis Envoltorio de Datos

---

1. Doutor em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e professor do Departamento de Economia e do Programa de pós-Graduação em Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). *E-mail:* augusto.alvim@pucrs.br.

2. Doutor em Economia Agrícola e professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). *E-mail:* vstulp@terra.com.br.

(*Data Envelopment Analysis* – DEA). En la segunda, la regresión se calcula a partir del modelo Tobit para determinar las variables explicativas de la eficiencia técnica en cada período. En el período 1975-2006 la estructura cambiante de la producción puede haber sido uno de los factores que permitieron a las regiones del estado para mantener o incrementar el nivel de eficiencia técnica. El estudio muestra que las regiones eficientes aumentaron su participación en el valor de los cultivos permanentes, la producción de pequeños y medios animales y la silvicultura en el valor total de la producción agrícola.

**Palabras-clave:** eficiencia técnica; DEA; modelo Tobit; agricultura.

## EFFICACITÉ TECHNIQUE DE LA PRODUCTION AGRICOLE ET DE BÉTAIL DANS LES RÉGIONS DU RIO GRANDE DO SUL DE 1975 À 2006

Résumé: L'étude analyse l'efficacité technique dans la production agricole et de bétail dans les régions du Rio Grande do Sul (RS). Les données utilisées sont du recensement agricole du IBGE de 1975, 1995/96 et 2006. Dans la première partie on détermine l'efficacité technique à partir de l'analyse d'enveloppement des données (*Data Envelopment Analysis* – DEA). Dans la seconde partie on estime une régression à partir du modèle Tobit pour déterminer les variables explicatives de l'efficacité technique dans chaque période. Dans la période de 1975 à 2006 le changement dans la structure de production peut avoir été un des facteurs qui a rendu possible aux régions de maintenir ou augmenter le niveau d'efficacité technique. L'étude montre que les régions efficaces ont augmenté la participation du valeurs des plantations permanentes, de la production de petits animaux et oiseaux, des animaux de taille moyenne et de la foresterie dans la valeur total de la production agricole et de bétail.

**Mots-clés:** efficacité technique; DEA; modèle Tobit; agriculture.

**JEL:** Q12.

### 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e da renda em nível mundial, a demanda por alimentos cresce especialmente no Brasil, estimulando a expansão das exportações brasileiras de produtos agropecuários e contribuindo para a geração de divisas externas. Para que a economia possa se favorecer deste crescimento, é necessário que o setor agropecuário responda com a expansão da oferta.

No Brasil, essa elevação da produção agropecuária ainda é possível pelo aumento da área cultivada. No Rio Grande do Sul, onde a área disponível para plantio está no seu limite máximo, não há possibilidade de um aumento significativo da produção agropecuária por meio do aumento de área, o que exige uma maior atenção na gestão dos recursos disponíveis.

O crescimento da produção agropecuária no estado pode ser estimulado pelo maior uso de fatores de produção (tratores, fertilizantes, defensivos e sementes), pelo estímulo à inovação e à adoção de novas tecnologias e pelo uso mais eficiente dos recursos disponíveis. O maior uso de fatores variáveis, com a adoção de novas tecnologias, impacta sobre a produtividade dos fatores terra e mão de obra e,

consequentemente, sobre a eficiência técnica. No estudo de Gasques *et al.* (2004), os autores debateram a importância de uma avaliação da produtividade total dos fatores, na qual a tecnologia e a difusão de inovações possuem papel decisivo no desempenho dos agricultores.

Cabe ainda destacar as peculiaridades existentes na tecnologia empregada na agricultura. Vieira e Silveira (2012) debatem sobre as diferenças tecnológicas existentes na agricultura, principalmente entre a dita tradicional e a moderna. Segundo eles, esta diferença pode ocorrer entre agricultores, regiões e/ou produtos.

Nesse contexto, quando avaliada, a produção deve ser considerada a eficiência técnica como forma de melhorar o uso dos seguintes fatores: terra, mão de obra, tratores e despesas. Este artigo faz parte de uma série de estudos que analisam a agricultura do Rio Grande do Sul a partir dos dados censitários de 1970 a 2006. Neste estudo, o objetivo é analisar a eficiência técnica global da produção agropecuária neste estado nos anos 1975, 1995/1996 e 2006, identificando as variáveis determinantes no processo.

Para atingir esse objetivo, inicialmente são apresentados os principais estudos que tratam sobre a eficiência técnica na agricultura. A seguir são apresentados os modelos de Análise Envolvória de Dados e de regressão Tobit e, por fim, os resultados e as principais conclusões do estudo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção são apresentados os estudos que abordam as questões relativas à avaliação da atividade agropecuária, da eficiência técnica e das principais variáveis que explicam o crescimento da produção. Farrel (1957) define a eficiência econômica de uma firma como a combinação de dois componentes: eficiência técnica e eficiência alocativa. Enquanto a primeira avalia a produtividade total dos fatores e identifica a habilidade dos agricultores em produzir ao máximo, dado um conjunto de fatores de produção, a segunda avalia a eficiência na combinação de diferentes fatores de produção, levando em conta os preços dos fatores.

Segundo Farrel (1957), a eficiência técnica ou produtiva pode ser medida comparando o produto ótimo (eficiente) com o observado (efetivo). O conjunto dos valores eficientes é organizado na forma de uma fronteira de produção, que representa o comportamento médio tecnológico de uma determinada atividade.

As medidas de eficiência para o caso de múltiplos insumos e produtos foram desenvolvidas inicialmente por Farrel e Fieldhouse (1962), que calcularam uma Unidade Tomadora de Decisão (UTD) eficiente “virtual” a partir de uma média ponderada de unidades eficientes, utilizada para comparar o nível ótimo com o nível observado das demais UTDs.

Várias técnicas têm sido utilizadas para estimar as fronteiras de produção, as quais diferem em termos de especificação paramétricas e não paramétricas; em termos de cálculo em programação matemática ou econométrica; e em termos de interpretação dos desvios da fronteira como ineficiente, ou a combinação entre ineficiência e ruído estatístico (Wu e Prato, 2006).

A seguir são apresentados os principais estudos que avaliam a eficiência técnica na agricultura e utilizaram destes conceitos e técnicas para explicar o crescimento da produção agrícola em diferentes regiões e períodos.

Sobre este tema, Fulginiti e Perrin (1998) discutem a importância da expansão do uso dos insumos e do desenvolvimento tecnológico para o crescimento do produto agrícola. Estes autores, com base em dados de dezoito países em desenvolvimento referentes ao período de 1961 a 1985, mostraram que o crescimento da produção agrícola deve-se a mudanças nas quantidades dos fatores de produção e/ou a mudanças técnicas.

Os autores citados destacam que o aumento no produto ocorreu, em maior parte, pelas mudanças nas quantidades dos fatores, e não pelas mudanças técnicas. Neste sentido, os valores médios nos dezoito países devido ao aumento de cada fator sobre o crescimento total da produção, são os seguintes: terra (5%); rebanho (11%); máquinas (47%); fertilizantes (35%); e mão de obra (2%). Com relação ao Brasil, esses mesmos autores mostram que os valores da contribuição pertinentes ao aumento de cada fator sobre o crescimento da produção, imputado ao conjunto dos fatores, são os seguintes: terra (1%); rebanho (35%); máquinas (28%); fertilizantes (40%); e mão de obra (-4%).

Chavas, Chambers e Pope (2010, p. 366) afirmam que no século passado o setor agrícola passou por transformações significativas, especialmente nos países desenvolvidos. Estas incluem a emigração da mão de obra, a mecanização, a variação no tamanho dos estabelecimentos rurais e o progresso tecnológico.

Ruttan (2002) menciona que, quando as tecnologias agrícolas desenvolvidas e aplicadas são endógenas ao sistema econômico, elas visam facilitar a substituição de recursos escassos e caros pelos mais abundantes e baratos. Assim, a tecnologia mecânica conduz à substituição da mão de obra, quando esta se torna mais escassa e cara, pela força motriz. A tecnologia biológica e química conduz a substituição da terra por insumos industriais, como calcário e fertilizante. No caso do Brasil, o calcário teria sido utilizado para corrigir a acidez dos solos, contribuindo para a elevação da produtividade da terra.

Os estudos acima mostram que quando a mão de obra e a terra se tornam escassos para o aumento da produção agrícola, são desenvolvidas novas tecnologias que possibilitam a substituição da primeira por máquinas, e da segunda por insumos industriais, como calcário e fertilizante.

Barrett, Carter e Timmer (2010) comentam sobre quais são os produtores agrícolas que adotaram primeiro uma nova tecnologia, a qual favorece estes em detrimento dos últimos. Os primeiros adotantes são os que têm mais a ganhar, com o menor custo de acesso, assim como possuem menos incertezas em relação à nova tecnologia. Segundo estes autores, os grandes proprietários rurais adotam a nova tecnologia antes dos pequenos pelas seguintes razões: acesso mais fácil ao crédito; maior capacidade de enfrentar o risco; menor custo do capital adquirido por unidade de produto; maior nível de instrução; e por receberem visitas mais frequentes dos agentes de extensão.

Ainda segundo Barrett, Carter e Timmer (2010), no caso em que fatores políticos atuem sobre a geração de uma nova tecnologia, grupos de grandes produtores podem ter maiores influências, direcionando-a em benefício próprio. Assim, estes fatores são a riqueza, o nível educacional e as relações sociais.

Ferreira Filho e Pereira Filho (2003) recomendam aos formuladores de política agrícola que exista uma realocação dos recursos escassos para vencer os obstáculos, objetivando maior eficiência técnica, por meio da melhora dos serviços de educação e extensão ao produtor rural, enquanto se processasse, também, uma reforma agrária. Neste sentido, a identificação das fontes de ineficiência e dos usos mais eficientes da tecnologia disponível é fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas e iniciativas privadas destinadas a melhorar as condições de vida dos produtores agrícolas, principalmente dos pequenos.

Os mesmos autores avaliaram a eficiência técnica de escala, alocativa e total ou econômica de 44 produtores agrícolas do Recôncavo da Bahia e concluíram que 84% dos produtores eram tecnicamente eficientes, 80% eram eficientes de escala e somente 25% eram alocativamente eficientes. Assim, eles verificaram que 78,4%, 12,6% e 9,0% da ineficiência econômica são devidos, respectivamente, à ineficiência alocativa, de escala e técnica e concluíram que os produtores analisados são, na grande maioria, tecnicamente eficientes, estando perto ou na fronteira de produção da tecnologia atual. Portanto, a maneira de aumentar a produtividade marginal por meios técnicos somente é possível mediante mudança tecnológica.

Arnade (1998) analisou a evolução da eficiência técnica e da produtividade total dos fatores de produção do setor agrícola de setenta países no período de 1961 a 1993. A eficiência técnica foi estimada pelo método de Análise Envoltória de Dados, também conhecido como DEA (*Data Envelopment Analysis*). Por meio do índice de Malmquist foi estimada a evolução da produtividade resultante da mudança tecnológica e a resultante de variações na eficiência técnica. Os resultados mostram que nos países desenvolvidos a agricultura é eficiente e a produtividade dos fatores tem aumentado; nos em desenvolvimento, porém, a agricultura permanece ineficiente e a

produtividade total dos fatores tem decrescido. Nestes países, o produto agrícola tem aumentado devido a substanciais elevações na utilização de máquinas e fertilizantes, e não como resultado da elevação da produtividade.

Chavas, Petrie e Roth (2005) consideraram a eficiência técnica, alocativa e de escala de um grupo de produtores rurais do Gâmbia. Eles incluíram na renda advinda da exploração agrícola, também, aquela resultante do emprego de membros da família fora da propriedade familiar. Os custos médios por propriedade rural, resultantes da ineficiência técnica e de escala, seriam baixos: 5% e 12%, respectivamente. Porém, o custo médio por propriedade resultante da ineficiência alocativa seria de 43% da renda. Por meio de um modelo Tobit, os autores constataram que grande parte da ineficiência alocativa era devida às imperfeições existentes nos mercados do capital e da mão de obra. Com as dificuldades para conseguir crédito, o produtor procuraria realizar tarefas fora da propriedade para suprir as necessidades de capital. As tarefas na propriedade seriam alocadas às mulheres, que enfrentariam restrições institucionais para assumir certas funções.

Coelli, Rahman e Thirtle (2002) analisaram a eficiência técnica, de escala, alocativa e econômica de 406 propriedades produtoras de arroz de Bangladesh, por meio do modelo DEA. Pela regressão, com o uso do modelo Tobit, procuraram explicações para os índices de eficiência das propriedades rurais e observaram que as famílias grandes têm maior probabilidade de serem ineficientes, indicando dificuldade para encontrarem emprego fora da propriedade. Os proprietários que têm melhor acesso aos mercados de insumos e os que exercem menos tarefas fora da propriedade tendem a ser mais eficientes. Idade, educação, experiência, fertilidade do solo, serviços de extensão e treinamento apresentaram menor influência sobre os índices de eficiência.

Já Dhungana, Nuthall e Nartea (2004) avaliaram a eficiência técnica, de escala, alocativa e econômica de 76 produtores de arroz do Nepal, utilizando o modelo DEA. Por meio de um modelo de regressão Tobit, examinaram a influência da idade, o nível de educação, o grau de aversão ao risco, a quantidade de mão de obra da família e o sexo do dirigente da propriedade sobre o índice de eficiência. Quanto ao fator idade, concluíram que a probabilidade de os jovens serem ineficientes era maior do que a dos mais velhos, talvez devido à maior experiência adquirida pelos últimos. Os produtores com maior nível educacional eram mais eficientes.

Dhungana, Nuthall e Nartea (2004) concluíram que quanto maior o grau de aversão ao risco do produtor, maior era a probabilidade da sua ineficiência econômica, alocativa e de escala de produção, e maior a probabilidade de sua eficiência técnica. Os produtores com mais aversão ao risco, tendem a utilizar mais os insumos da propriedade (terra, sementes e mão de obra) e menos os insumos

comprados (fertilizantes, máquinas, pesticidas), sendo mais eficientes tecnicamente por terem muito cuidado na aplicação dos recursos próprios. A relação entre o percentual da mão de obra familiar no total empregado na propriedade e a eficiência, apesar de não ser significativa estatisticamente, se mostraram positivas, talvez porque mais mão de obra familiar ajuda a suprir as necessidades deste fator em épocas de grande necessidade. As mulheres, como dirigentes da propriedade, eram menos ineficientes em termos econômicos, alocativos e de escala, do que os homens.

Vicente (2004) analisou a eficiência técnica, alocativa e econômica dos estados brasileiros na produção agrícola, com dados do censo agropecuário de 1995/1996. A estimativa dos índices de eficiência foi realizada através do modelo DEA. Os estados do Sudeste, Centro-Oeste e Sul apresentaram índices de eficiência acima da média nacional, enquanto os índices dos estados do Nordeste e do Norte foram os mais baixos.

Por meio de um modelo de regressão Tobit, Vicente (2004) verificou quais seriam as variáveis que explicariam os índices de eficiência. A eficiência técnica era explicada, principalmente, por características do solo, por condições climáticas e por irrigação. O nível de educação influenciava a eficiência alocativa. A eficiência econômica era mais influenciada pela eficiência alocativa do que pela eficiência técnica. A simulação da minimização de custos (ou a eficiência econômica ou a eficiência total) mostrava que a terra e a mão de obra eram utilizadas em excesso e que fertilizantes e pesticidas eram subutilizados.

Helfand e Levine (2004) analisaram a eficiência técnica dos estabelecimentos rurais da região Centro-Oeste do Brasil com base nos dados do censo agropecuário de 1995/1996. Em uma primeira etapa, a eficiência foi estimada por meio do modelo DEA. Nesta análise, o produto considerado foi o valor da produção agrícola e os insumos foram a área de terra, a mão de obra, os tratores, o rebanho e os insumos comprados.

Na segunda etapa da análise, Helfand e Levine (2004) procuraram explicar a eficiência técnica dos estabelecimentos rurais por meio de regressões estatísticas, em que a variável explicada é o índice de ineficiência. Eles constataram que havia uma relação em forma de U entre eficiência e tamanho do estabelecimento. Os estabelecimentos de até cinquenta hectares eram mais eficientes; os com tamanho entre duzentos a quinhentos hectares eram 20% menos eficientes do que os primeiros. A eficiência diminuía quando o tamanho do estabelecimento era de até 2 mil hectares (ha); a partir desta área, começava a aumentar. O motivo da elevação da eficiência nos grandes estabelecimentos poderia ser o acesso facilitado à assistência técnica, ao mercado e à eletrificação rural.

Helfand e Levine (2004) afirmam que a composição do produto também influencia a eficiência do estabelecimento, sendo mais eficientes os que exploram

produtos de valor mais elevado, como horticultura, suínos, aves, e lavouras permanentes e temporárias. Também são mais eficientes os estabelecimentos com acesso ao crédito, ao mercado, à eletricidade, à assistência técnica e às cooperativas.

Gonçalves *et al.* (2008) analisaram a eficiência técnica e de escala de 771 produtores de leite do estado de Minas Gerais pelo método DEA, e utilizaram o método de regressão Tobit para explicar os índices de eficiência, por meio de um conjunto de variáveis. A maioria dos produtores incluídos na análise apresentou índices de ineficiência. As variáveis que melhoram este índice dos produtores que produzem até cinquenta litros diários de leite são internas à propriedade, tais como: experiência acumulada, expressa pela idade; e produtividade da mão de obra, da vaca e do capital operacional.

Gonçalves *et al.* (2008) também observaram que os grandes produtores (com mais de duzentos litros diários) eram mais eficientes do que os pequenos. As variáveis que aumentam a eficiência destes são o acesso ao crédito, a assistência técnica e o treinamento. Estes fatores não influenciam a eficiência dos pequenos produtores devido ao pouco acesso que têm a eles. A diferença de eficiência entre pequenos e grandes produtores seria devida, também, ao fato destes últimos terem melhores condições para operar o produto, adicionando qualidade a ele. Maior volume de produto e melhor qualidade significam maior preço.

Em relação à escala de produção, Chavas, Chambers e Pope (2010, p. 369) comentam que a mecanização agrícola teria contribuído para o aumento no tamanho dos estabelecimentos rurais. Isto levantaria a questão da existência ou não de rendimentos de escala e de ganhos de eficiência por parte dos grandes estabelecimentos. A evidência empírica indicaria que a curva de custo médio dos estabelecimentos rurais teria a forma de L. Pequenos estabelecimentos rurais teriam curva de custo médio declinante com o aumento da produção, mas nos estabelecimentos médios e grandes o custo médio se manteria constante. Assim, as economias de escala não seriam um incentivo para o estabelecimento rural de tamanho médio ou grande se tornar ainda maior.

Chavas (2008) afirma que os estabelecimentos rurais menores tenderiam a compensar os custos médios de produção mais elevados por meio da diversificação da produção. Esta diversificação também reduziria o risco. Assim, apesar de haver rendimentos crescentes de escala quando o pequeno estabelecimento aumenta a área, não seria possível definir uma dimensão mínima desejável.

Portanto, os diversos estudos apresentados acima mostram situações de ineficiência técnica, de escala, alocativa e total ou econômica na agricultura de diversas regiões do mundo. Na próxima seção é apresentada a metodologia utilizada no presente trabalho, a qual se baseou nos estudos apresentados para a escolha dos modelos, das variáveis e das técnicas de análise.

### 3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos, os métodos de análise são divididos em duas partes: a primeira consiste na estimativa da eficiência técnica global da produção agropecuária nas regiões do Rio Grande do Sul, por meio do método denominado Análise Envoltória de Dados; e a segunda procura determinar as variáveis explicativas da eficiência técnica nas regiões, por meio de um modelo de regressão denominado Tobit.

#### 3.1 Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados, também conhecida como *Data Envelopment Analysis* (DEA), mede a eficiência de cada Unidade de Tomada de Decisão (UTD) na geração do produto (ou produtos) a partir de um conjunto de fatores de produção. Esta eficiência é medida em função da distância de cada UTD em relação à situação ótima na fronteira de eficiência. A UTD pode ser uma firma, uma escola, uma universidade, um hospital, uma agência governamental ou uma região geográfica.

A eficiência econômica pode ser dividida em eficiência técnica e eficiência alocativa. A eficiência técnica consistiria na UTD obter o máximo de produto(s) a partir de um conjunto de fatores de produção, ou então produzir uma dada quantidade de produto(s) com a quantidade mínima do conjunto de fatores. Ela pode ser considerada como eficiência técnica global ou eficiência técnica local. Na primeira, considera-se a distância da UTD em relação à fronteira de eficiência, com retornos constantes de escala (CCR). Na segunda, existe a possibilidade da UTD aumentar o produto por unidade de fator, variando a escala de produção, na situação de retornos crescentes ou decrescentes de escala (BCC).

A eficiência alocativa considera, em vez de um máximo de produto, um máximo de lucro ou receita, e em vez de uma quantidade mínima de fatores de produção, um custo mínimo. Portanto, na eficiência alocativa, os fatores são alocados e as relações entre as quantidades de produtos produzidos variam de acordo com seus preços.

Neste estudo, avalia-se a eficiência das UTDs sob o ponto de vista da eficiência técnica global e local. O modelo de análise utilizado é denominado CCR e BCC, descrito por Cooper, Seiford e Tone (2006, p. 22).<sup>3</sup>

Considera-se que os “m” insumos e os “s” produtos da UTD<sub>j</sub> sejam, respectivamente,  $(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$  e  $(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})$ . A eficiência técnica da j-ésima UTD é determinada maximizando o quociente entre a soma dos valores ponderados dos produtos e a soma dos valores ponderados dos insumos.

3. O modelo CCR foi proposto, inicialmente, por Charnes, Cooper e Rhodes (1978).

Um problema de programação linear é solucionado em relação a cada uma das “n” UTD<sub>j</sub> (j = 1, 2, ... n). Por meio desta programação se obtém os valores para os pesos v<sub>i</sub> (i = 1, 2, ... m), que ponderam os insumos e os valores para os pesos u<sub>r</sub> (r = 1, 2, ... s), que, por sua vez, ponderam os produtos em relação à UTD<sub>j</sub>. Estes pesos são as variáveis do problema (Cooper, Seiford e Tone, 2006, p. 23).

Segundo Cooper, Seiford e Tone (*Ibid.*), considerando que a UTD<sub>o</sub> é a unidade que está sendo avaliada (“o” varia de 1, 2, ... n), o problema de programação transformado em uma forma linear é expresso como:

$$(LP_0) \max \theta = \mu_1 y_{10} + \dots + \mu_s y_{s0} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$v_1 x_{10} + \dots + v_m x_{m0} = 1 \quad (2)$$

$$\mu_1 y_{1j} + \dots + \mu_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj} \quad (j = 1, 2, \dots n) \quad (3)$$

$$v_1, v_2, \dots v_m \geq 0 \quad (4)$$

$$\mu_1, \mu_2, \dots \mu_s \geq 0 \quad (5)$$

Nesse problema de programação linear, maximizar:

$$\theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \quad (6)$$

Ou seja, maximizar equivale a maximizar o quociente entre a soma dos valores ponderados dos produtos e a soma dos valores ponderados dos insumos:

$$\theta = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad (7)$$

Dado que o denominador, nesta última expressão, é igual a 1.

Os valores de (v, u), resultantes da programação, indicam quais seriam as ponderações dos insumos e dos produtos mais favoráveis para a UTD<sub>o</sub>, no sentido de maximizar o quociente entre as somas dos valores ponderados. Em outras palavras, indicam a importância relativa de cada insumo e produto para a UTD<sub>o</sub> ser eficiente (Cooper, Seiford e Tone, 2006, p. 25).

No problema de programação acima, os valores de y<sub>j</sub> variam da coluna 1 até a “s”, e da linha j = 1 até a j = n. Do mesmo modo, os valores x<sub>j</sub> variam da coluna 1 até a “m” e da linha j = 1 até a j = n. Segundo Cooper, Seiford e Tone (2006, p. 43), expressando estas variáveis na forma de matrizes Y e X, o problema de programação acima pode ser expresso como:

$$(LP_0) \max \theta = \mu y_0 \quad (8)$$

Sujeito a:

$$vx_0 = 1 \quad (9)$$

$$-vX + \mu Y \leq 0 \quad (10)$$

$$v \geq 0, \mu \geq 0 \quad (11)$$

Para a avaliação da eficiência técnica global, existem dois modelos CCR. Um examina o produto máximo que pode ser obtido pela UTD com dada quantidade de insumos; este é o enfoque do modelo descrito acima. No *software* disponível em Cooper, Seiford e Tone (2006), o modelo é designado por CCR-O (*output-oriented*), com retornos constantes de escala.

Ainda é possível avaliar a eficiência técnica local por BCC (*output-oriented*). Este modelo considera a possibilidade de retornos variáveis de escala; este problema pode ser expresso da seguinte forma:

$$(LP_0) \max \theta = \mu y_0 - \mu y_0 \quad (12)$$

Sujeito a:

$$vx_0 = 1 \quad (13)$$

$$-vX + \mu Y - \mu_0 e \leq 0 \quad (14)$$

$$v \geq 0, \mu \geq 0, \mu_0 \text{ livre em sinal} \quad (15)$$

A comparação entre os modelos de CCR e BCC é possível a partir da decomposição da eficiência técnica. Para isto, é necessário calcular a eficiência de escala (SE), que é a razão entre o CCR e o BCC ( $SE = CCR/BCC$ ). A decomposição da eficiência técnica mostra que as fontes de ineficiência podem ser causadas por uma ineficiência operacional (BCC score), por uma ineficiência de escala (SE) ou por ambas (Cooper, Seiford e Tone, 2006).

Outro enfoque é examinar a quantidade mínima de insumos necessária para a produção de certa quantidade de produto. No *software* acima referido, este modelo é designado de CCR-I ou BCC-I (*input-oriented*). A escolha pelo modelo *output-oriented* deve-se ao fato das UTDs serem os municípios do estado do Rio Grande do Sul e da necessidade de identificar as principais variáveis que permitam ampliar os níveis de produção agrícola. No caso do *input-oriented*, os resultados em termos de eficiência estariam associados aos insumos, não orientando quanto as melhores práticas que viabilizem o aumento da produção, mas a quantidade ótima de insumos.

### 3.2 Modelo de regressão Tobit

Depois de obtidos os escores de eficiência das regiões geográficas consideradas, determinam-se as variáveis explicativas destes por meio do modelo de regressão Tobit.

Neste modelo, o escore de eficiência é a variável explicada. Nas regiões eficientes, o valor do escore atinge o máximo, que é 1 (um), enquanto nas regiões ineficientes, o valor mínimo é 0 (zero). Portanto, a variável dependente é limitada a este valor máximo e mínimo.

Wooldridge (2003) observa que, neste caso, com a variável dependente limitada a um valor máximo (ou mínimo, ou ambos), o método de regressão que utiliza a técnica dos mínimos quadrados ordinários não é adequado. Nesta situação, designada de amostra censurada, um dos modelos recomendados é o Tobit.<sup>4</sup>

A formulação geral do modelo Tobit, como apresentado por Gonçalves *et al.* (2008), é:

$$y_i^* = X_i\beta + \varepsilon_i \quad (16)$$

Onde  $y_i^*$  é a variável dos escores;  $X_i$  o vetor das variáveis explicativas; e  $\beta$  o vetor dos parâmetros a serem estimados. Assume-se que os erros sejam normalmente distribuídos com média zero e variância  $\sigma^2$ .

Considerando o limite do escore igual a 1 ( $y^c = 1$ ), as variáveis observadas ( $y_i$ ) são definidas como:

$$\text{Se } y_i^* < y^c, \text{ então } y_i = y_i^* \quad (17)$$

$$\text{Se } y_i^* \geq y^c, \text{ então } y_i = y^c \quad (18)$$

A estimativa dos parâmetros do modelo é geralmente realizada por meio do método de máxima verossimilhança. O *software*, utilizado neste estudo para a estimativa dos parâmetros do vetor  $\beta$  e o desvio padrão dos erros da regressão  $\sigma$  é o E-Views.

Para se avaliar o impacto marginal das variáveis explicativas sobre a variável dependente, é necessário multiplicar o valor do coeficiente  $\beta_j$  por um fator multiplicativo.

Assim:

$$EM_{x_j} = \frac{\alpha E(Y_i)}{\alpha X_j} = \beta_j \phi(z) \quad j = 1, 2, \dots, K \quad (19)$$

Onde  $EM_{x_j}$  é o efeito marginal da variável independente  $X_j$  sobre a variável dependente  $Y_i$ . O fator multiplicativo é  $\phi(z)$ , que é o valor acumulado da distribuição normal padronizada  $z$ .

O valor do  $z$  é:

$$z = \frac{X\beta}{\sigma} \quad (20)$$

Onde  $\beta$  é o vetor dos parâmetros estimados e  $X$  são os valores médios das variáveis explicativas. O fator multiplicativo se situa entre 0 e 1.

4. Neste estudo a análise do modelo Tobit corresponde a um conjunto de observações em que a variável dependente não é zero. Quando a variável dependente é maior que zero, ou seja,  $y_i > 0$ , as estimativas por Tobit e *Two-Limit* Tobit não são iguais.

### 3.3 Dados e variáveis

O estudo é realizado com base nos dados dos censos agropecuários do IBGE dos anos de 1975, 1995/1996 e 2006. Portanto, analisa-se a eficiência técnica das regiões do Rio Grande do Sul em cada um destes anos. O censo agropecuário de 1995/1996 refere-se ao ano agrícola, enquanto nos demais a unidade é o ano civil. Em função disto podem ocorrer algumas inconsistências nos resultados.

Para possibilitar uma melhor comparação entre os resultados alcançados para cada um destes anos, optou-se por considerar regiões que fossem geograficamente homogêneas ao longo desse período (cada região refere-se à mesma área geográfica). Devido ao grande número de emancipações municipais ocorridas, é necessário, em muitos casos, agregar um grande número de municípios para obter uma região com a mesma área geográfica ao longo do período considerado. Assim, os dados censitários referentes aos municípios são agregados ao nível dessas 156 regiões (considerando como referência as regiões existentes em 1975) e esta agregação permite a análise comparativa entre os anos de 1975, 1995/1996 e 2006.

A eficiência técnica dessas regiões na produção agropecuária é estimada em relação a cada um desses três anos. Os fatores de produção considerados na análise da eficiência técnica são: área de lavouras permanentes, de lavouras temporárias, de pastagem natural, de pastagem plantada e de floresta plantada; mão de obra familiar e mão de obra empregada;<sup>5</sup> e número de tratores e despesas.<sup>6</sup> A escolha destas variáveis é baseada nos estudos apresentados anteriormente, adaptada aos dados disponíveis no censo agropecuário.

A mão de obra é expressa em termos de número de equivalentes-homens (EH). Como o censo agropecuário de 2006 somente informa o número de tratores de “menos de cem cavalos-vapor (CV)” e o de “mais de cem CV” existentes na região, os tratores são expressos em número de tratores equivalentes ao grupo de tratores de “menos de cem CV”.<sup>7</sup> Os produtos considerados na análise da eficiência técnica são os valores da produção de animais de grande porte, de animais de médio porte, de pequenos animais e aves, de lavouras permanentes, de lavouras temporárias, de horticultura e floricultura e de silvicultura.

---

5. O censo apresenta as categorias de pessoal ocupado distribuído da seguinte forma: responsável e membros não remunerados da família; empregados permanentes; empregados temporários; parceiros; e outra condição. Em cada categoria são informados o número de homens e mulheres e o número de pessoas com 14 anos de idade e acima disto. Para somar o pessoal ocupado das diversas categorias, procede-se à uniformização destas, transformando o número de pessoas em número de equivalente-homem, seguindo a metodologia proposta por Guerreiro (1996).

6. São elas: adubos e corretivos; sementes e mudas; defensivos agrícolas; medicamentos para animais; rações e sal para animais; combustíveis; energia elétrica; sacarias e embalagens; juros e despesas bancárias e outras despesas.

7. Para tal, considera-se o trator de mais de cem CV equivalente a dois tratores de menos de cem CV. Esta soma ponderada foi definida em função da análise da média (para o ano de 2006), que mostra esta relação de proporcionalidade entre os dois grupos.

Na análise explicativa da eficiência técnica, por meio da regressão Tobit, as variáveis independentes consideradas são: produtividade da terra, da mão de obra, dos tratores, das despesas e o índice de Gini da distribuição da área entre os estabelecimentos rurais. Algumas variáveis explicativas utilizadas no modelo econométrico foram usadas na geração da fronteira. Este procedimento tem sido criticado por gerar coeficientes viesados quando estimado pelo Método de Mínimos Quadrados Ordinários. Esta limitação pode ser superada quando aplicado o modelo Logit ou Tobit (Wu e Prato, 2006).

## 4 RESULTADOS

Nesta seção calcula-se o grau de eficiência técnica a partir da Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) para as regiões do Rio Grande do Sul nos anos de 1975, 1995/1996 e 2006 utilizando as informações dos censos agropecuários. Depois de verificadas as eficiências técnicas de cada região, se examinam as variáveis explicativas responsáveis pelas mudanças na eficiência, ao longo do período, utilizando o modelo de regressão Tobit.

### 4.1 Resultados da análise da eficiência técnica

Nas tabelas 1, 2 e 3 são analisados os resultados referentes à eficiência técnica global (CCR) por meio do cruzamento dos diferentes níveis de eficiência para cada par de anos. Estas tabelas foram organizadas a partir da tabela A.1, apresentada no anexo A, em que é possível visualizar para cada região a evolução do índice de eficiência técnica global nos anos em análise. Com base nas informações das tabelas, é possível avaliar não somente a distribuição das regiões por nível de eficiência, mas também a mudança de comportamento quanto ao nível de eficiência de um período para o outro. Com relação a este aspecto, cabe enfatizar que a análise se faz mediante a observação da diagonal principal (em que a eficiência é comum aos dois períodos). Os resultados acima da diagonal mostram o grupo de regiões em que houve melhora e os abaixo os que tiveram uma piora em termos de eficiência técnica global.

A tabela 1 mostra essa eficiência para regiões considerando o censo agropecuário de 1975 e 1995/1996. Para o período de 1975, cem regiões se mostraram eficientes, atingindo o escore 1,00. Já 43 regiões atingiram o nível de escore acima de 0,8, mas inferior a 1,00. Com exceção de apenas uma região, todas se situaram em um nível de eficiência técnica acima de 0,6 (tabela 1).

**TABELA 1**  
**Níveis de eficiência técnica global para as regiões do Rio Grande do Sul (1975 e 1995/1996)**  
 (Em número de regiões)

Eficiência técnica em 1995/1996	Eficiência técnica em 1975				Total
	1,00	De 0,8 a < 1	De 0,6 a < 0,8	Menor que 0,6	
1,00	74	23	5	0	<b>102</b>
De 0,8 a < 1,00	21	20	6	0	<b>47</b>
De 0,6 a < 0,8	5	0	1	1	<b>7</b>
Menor que 0,6	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>43</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>156</b>

Fonte: IBGE (1979, 1998 e 2010).  
 Elaboração dos autores.

Os resultados referentes ao período de 1995/1996 são parecidos com os de 1975. Neste ano, 102 regiões são tecnicamente eficientes, sendo que 47 se situam em um nível de eficiência acima de 0,8, mas inferior a 1,00. Nenhuma região se situa no nível inferior a 0,6 (tabela 1).

A tabela 1 apresenta, também, a mudança nos níveis de eficiência para as regiões do Rio Grande do Sul de 1975 para 1995/1996. Das 156 regiões, 74 regiões (47,4%) são eficientes nos dois períodos. Das 43 regiões que em 1975 se situaram no nível de eficiência entre 0,8 a menos de 1,00, 23 (14,7%) conseguiram atingir o nível 1,00 em 1995/1996. Do total de 156 regiões, 26 pioraram em termos de ineficiência de 1975 para 1995/1996. As demais ficaram no mesmo nível (95 regiões) ou aumentaram o seu nível de eficiência (35 regiões).

Em termos médios para as regiões analisadas, o nível de eficiência técnica global da agropecuária de 1975 e 1995/1996 é de 0,871 e 0,874, respectivamente. Já em termos de eficiência de escala, observam-se melhores resultados com 0,933 (1975) e 0,941 (1995/1996), sinalizando uma ligeira melhora ao longo do período. Para ambos os anos, a eficiência local média (CCR/SE) é menor do que a eficiência de escala (tabela A.1 anexa).

As mudanças nos níveis de eficiência de 1975 a 1995/1996 mostram o ajuste na gestão da atividade agropecuária em função das mudanças nas políticas econômicas e agrícolas ocorridas ao longo de 1975 a 1995/1996. O modelo de expansão da produção e das exportações agrícolas vigentes ao longo da década de 1970, com crédito subsidiado, proteção de mercado com barreiras comerciais e incentivos à exportação, esgotou-se na segunda metade da década de 1980 (Alvim e Mielitz Netto, 1999). Apesar da eficiência técnica média nos dois períodos ser praticamente igual, há regiões que aumentaram o seu nível de eficiência em

1995/1996. Este resultado pode representar os ajustes realizados pelos agricultores que buscam o melhor uso dos recursos escassos para se adaptarem a um cenário de menor rentabilidade e maior risco na atividade agrícola.

A tabela 2 mostra as 102 regiões tecnicamente eficientes em termos globais para 1995/1996, sendo que apenas 54 continuaram com o escore igual a 1,00 em 2006. O número total de regiões com escore igual a 1,00 é de somente 66 em 2006.

TABELA 2

**Níveis de eficiência técnica global para as regiões do Rio Grande do Sul em 1995/96 e 2006**

(Em número de regiões)

Eficiência da região em 2006	Eficiência técnica em 1995/1996				Total
	1,00	De 0,8 a < 1	De 0,6 a < 0,8	Menor que 0,6	
1,00	54	11	1	0	<b>66</b>
De 0,8 a < 1,00	18	7	1	0	<b>26</b>
De 0,6 a < 0,8	19	15	4	0	<b>38</b>
Menor que 0,6	11	14	1	0	<b>26</b>
<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>47</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>156</b>

Fonte: IBGE (1979, 1998 e 2010).  
Elaboração dos autores.

Entre 1995/1996 e 2006, apenas treze regiões (8,3%) aumentaram a sua eficiência técnica global, enquanto 65 (41,7%) permaneceram no mesmo nível e 78 (50%) diminuíram o seu nível de eficiência (tabela 2). A eficiência em 50% das regiões do Rio Grande do Sul piorou de 1995/1996 para 2006.

Em termos médios, a eficiência técnica global nas regiões reduziu de 0,871 (1995/1996) para 0,676 (2006), conforme apresentado na tabela A.1 anexa. Os rendimentos de escala, na média, reduziram de 0,941 (1995/1996) para 0,897 (2006). Novamente a eficiência técnica local (CCR/SE) mostra-se menor do que a eficiência de escala, o que sinaliza a necessidade de melhorar o uso dos recursos disponíveis nas regiões analisadas.

A tabela 3 mostra como foi o fluxo das regiões entre os níveis de eficiência no período total de 1975 a 2006. Ela representa as mudanças nas regiões ocorridas nos dois períodos considerados de uma forma agregada. Das cem regiões eficientes em 1975, apenas 53 continuaram eficientes em 2006. Neste período, dezesseis regiões (10,3%) aumentaram a sua eficiência técnica, 62 (38,4%) ficaram no mesmo nível e 78 (51,3%) reduziram. Neste período também houve uma redução da eficiência técnica média de 0,871 (1975) para 0,676 (2006). Já em termos de eficiência de escala, houve uma diminuição de 0,933 (1975) para 0,897 (2006) (tabela A.1 anexa).

**TABELA 3**  
**Níveis de eficiência técnica global para as regiões do Rio Grande do Sul em 1975 e 2006**  
 (Em número de regiões)

Eficiência técnica em 2006	Eficiência técnica em 1975				Total
	1,00	De 0,8 a < 1	De 0,6 a < 0,8	Menor que 0,6	
1,00	53	11	2	0	<b>66</b>
De 0,8 a < 1,00	18	5	3	0	<b>26</b>
De 0,6 a < 0,8	20	15	3	0	<b>38</b>
Menor que 0,6	9	12	4	1	<b>26</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>43</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>156</b>

Fonte: IBGE (1979, 1998 e 2010).  
 Elaboração dos autores.

O período de 1995/1996 a 2006 foi marcado pela estabilidade no ambiente macroeconômico e pela reorganização da atividade agropecuária, esta última estimulada pela liberalização comercial e financeira iniciada na primeira parte da década de 1990. Ao longo deste período, a atividade agropecuária passou por mudanças intensas na forma de gestão dos recursos e de desenvolvimento e difusão tecnológica para adaptar-se a esse novo cenário.

Nesse contexto, é provável que tenham ocorrido dois tipos de mudanças na atividade agropecuária: a primeira no uso dos recursos escassos, buscando uma maior eficiência frente à tecnologia disponível em cada período; e a segunda em decorrência do desenvolvimento e da adoção de novas tecnologias pelo setor agropecuário.

Os resultados apresentados nas tabelas 2 e 3 apontam para uma redução no nível de eficiência técnica global quando comparados dois períodos (1975 e 2006; 1995/1996 e 2006), passando de 0,871 (1975) para 0,676 (2006), e de 0,874 (1995/96) para 0,676 (2006). Todavia, é importante destacar que existe uma limitação nesta análise, pois para cada período existem fronteiras de produção distintas, que representam diferentes tecnologias, cada uma relativa ao seu período. Consequentemente, não é possível avaliar se estas mudanças são decorrentes das alterações nas formas de gestão e/ou das inovações tecnológicas.

Considerando o censo agropecuário mais recente, de 2006, é possível observar que existe espaço para melhorar o uso dos recursos disponíveis, viabilizando, inclusive, incrementos na produção agropecuária do Rio Grande do Sul.

As tabelas 4 e 5 comparam os diversos níveis da eficiência técnica global nas regiões analisadas com a participação percentual no valor da produção e na área explorada pelas atividades agropecuárias selecionadas. Já a tabela 6 compara os níveis de eficiência com os principais fatores de produção utilizados na agricultura.

Na tabela 4 é possível verificar que o nível de eficiência técnica global *versus* a participação percentual do valor da produção das lavouras temporárias, em 1975, não difere nos níveis de eficiência de 0,6 a 1,0, com 61%. Apenas para o nível de eficiência menor do que 0,6 a participação do valor das lavouras temporárias é de 34%. Em 2006, a participação média das lavouras temporárias no valor total da produção é igual a 47% nas regiões com escore igual a 1,0 (tecnicamente eficientes). Esta participação é inferior quando comparada com as regiões ineficientes, a qual varia de 49% a 62%. Ao longo do período de 1975 a 2006, as regiões, para continuarem eficientes, reduziram a participação das lavouras temporárias no valor total da produção.

Por outro lado, a média regional por escore de eficiência da participação percentual do valor da produção das lavouras permanentes, que não difere muito entre os vários níveis de escore em 1975 (de 4% a 9%), passou a ter, em 2006, uma variação de 3% a 9%. De uma maneira geral, de 1975 a 2006 as regiões, para continuarem tecnicamente eficientes, aumentaram a produção das lavouras permanentes.

A participação do valor da produção dos pequenos animais e aves também aumentou um pouco (de 6% para 9%) nas regiões tecnicamente eficientes, de 1975 a 2006, enquanto nas regiões situadas nos níveis de escore de 0,6 a 1,0, se manteve praticamente constante. Já a participação do valor da produção dos animais de médio porte se manteve praticamente constante nos diversos níveis de eficiência para os anos de 1975 e 2006.

TABELA 4

**Participação no valor total da produção dos animais de grande porte (AG); animais de médio porte (AM); pequenos animais e aves (PA); lavouras permanentes (LP); e lavouras temporárias, horticultura e floricultura (LT) para 1975, 1995/1996 e 2006: médias regionais por escore de eficiência técnica global (Em %)**

Escore de eficiência	1975					1995/1996					2006				
	AG	AM	PA	LP	LT	AG	AM	PA	LP	LT	AG	AM	PA	LP	LT
1	15	10	6	4	61	17	6	14	6	50	10	10	9	9	47
De 0,8 a <1	16	10	5	5	61	19	9	13	5	50	14	11	6	6	49
De 0,6 a < 0,8	22	9	4	3	61	24	6	8	4	52	12	9	5	5	57
Menor que 0,6	30	7	13	9	34	32	8	7	4	42	15	7	5	3	62

Fonte: IBGE (1979, 1998 e 2010).  
Elaboração dos autores.

Em resumo, observa-se que de 1975 a 2006 as regiões eficientes aumentaram a participação no valor total da produção das lavouras permanentes e dos pequenos

animais e aves, reduziram a participação das lavouras temporárias e dos animais de grande porte e mantiveram a participação da produção de animais de médio porte.

A tabela 5 apresenta as médias regionais por nível de escore de eficiência técnica global das participações percentuais na área explorada total da lavoura permanente, da lavoura temporária (inclui a área da horticultura e floricultura), e da pastagem e das florestas plantadas.

De 1975 a 2006 as regiões eficientes, em termos globais, aumentaram a participação das áreas de lavoura permanente (de 3% para 8%) e de florestas (de 3% para 11%). Reduziram as participações, na área explorada total, das áreas de lavoura temporária (variação pequena de 49% para 47%) e de pastagem (de 41% para 27%).

TABELA 5

**Participação na área explorada total das médias das áreas regionais de lavoura permanente (LP), lavoura temporária, horticultura e floricultura (LT), pastagem (P) e floresta plantada (F) por escore de eficiência técnica global de 1975, 1995/1996 e 2006 (Em %)**

Escore de eficiência	1975				1995/1996				2006			
	LP	LT	P	F	LP	LT	P	F	LP	LT	P	F
1	3	49	41	3	4	46	37	7	8	47	27	11
De 0,8 a < 1	3	54	35	5	3	48	39	6	6	53	30	7
De 0,6 a < 0,8	2	40	49	4	1	31	54	5	4	49	34	7
Menor que 0,6	3	18	63	11	1	28	59	8	2	41	44	8

Fonte: IBGE (1979, 1998 e 2010).  
Elaboração dos autores.

Com base nos resultados das tabelas 4 e 5, observa-se que os aumentos das participações relativa da produção das lavouras permanentes e de pequenos animais e aves estão associados aos melhores níveis de eficiência e a um aumento da área cultivada. Aparentemente, este aumento da área explorada pelas culturas permanentes foi possível pela redução de área de lavouras temporárias e pastagem no período de 1975 a 2006.

Este resultado é semelhante ao obtido por Helfand e Levine (2004), que mostrou uma associação entre a eficiência da atividade e a composição dos produtos explorados. Estes autores destacam que os estabelecimentos mais eficientes tendem a explorar produtos de maior valor agregado. Algo semelhante pode ser concluído a partir dos resultados das tabelas 4 e 5, os quais permitem associar o desempenho de municípios em termos de eficiência com uma maior participação relativa de culturas permanentes e de pequenos animais e aves.

Já a tabela 6 mostra as quantidades utilizadas de mão de obra familiar, mão de obra empregada, tratores e despesas em termos de médias regionais por escores de eficiência técnica global.

De 1975 a 2006, a quantidade de mão de obra familiar em termos de EH por mil hectares de área explorada diminuiu em todos os níveis de escore de eficiência, com exceção do nível mais baixo. Por outro lado, a mão de obra empregada aumentou em todos os níveis (com exceção do nível de 0,8 a menos de 1). Este aumento na utilização da mão de obra empregada foi maior nas regiões tecnicamente eficientes.

O aumento na utilização de tratores, de 1975 a 2006, também foi maior nas regiões tecnicamente eficientes.

TABELA 6

**Médias regionais da quantidade de mão de obra familiar (MF) e empregada (ME) (em EH), de tratores (TR) (equivalentes a tratores de menos de cem HP) e de despesas (DS) por escore de eficiência técnica global**

Escore de eficiência	1975				1995/1996				2006			
	MF	ME	TR	DS	MF	ME	TR	DS	MF	ME	TR	DS
1	157	11	6	49	145	21	21	30	120	19	26	28
De 0,8 a < 1	166	11	7	46	127	18	17	40	136	20	28	19
De 0,6 a < 0,8	106	10	4	156	69	11	10	65	122	19	20	41
Menor que 0,6	94	15	5	268	69	14	9	14	83	11	14	65

Fonte: IBGE (1979, 1998 e 2010).

Elaboração dos autores.

Obs.: a mão de obra e as despesas são expressas em valores por mil hectares de área explorada e os tratores por mil hectares de lavoura. As despesas são expressas em milhões de reais de 2006, tendo sido as de 1975 e 1995/1996 deflacionadas pelo IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Observa-se, na tabela 6, que a quantidade de despesas nas regiões eficientes diminuiu de 1975 para 2006, tendo aumentado em regiões situadas em alguns níveis de eficiência menores que 1,00.

Por fim, observam-se os valores relativos ao nível de maior eficiência técnica global das quantidades médias regionais da mão de obra, tratores e despesas por nível de eficiência. Sempre a quantidade de um fator de produção utilizada é maior nas regiões eficientes em relação às ineficientes. É exceção apenas a quantidade de tratores no nível de eficiência de 0,8 a menos de 1,00, referente ao ano de 1975.

Portanto, as regiões eficientes em 2006 empregaram mais mão de obra e despesas do que as regiões ineficientes. Esta diferença é bastante acentuada, especialmente no emprego de mão de obra. Este comportamento, observado nas regiões eficientes globais, provavelmente está associado aos aumentos observados na participação relativa da produção das lavouras permanentes e de pequenos animais e aves, que demandam mais por estes fatores de produção.

Será que as regiões que em 2006 conseguiram a eficiência técnica global alcançaram por utilizarem relativamente mais mão de obra empregada, tratores

e despesas do que as demais regiões? Para responder esta questão, na próxima subseção são apresentados os resultados do modelo Tobit.

#### 4.2 Resultados das regressões do modelo Tobit

O resultado da regressão da variável escore da eficiência técnica global nas regiões sobre as produtividades da terra, mão de obra, tratores e despesas e sobre o índice de Gini da distribuição de área entre os estabelecimentos rurais, referente ao ano de 1975, está apresentado na tabela 7.

As tabelas 8 e 9 apresentam os resultados dos mesmos tipos de regressões referentes, respectivamente, aos anos de 1995/1996 e 2006. Para o cálculo das produtividades, os valores da produção agropecuária e das despesas, referentes aos anos de 1975 e 1995/1996, são deflacionados ao nível de 2006, utilizando-se o IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas (FGV). Portanto, todas as produtividades, referidas nas três tabelas abaixo, são expressas em reais de 2006.

A produtividade da terra é o valor total da produção agropecuária da região dividida pela área total explorada, expressa em mil reais por hectare. A produtividade da mão de obra é o valor total da produção agropecuária da região dividida pelo número total de EH ocupados, expressa em mil reais por EH. A produtividade dos tratores é o valor total da produção agropecuária dividida pelo número de tratores equivalentes a menos de cem CV, expressa em mil reais por trator. O índice de despesas é o valor total da produção agropecuária da região dividida pelo valor das despesas. O índice de Gini mede a desigualdade da distribuição da área entre os estabelecimentos da região.

TABELA 7

#### Resultados da regressão dos coeficientes de eficiência técnica global sobre as variáveis abaixo relacionadas (1975)

Variáveis explicativas	Coefficiente	Estatística Z	Probabilidade
Constante	0,5666	3,1193	0,0018
Produtividade:			
a) da terra;	0,0613	2,7342	0,0063
b) da mão de obra;	0,0079	0,0021	0,0002
c) dos tratores.	0,0001	1,9605	0,0499
Índice de despesas	0,0490	2,3738	0,0176
Índice de Gini	0,0016	0,0080	0,9936
R <sup>2</sup> ajustado	0,2212		

Fonte: IBGE (1979, 1998 e 2010).  
Elaboração dos autores.

**TABELA 8**  
**Resultados da regressão dos coeficientes de eficiência técnica global sobre as variáveis abaixo relacionadas (1995/1996)**

Variáveis explicativas	Coefficiente	Estatística Z	Probabilidade
Constante	0,3286	2,3805	0,0173
Produtividade:			
a) da terra;	0,1117	4,0267	0,0001
b) da mão de obra;	0,0102	4,3890	0,0000
c) dos tratores.	0,0007	2,6664	0,0077
Índice de despesas	0,1136	6,1932	0,0000
Índice de Gini	-0,0355	-0,2583	0,7962
R <sup>2</sup> ajustado	0,4468		

Fonte: IBGE (1979, 1998 e 2010).  
 Elaboração dos autores.

**TABELA 9**  
**Resultados da regressão dos coeficientes de eficiência técnica global sobre as variáveis abaixo relacionadas (2006)**

Variáveis explicativas	Coefficiente	Estatística Z	Probabilidade
Constante	0,6975	5,1071	0,0000
Produtividade:			
a) da terra;	0,1301	4,3821	0,0000
b) da mão de obra;	0,0064	3,3780	0,0007
c) dos tratores.	0,0005	1,1212	0,2622
Índice de despesas	0,0305	1,6684	0,0952
Índice de Gini	-0,3775	-2,1234	0,0337
R <sup>2</sup> ajustado	0,5241		

Fonte: IBGE (1979, 1998 e 2010).  
 Elaboração dos autores.

Foi visto, na metodologia, que para se avaliar o impacto das variáveis explicativas sobre a variável dependente, era necessário determinar o fator multiplicativo  $\phi(z)$ , que seria o valor acumulado da distribuição normal padronizada  $z$ .

O valor do  $z$  é:

$$z = \frac{X\beta}{\sigma} \quad (21)$$

Onde  $\beta$  é o vetor dos parâmetros estimados e  $X$  são os valores médios das variáveis explicativas.

O valor de  $z$  é igual a 7,68, 11,08, e 4,97, respectivamente, em relação às regressões de 1975, 1995/1996 e 2006. Os valores acumulados da distribuição

normal padronizada até cada um destes valores de  $z$  são iguais a 1. Portanto, o fator multiplicativo de cada regressão é igual a 1. Assim, o impacto marginal de cada variável explicativa sobre a variável dependente é igual ao valor do próprio coeficiente  $\beta_j$ . Cabe ressaltar que o impacto marginal para todas as variáveis e períodos é positivo.

O coeficiente de Gini somente é significativo na regressão referente ao ano de 2006. Neste caso específico, uma maior desigualdade na distribuição da área entre os estabelecimentos rurais tem um impacto negativo sobre a eficiência técnica da região, já que o coeficiente é igual a -0,3775. Por exemplo para 2006, uma redução de 0,10 (10%) na desigualdade aumentaria a eficiência técnica global na região em 0,0378.

Os coeficientes da variável “produtividade da terra” são 0,0613, 0,1117 e 0,1301, respectivamente, nas regressões referentes aos anos de 1975, 1995/1996 e 2006. Estes coeficientes são todos estatisticamente significantes. Assim, aumentos de R\$ 1.000,00 por hectare na produtividade da terra aumentaria o escore de eficiência técnica global na região em 0,0613, 0,1117 e 0,1301 no respectivo ano. Observa-se que a importância da produtividade da terra para uma maior eficiência aumentou de 1975 para 2006.

Os coeficientes da variável “produtividade da mão de obra” são 0,0079, 0,0102 e 0,0064, respectivamente, nas regressões referentes aos anos de 1975, 1995/1996 e 2006. Estes coeficientes são todos estatisticamente significantes. Assim, aumentos de R\$ 1.000,00 por equivalente-homem na produtividade da mão de obra aumentaria o escore de eficiência técnica global na região em 0,0079, 0,0102 e 0,0064 no respectivo ano. Observa-se que a importância da produtividade da mão de obra aumentou de 1975 para 1995/1996 e diminuiu deste último ano para 2006.

Os coeficientes da variável “produtividade dos tratores” são 0,0001 e 0,0007, respectivamente (um impacto pequeno), nas regressões referentes aos anos de 1975 e 1995/1996. O efeito não é estatisticamente significativo na regressão referente ao ano de 2006. Assim, aumentos de R\$ 1.000,00 por trator na produtividade dos tratores teria aumentado o escore da eficiência técnica global na região em 0,0001 e 0,0007 em 1975 e 1995/1996. Observa-se que a produtividade dos tratores deixou de impactar sobre a eficiência técnica da região em 2006.

Os coeficientes do índice de despesas são 0,0490, 0,1136 e 0,0305, respectivamente, nas regressões referentes aos anos de 1975, 1995/1996 e 2006. Estes coeficientes são estatisticamente significantes a 5%, com exceção de 2006, que é significativo a 10%. Assim, aumentos de R\$ 1,00 no valor da produção por cada real nas despesas, aumentaria o escore de eficiência técnica global na região em 0,0490, 0,1136 e 0,0305 no respectivo ano. Observa-se que a importância da produtividade das despesas para o aumento da eficiência técnica diminuiu em 2006.

Por fim, observa-se principalmente, em 2006, que as regiões com os maiores níveis de eficiência técnica global são aquelas que utilizaram relativamente mais mão de obra e despesas, contribuindo para o uso de tecnologias e práticas voltadas à produção de culturas permanentes e pequenos animais.

## 5 CONCLUSÕES

Conforme discutido anteriormente, os resultados apontam para uma redução do nível de eficiência técnica global quando comparados os períodos de 1975 e 2006, e de 1995/1996 e 2006. Na comparação entre 1975 e 2006 houve uma redução da eficiência técnica global de 0,871 para 0,676, já entre 1995/1996 e 2006 a redução foi de 0,874 para 0,676, respectivamente.

Para ambos os períodos (1975 e 2006; 1995/1996 e 2006), destaca-se que a redução observada em termos de eficiência técnica global ocorreu devido ao aumento do percentual de regiões que se tornaram ineficientes, assim como houve uma redução na eficiência técnica global para aproximadamente 50% das regiões, frente a um aumento de apenas 9% das regiões estudadas.

Associado a esses resultados, é importante lembrar que a tecnologia mudou ao longo dos anos, o que altera, pelo menos em parte, o *ranking* dos municípios mais eficientes e o desempenho relativo destes frente a diferentes fronteiras de produção. Em função da mudança tecnológica, não é possível comparar o nível de eficiência de cada município entre os anos.

De 1975 a 2006, as regiões eficientes aumentaram a participação do valor das lavouras permanentes e da produção dos pequenos animais e aves. Diminuíram a participação do valor das lavouras temporárias e do valor dos animais de grande porte no valor total da produção e mantiveram a participação relativa de animais de médio porte. Este aspecto mostra-se relevante na medida em que a mudança na estrutura de produção pode ter sido um dos fatores que possibilitou, a uma determinada região, continuar ou alcançar o nível máximo de eficiência técnica.

Quanto ao emprego dos fatores de produção, observa-se que as regiões tecnicamente eficientes aumentaram mais a quantidade de mão de obra empregada entre 1975 e 2006 do que as demais regiões. As mais eficientes estão utilizando mais quantidades de mão de obra e despesas do que as regiões ineficientes. Portanto, uma maior utilização destes fatores de produção sinaliza um maior uso de tecnologias e práticas voltadas à produção de culturas permanentes e pequenos animais.

De todos os fatores de produção referidos acima, a terra é o único em que o impacto da sua produtividade sobre a eficiência técnica da região aumenta de

1975 para 2006. Isto acontece devido a terra ser um fator fixo ao nível regional. Portanto, o aumento da eficiência técnica da região está associado a uma maior produtividade do fator fixo terra. Todavia, cabe salientar que a dimensão da variável produtividade da terra é R\$/ha, portanto, o numerador pode interferir sobre a medida da produtividade, pois um hectare de horticultura e fruticultura gera maior valor da produção do que o mesmo hectare cultivado com grãos, como a soja, o feijão e o arroz.

Por outro lado, os fatores variáveis em nível regional pelo qual a quantidade pode ser aumentada, ou seja, mão de obra e despesas, apresentam menor produtividade, mas contribuem para maior produção regional e maior eficiência técnica.

Em termos gerais, observa-se que para aumentar a eficiência técnica na atividade agropecuária do Rio Grande do Sul, seria necessário direcionar as ações em dois aspectos: *i*) incentivo à produção de bens com maior valor agregado, destacando as atividades associadas a culturas permanentes e à produção de pequenos animais e aves; e *ii*) a utilização mais intensiva da terra, empregando adequadamente os fatores de produção.

Como sugestão de políticas públicas estaduais, as ações deveriam estimular a produção agropecuária e a eficiência técnica por meio do incentivo à diversificação de culturas e ao maior aporte de investimentos. Como um exemplo de maiores investimentos destaca-se a necessidade de ampliar a irrigação, como forma de incrementar a produção agrícola, utilizando melhor os recursos disponíveis com menor risco na atividade econômica.

Já como uma forma de ampliar o valor da produção, destaca-se a assistência técnica, que é fundamental para propiciar ganhos de produtividade. Embora isto não tenha sido avaliado neste estudo, espera-se que quanto maior a assistência técnica e maior o uso da irrigação, maior será, também, a produção e a eficiência técnica.

A ampliação do número de técnicos na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), permitiria retomar as atividades de extensão rural que foram importantes no processo de difusão tecnológica nos anos 1970 e 1980 no Rio Grande do Sul. Por fim, os resultados do trabalho reforçam a necessidade de políticas estaduais que estimulem a diversificação de culturas e o uso mais intensivo da terra. Este aspecto está associado à necessidade de políticas públicas que incentivem a pesquisa agrícola e a extensão rural no estado.

Como recomendação para outros estudos, indica-se a ampliação do trabalho para todas as regiões brasileiras e a inclusão do índice de Malmquist, o qual permitiria avaliar separadamente os efeitos das mudanças tecnológicas e da eficiência técnica ao longo do período analisado.

## REFERÊNCIAS

- ALVIM, A. M.; MIELITZ NETTO, A. Competitividade do arroz gaúcho e seus Condicionantes. **Revista Análise Econômica**, a. 17, n. 31, março de 1999.
- ARNADE, C. Using a programming approach to measure international agricultural efficiency and productivity. **Journal of Agricultural Economics**, v. 49, n. 1, 1998.
- BARRETT, C. B.; CARTER, M. R.; TIMMER, C. P. A Century-long perspective on agricultural development. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 92 (2), 2010.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research** v. 2, 1978.
- CHAVAS, J. P. On the economics of agricultural production. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 52, 2008.
- CHAVAS, J. P.; CHAMBERS, R. G.; POPE, R. D. Production economics and farm management: a century of contributions. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 92 (2), 2010.
- CHAVAS, J. P.; PETRIE, R.; ROTH, M. Farm household production efficiency: evidence from the Gambia. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 87 (1), 2005.
- COELLI, T.; RAHMAN, S.; THIRTLE, C. Technical, allocative, cost and scale efficiencies in Bangladesh rice cultivation: a non-parametric approach. **Journal of Agricultural Economics**, v. 53, n. 3, 2002.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Introduction to data envelopment analysis and its uses**. Springer Science + Business Media, Inc. New York, 2006.
- DHUNGANA, B. R.; NUTHALL, P. L.; NARTEA, G. V. Measuring the economic inefficiency of nepalese rice farms using data envelopment analysis. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 48, n. 2, 2004.
- FARREL, M. J. The measurement of economic efficiency. **Journal of Royal Statistical Society**, n.120, p. 253-81, 1957.
- FARREL, M. J.; FIELDHOUSE, M. **Estimating efficient production function under FEE**. Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[www.fee.tche.br](http://www.fee.tche.br)>. Acesso em: 27 out. 2010.
- FERREIRA FILHO, J. B. de S.; PEREIRA FILHO, C. A. Sources of small family farm production inefficiency, Recôncavo Region, Bahia, Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 41, n. 1. Brasília, 2003.

FULGINITI, L. E.; PERRIN, R. K. Agricultural productivity in developing countries. **Agricultural Economics**, v. 19, 1998.

GASQUES, J. G. *et al.* **Desempenho e crescimento do agronegócio no Brasil**. Texto para Discussão n. 1009. Ipea, 2004.

GONÇALVES, R. M. L. *et al.* Analysis of Technical efficiency of milk-producing farms in Minas Gerais. **Economia Aplicada**, v. 12, n. 2. São Paulo, 2008.

GUERREIRO, E. Produtividade do trabalho e da terra na agropecuária paranaense. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 34, n. 1. (Artigo acessado em CD). Sober, 1996.

HELFAND, S. M.; LEVINE, E. S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center West. **Agricultural Economics**, v. 31, 2004.

IBGE. **Censo agropecuário – Rio Grande do Sul 1975**, v. I, t. 20. Rio de Janeiro, 1979. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 16 out. 2009.

\_\_\_\_\_. **Censo agropecuário – Rio Grande do Sul 1995-1996**, n. 22. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 16 out. 2009.

\_\_\_\_\_. **Censo agropecuário – Rio Grande do Sul 2006**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 16 out. 2009.

\_\_\_\_\_. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (Sidra)**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 maio 2002.

INCREASING RETURNS TO SCALE. **Journal of Royal Statistical Society**, n. 125, p. 252-67, 1962.

RUTTAN, V. W. Productivity growth in world agriculture: sources and constraints. **Journal of Economic Perspectives**, v. 16, n. 4, 2002.

VICENTE, J. R. Economic efficiency of agricultural production in Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n. 2. Brasília, 2004.

Vieira Filho, J. E. R.; Silveira, J. M. F. J. Mudança tecnológica na agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 50 (4), p. 721-742, 2012.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory econometrics-a modern approach**. Thomson South-Western, 2003.

WU, S.; PRATO, T. Cost efficiency and scope economies of crop and livestock farms in Missouri. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 38, n. 3, 2006.

## ANEXOS

## Anexo A

TABELA A.1  
Níveis de eficiência técnica em regiões selecionadas do Rio Grande do Sul (1975, 1995/1996 e 2006)

Regiões	1975			1995/1996			2006		
	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala
Agudo	0,889	0,889	Decrescente	1,000	1,000	Constante	0,858	0,858	Decrescente
Dona Francisca	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Faxinal do Soturno e São João do Polésine	0,857	0,973	Decrescente	0,944	0,944	Decrescente	0,534	0,961	Decrescente
Formigueiro	1,000	1,000	Constante	0,986	0,986	Decrescente	0,689	0,965	Constante
Restinga Seca	1,000	1,000	Constante	0,803	0,871	Decrescente	0,449	0,887	Decrescente
Cacequi	1,000	1,000	Constante	0,805	0,996	Constante	1,000	1,000	Constante
Jaguari e Nova Esperança do Sul	0,846	0,997	Constante	0,838	0,909	Decrescente	0,632	0,963	Decrescente
Mata	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,527	0,954	Constante
Santa Maria, São Martinho da Serra, Silveira Martins, Dilermando de Aguiar e Itaara	0,879	0,879	Decrescente	0,792	0,880	Decrescente	0,378	0,605	Decrescente
São Pedro do Sul e Toropi	0,897	0,996	Constante	0,810	0,967	Decrescente	0,310	0,898	Decrescente
São Vicente do Sul	0,987	0,994	Decrescente	0,771	0,987	Decrescente	0,434	0,997	Constante
Júlio de Castilhos, Quevedos, Ivorá, Pinhal Grande e Nova Palma	0,724	0,835	Decrescente	0,830	0,892	Constante	0,367	0,507	Decrescente
Cachoeira do Sul, Cerro Branco, Paraíso do Sul e Novo Cabrais	0,782	0,784	Decrescente	0,681	0,744	Decrescente	0,127	0,460	Decrescente
Rio Pardo, Pantano Grande e Passo do Sobrado	0,655	0,820	Decrescente	0,694	0,717	Decrescente	0,381	0,665	Decrescente
Arroio do Meio, Capitão, Nova Brésia, Pouso Novo, Travesseiro, Coqueiro Baixo, Encantado, Relvado e Doutor Ricardo	0,780	0,780	Decrescente	0,893	0,893	Decrescente	1,000	1,000	Constante
Lajeado, Boqueirão do Leão, Progresso, Santa Clara do Sul, Sério, Forquetinha, Marques de Souza e Canudos do Vale	0,772	0,772	Decrescente	1,000	1,000	Constante	0,608	0,875	Decrescente
Bom Retiro do Sul e Fazenda Vila Nova	0,516	0,985	Decrescente	1,000	1,000	Constante	0,391	0,992	Crescente
Estrela, Colinas, Imigrante, Teutônia, Westfalia, Roca Sales, Garibaldi, Boa Vista do Sul, Coronel Pilar, Bento Gonçalves, Santa Tereza e Monte Belo do Sul	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,778	0,778	Decrescente
Muçum e Vespasiano Correa	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,831	0,994	Constante
Taquari, Paverama e Tabai	0,905	0,947	Decrescente	0,618	0,913	Constante	0,815	0,978	Constante
Sobradinho, Segredo, Ibarama, Lagoa Bonita do Sul e Passa Sete	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,681	0,861	Decrescente
Santa Cruz do Sul, Sinimbu, Vale do Sol, Gramado Xavier, Candelária e Herveiras	0,886	0,886	Decrescente	1,000	1,000	Constante	0,790	0,790	Decrescente

(Continua)

(Continuação)

Regiões	1975			1995/1996			2006		
	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala
Vera Cruz	0,998	0,998	Decrescente	1,000	1,000	Constante	0,865	0,876	Decrescente
Venâncio Aires, Mato Leitão e Cruzeiro do Sul	0,888	0,888	Decrescente	0,835	0,835	Decrescente	0,890	0,890	Decrescente
Barra do Ribeiro	0,922	0,983	Decrescente	0,972	0,999	Constante	1,000	1,000	Constante
Camaquã, Arambaré, Cristal, Chuvisca, Tapes, Cerro Grande do Sul, Sentinela do Sul, Dom Feliciano, São Jerônimo, Barão do Triunfo, Charqueadas, Guaíba, Mariana Pimentel, Sertão Santana e Eldorado do Sul	0,656	0,656	Decrescente	0,771	0,771	Decrescente	0,360	0,360	Decrescente
Triunfo	0,957	0,957	Decrescente	0,715	0,873	Constante	1,000	1,000	Constante
Arroio dos Ratos	0,494	0,994	Constante	0,417	0,959	Decrescente	1,000	1,000	Constante
Butiá e Minas do Leão	0,710	0,995	Decrescente	0,741	0,924	Decrescente	0,579	0,997	Crescente
General Câmara e Vale Verde	0,630	0,918	Decrescente	0,839	0,983	Decrescente	0,274	1,000	Constante
Encruzilhada do Sul e Amaral Ferrador	0,339	0,839	Decrescente	0,350	0,704	Decrescente	0,182	0,801	Decrescente
Canela	0,437	0,940	Decrescente	1,000	1,000	Constante	0,531	0,987	Crescente
Nova Petrópolis, Picada Café, Ivoti, Lindolfo Collor, Presidente Lucena, Dois Irmãos, Santa Maria do Herval e Morro Reuter	1,000	1,000	Decrescente	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Gramado	0,876	0,978	Crescente	1,000	1,000	Constante	0,158	0,983	Constante
Igrejinha	0,881	0,998	Constante	0,617	0,950	Constante	0,311	0,724	Crescente
Rolante e Riozinho	0,767	0,767		0,916	0,932	Constante	0,645	0,975	Crescente
Três Coroas	1,000	1,000	Constante	0,975	0,997	Constante	0,248	0,987	Crescente
Feliz, Linha Nova, Alto Feliz e Vale Real	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Montenegro, Brochier, Harmonia, Pareci Novo, Salvador do Sul, Carlos Barbosa, Barão, Bom Princípio, Poço das Antas, Maratá, São Sebastião do Cai, São Vendelino, Tupandi, São José do Hortêncio, São Pedro da Serra e São José do Sul	0,767	0,774	Decrescente	0,954	0,954	Decrescente	1,000	1,000	Constante
Canoas, Nova Santa Rita, Portão e Capela de Santana	0,538	0,735	Decrescente	0,654	0,977	Constante	0,631	0,997	Crescente
Torres, Três Cachoeiras, Três Forquilhas, Arroio do Sal, Morrinhos do Sul, Dom Pedro de Alcântara e Mampituba	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Osório, Capão da Canoa, Maquiné, Terra de Areia, Xangrilá, Itati, Tramandaí, Palmares do Sul, Cidreira, Imbé, Balneário Pinhal, Capivari do Sul, Mostardas, Tavares e Viamão	0,925	0,925	Decrescente	0,727	0,727	Decrescente	0,591	0,591	Decrescente
Santo Antônio da Patrulha e Caraá	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,430	0,965	Decrescente
Alvorada	0,688	0,688	Crescente	1,000	1,000	Constante	0,931	0,931	Crescente
Cachoeirinha	0,338	0,923	Constante	1,000	1,000	Constante	0,925	0,925	Crescente
Campo Bom	0,916	0,916	Crescente	0,588	0,588	Decrescente	1,000	1,000	Constante
Estância Velha	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Esteio	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante

(Continua)

(Continuação)

Regiões	1975			1995/1996			2006		
	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala
Porto Alegre	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,638	0,971	Crescente
Gravatá e Glorinha	0,759	0,759	Decrescente	0,712	0,861	Decrescente	0,372	0,996	Crescente
Novo Hamburgo	0,725	0,919	Decrescente	0,977	0,977	Decrescente	0,823	0,932	Crescente
São Leopoldo	1,000	1,000	Constante	0,860	0,944	Decrescente	0,032	0,032	Crescente
Sapiranga, Nova Hartz, Parobé, Araricá e Taquara	0,930	0,930	Decrescente	0,798	0,838	Decrescente	0,674	0,996	Crescente
Sapucaia do Sul	0,879	0,879	Crescente	1,000	1,000	Constante	0,398	0,398	Crescente
Antônio Prado e Nova Roma do Sul	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,819	0,996	Constante
Caxias do Sul	0,542	0,690	Decrescente	0,935	0,935	Decrescente	0,656	0,845	Decrescente
Farroupilha	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Flores da Cunha e Nova Pádua	0,869	0,911	Decrescente	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
São Marcos	0,597	0,835	Decrescente	1,000	1,000	Constante	0,970	0,993	Crescente
Veranópolis, Vila Flores, Cotiporã e Fagundes Varela	0,876	0,876	Decrescente	0,905	0,905	Decrescente	0,852	0,941	Decrescente
Anta Gorda	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,858	0,992	Constante
Arvorezinha, Itapuca e Nova Alvorada	0,655	0,926	Decrescente	0,952	0,952	Decrescente	0,867	0,891	Decrescente
Guaporé, Dois Lajeados, São Valentim do Sul, Montauri, União da Serra e Serafina Corrêa	0,939	0,939	Decrescente	0,805	0,805	Decrescente	1,000	1,000	Constante
Ilópolis	0,992	0,992	Crescente	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Nova Araçá	1,000	1,000	Constante	0,883	0,966	Decrescente	1,000	1,000	Constante
Nova Bassano	0,854	0,993	Crescente	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Nova Prata, Guabiju, Protássio Alves, São Jorge e Vista Alegre do Prata	0,642	0,916	Decrescente	0,696	0,893	Decrescente	0,624	0,828	Decrescente
Paráí	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Putinga	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,594	0,995	Constante
Bom Jesus e São José dos Ausentes	0,859	0,887	Decrescente	0,807	0,844	Decrescente	0,325	0,862	Decrescente
Cambará do Sul	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
São Francisco de Paula e Jaquirana	0,402	0,768	Decrescente	0,672	0,719	Decrescente	1,000	1,000	Constante
Palmeira das Missões, Boa Vista das Missões, Cerro Grande, Jaboticaba, Lajeado do Bugre, Novo Barreiro, Sagrada Família, São José das Missões, São Pedro das Missões, Rodeio Bonito, Seberí, Pinhal, Iraj, Ametista do Sul, Novo Tiradentes, Cristal do Sul e Planalto	0,899	0,899	Decrescente	0,877	0,877	Decrescente	0,701	0,701	Decrescente
Caibaté e Mato Queimado	0,980	0,980	Crescente	0,580	0,993	Decrescente	1,000	1,000	Constante
Cerro Largo, Salvador das Missões e São Pedro do Butiá	1,000	1,000	Constante	0,895	0,919	Constante	0,732	0,980	Constante
Porto Xavier	1,000	1,000	Constante	0,916	0,972	Decrescente	0,457	0,935	Crescente
Roque Gonzales	1,000	1,000	Constante	0,756	0,756	Decrescente	0,478	0,985	Crescente
São Paulo das Missões	0,892	0,892	Crescente	0,935	0,995	Constante	0,536	0,987	Constante

(Continua)

(Continuação)

Regiões	1975			1995/1996			2006		
	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala
Cruz Alta, Fortaleza dos Valos, Boa Vista do Incra, Boa Vista do Cadeado, Ijuí, Bozano, Augusto Pestana, Coronel Barros, Ibirubá, Quinza de Novembro, Espumoso, Alto Alegre, Campos Borges, Jacuizinho, Arroio do Tigre, Salto do Jacuí e Estrela Velha	0,717	0,717	Decrescente	0,808	0,808	Decrescente	0,475	0,475	Decrescente
Santa Bárbara do Sul, Colorado e Saldanha Marinho	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Aratiba e Barra do Rio Azul	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Campinas do Sul e Cruzaltense	0,862	0,998	Constante	1,000	1,000	Constante	0,987	0,987	Decrescente
Erval Grande	0,620	0,899	Crescente	0,700	0,999	Constante	1,000	1,000	Constante
Itatiba do Sul	1,000	1,000	Constante	0,937	0,987	Constante	0,720	0,826	Crescente
Marcelino Ramos	1,000	1,000	Constante	0,900	0,983	Decrescente	0,244	0,987	Crescente
São Valentim, Faxinalzinho, Entre Rios do Sul e Benjamin Constant do Sul	0,997	0,999	Crescente	0,650	1,000	Constante	0,678	0,997	Constante
Erechim, Severiano de Almeida, Gaurama, Mariano Moro, Três Arroios, Áurea, Centenário, Quatro Irmãos, Barão do Cotegipe, Jacutinga, Ponte Preta e Paulo Bento	0,748	0,748	Decrescente	0,838	0,838	Decrescente	0,472	0,633	Decrescente
Viadutos e Carlos Gomes	0,798	0,999	Decrescente	0,810	1,000	Constante	0,392	0,992	Constante
Alpestre	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Erval Seco e Dois Irmãos das Missões	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,744	0,996	Decrescente
Vicente Dutra	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,815	0,996	Constante
Caçara	0,937	0,937	Crescente	0,899	0,996	Constante	0,456	0,985	Constante
Nonoai, Gramado dos Loureiros, Rio dos Índios, Liberato Salzano e Trindade do Sul	0,796	0,796	Decrescente	0,750	0,907	Decrescente	0,416	0,885	Decrescente
Constantina, Engenho Velho e Novo Xingu	0,995	0,995	Decrescente	1,000	1,000	Constante	0,887	0,887	Decrescente
Rondinha	1,000	1,000	Constante	0,891	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Palmitinho e Pinheirinho do Vale	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Frederico Westphalen, Taquaraçu do Sul e Vista Alegre	0,997	0,997	Decrescente	0,916	0,925	Decrescente	0,737	0,877	Decrescente
Ajuricaba e Nova Ramada	0,988	0,999	Constante	0,887	0,987	Decrescente	0,569	0,990	Crescente
Condor	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,653	0,876	Decrescente
Coronel Bicaco	0,605	0,997	Constante	0,902	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Panambi	1,000	1,000	Constante	0,804	0,973	Decrescente	0,823	0,959	Decrescente
Pejuçara	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Santo Augusto e São Valério do Sul	0,938	0,995	Constante	0,796	0,965	Decrescente	0,891	0,994	Constante
Selbach	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,820	0,865	Crescente
São Borja, Itacurubi e Garruchos	1,000	1,000	Constante	0,629	0,745	Decrescente	0,634	0,759	Decrescente
Uruguaiana e Barra do Quaraí	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Quaraí	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante

(Continua)

(Continuação)

Regiões	1975			1995/1996			2006		
	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala
Passo Fundo, Ernestina, Mato Castelhano, Victor Graeff, Sertão, Coxilha, Getúlio Vargas, Estação, Erebang, Ipiranga do Sul, Tio Hugo, Floriano Peixoto, Tapejara, Charrua, Vila Lângaro, Ciríaco, Água Santa, Santa Cecília do Sul, Marau, Camargo, Gentil, Nicolau Veigueiro, Sarandi, Barra Funda, Chapada, Nova Boa Vista do Sul, Carazinho, Coqueiros do Sul, Almirante Tamandaré do Sul, Não-Me-Toque, Tapera, Lagoa dos Três Cantos, Santo Antônio do Planalto, Lagoa Vermelha, André da Rocha, Capão Bonito do Sul, Ibiraiaras, Ibiaçá, Caseiros, David Canabarro, Muliterno, Ronda Alta, Três Palmeiras, Pontão, Casca, Santo Antônio do Palma, São Domingos do Sul, Vanini, Vila Maria, Vacaria, Campestre da Serra, Ipê, Monte Alegre dos Campos, Muitos Capões, Esmeralda e Pinhal da Serra	0,681	0,681	Decrescente	0,750	0,750	Decrescente	0,509	0,509	Decrescente
Barracão	0,837	0,837	Decrescente	0,755	0,993	Decrescente	0,390	0,978	Decrescente
Machadinho	0,682	0,963	Crescente	0,550	0,998	Crescente	0,304	0,997	Crescente
Cacique Doble, São José do Ouro, Santo Expedito do Sul e Tupanci do Sul	0,763	0,995	Decrescente	0,536	0,935	Decrescente	0,368	0,848	Constante
Maximiliano de Almeida	1,000	1,000	Constante	0,733	0,845	Decrescente	0,609	0,905	Constante
Paim Filho e São João da Urtiga	0,996	0,996	Constante	0,746	0,990	Decrescente	0,495	0,998	Crescente
Sananduva	0,854	0,987	Decrescente	0,892	0,945	Decrescente	0,591	0,909	Constante
Santo Cristo, Alecrim, Porto Lucena e Porto Vera Cruz	0,931	0,931	Decrescente	1,000	1,000	Constante	0,577	0,802	Decrescente
Três de Maio, Alegria e São José do Inhacorá	0,919	0,919	Decrescente	1,000	1,000	Constante	0,878	0,997	Crescente
Cândido Godói	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,697	0,970	Crescente
Independência	0,837	0,933	Crescente	1,000	1,000	Constante	0,455	0,986	Crescente
Santa Rosa	0,805	0,950	Constante	1,000	1,000	Constante	0,829	0,935	Decrescente
Tucunduva, Novo Machado, Tuparendi e Porto Mauá	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,779	0,892	Constante
Bossoroca	1,000	1,000	Constante	0,701	0,701	Decrescente	0,077	0,966	Decrescente
Inhacorá	0,721	0,800	Decrescente	0,938	0,938	Decrescente	1,000	1,000	Constante
Santo Ângelo, Entre-Ijuís, Eugênio de Castro, Vitória das Missões, Tupanciretã, Jóia, São Luiz Gonzaga, São Miguel das Missões, Dezesseis de Novembro, Jari, Rolador, São Nicolau, Pirapó, Santiago, Unistalda e Capão do Cipó	0,645	0,645	Decrescente	0,662	0,662	Decrescente	0,231	0,275	Decrescente
Giruí, Senador Salgado Filho, Campina das Missões, Ubiretama, Guarani das Missões e Sete de Setembro	0,771	0,771	Decrescente	0,774	0,836	Decrescente	0,588	0,731	Decrescente
Santo Antônio das Missões	1,000	1,000	Constante	0,740	0,795	Decrescente	0,179	0,942	Constante
Barros Cassal	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,691	0,995	Crescente
Fontoura Xavier e São José do Herval	0,580	1,000	Constante	0,824	0,998	Increasing	0,551	0,981	Crescente

(Continua)

(Continuação)

Regiões	1975			1995/1996			2006		
	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala	Escore de eficiência CCR	Eficiência de escala	Retornos de escala
Soledade, Ibirapuitã, Lagoão, Mormaço e Tunas	0,814	0,896	Decrescente	0,589	0,957	Decrescente	0,216	0,577	Decrescente
Boa Vista do Buricá e Nova Candelária	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Braga	0,684	0,684	Crescente	0,875	0,999	Constante	0,554	0,869	Crescente
Horizontina e Doutor Maurício Cardoso	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,752	0,983	Constante
Crissiumal	0,879	0,879	Decrescente	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
São Martinho	1,000	1,000	Constante	0,807	0,998	<i>Increasing</i>	1,000	1,000	Constante
Miraguaí	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
Humaitá, Sede Nova, Três Passos, Tiradentes do Sul, Campo Novo, Bom Progresso e Esperança do Sul	0,878	0,878	Decrescente	1,000	1,000	Decrescente	1,000	1,000	Constante
Tenente Portela, Vista Gaúcha, Barra do Guarita e Derrubadas	1,000	1,000	Constante	0,943	0,964	Decrescente	0,823	0,983	Constante
Redentora	0,846	0,855	Crescente	0,817	0,995	Decrescente	0,815	0,815	Crescente
Arroio Grande	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,601	0,914	Decrescente
Jaguarão	0,873	0,873	Crescente	1,000	1,000	Constante	0,808	0,940	Constante
Rio Grande	0,792	0,931	Decrescente	0,773	0,878	Decrescente	0,741	0,976	Constante
Santa Vitória do Palmar e Chui	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
São José do Norte	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,813	0,986	Constante
Canguçu	0,876	0,876	Decrescente	0,730	0,779	Decrescente	0,280	0,525	Decrescente
Pedro Osório e Cerrito	0,793	0,974	Constante	0,753	0,929	Decrescente	0,318	0,998	Decrescente
Pelotas, Capão do Leão, Morro Redondo, Arroio do Padre, São Lourenço do Sul e Turuçu	0,731	0,731	Decrescente	0,706	0,846	Decrescente	0,368	0,436	Decrescente
Caçapava do Sul	0,658	0,986	Decrescente	0,872	0,927	Decrescente	0,194	0,936	Decrescente
Santana da Boa Vista	1,000	1,000	Constante	0,756	0,992	Decrescente	0,125	0,997	Constante
Rosário do Sul	0,641	0,994	Decrescente	0,796	0,948	Decrescente	0,411	0,899	Constante
Santana do Livramento	0,785	0,800	Decrescente	0,968	0,968	Decrescente	0,190	0,880	Decrescente
São Gabriel, São Sepé, Vila Nova do Sul e Santa Margarida do Sul	0,778	0,806	Decrescente	0,741	0,741	Decrescente	0,476	0,542	Decrescente
Bagé, Hulha Negra, Pinheiro Machado, Candiota, Aceguá, Pedras Altas e Herval	0,753	0,782	Decrescente	0,816	0,816	Decrescente	0,115	0,456	Decrescente
Piratini	1,000	1,000	Constante	0,591	0,811	Decrescente	0,985	0,985	Decrescente
Dom Pedrito	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,666	0,874	Decrescente
Lavras do Sul	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	0,000	0,997	Decrescente
Alegrete, São Francisco de Assis e Manoel Viana	0,635	0,770	Decrescente	0,669	0,669	Decrescente	0,475	0,520	Decrescente
Itaqui e Maçambará	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante	1,000	1,000	Constante
<b>Média</b>	<b>0,871</b>	<b>0,933</b>		<b>0,874</b>	<b>0,941</b>		<b>0,676</b>	<b>0,897</b>	

Fonte: IBGE (1979, 1998 e 2010).

Elaboração dos autores.

