

ESTIMATIVA DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO EFICIENTE PARA A AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS

Antonio José Medina dos Santos Baptista
Doutorando em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa
Adriano Provezano Gomes
Professor do Departamento de Economia da Universidade Federal de Viçosa

Resumo: Este estudo objetivou analisar a função de produção agregada da agropecuária do Estado de Minas Gerais, segundo suas mesorregiões. Foram utilizando dados relacionados aos insumos terra, trabalho e capital e ao valor da produção, fornecidos pelo Censo Agropecuário do IBGE. A análise foi realizada em duas etapas. Inicialmente, homogeneizaram-se os municípios em termos da eficiência produtiva, utilizando-se, para tanto, a abordagem não-paramétrica conhecida como análise envoltória de dados. O objetivo foi projetar os valores dos municípios ineficientes para a fronteira de produção eficiente. Numa segunda etapa, de posse dos valores projetados das variáveis, ajustou-se uma função de produção agregada na forma funcional tipo *Cobb-Douglas*, cujos parâmetros foram estimados por mínimos quadrados ordinários. Com isso, foram obtidas funções de produção que não possuem ineficiências, ou seja, expressam melhor as idéias maximizadoras de lucro. De acordo com os resultados encontrados o fator mais importante na produção agrícola mineira é o capital e o utilizado com maior excesso é a terra. Eliminadas as ineficiências, o capital continua sendo o mais importante. Entretanto, ao ajustar os dados, a terra passou a ter maior influência na produção do que o trabalho, confirmando a abundância relativa desse fator em Minas Gerais. Tais constatações reforçam a antiga idéia da importância de se modernizar o setor agrícola, ou seja, torná-lo mais intensivo em capital.

Palavras-chave: Função de produção de fronteira, eficiência técnica, mesorregiões de Minas Gerais.

1. Introdução

O agronegócio em Minas Gerais é constituído de uma diversidade de atividades, das quais muitas delas ocupam posição de destaque em termos da economia nacional. Além de grande contingente de mão-de-obra que emprega, participa na segurança alimentar e gera divisas que poderão ser alocados em outros setores da economia e impulsionar o desenvolvimento econômico do estado e do país.

De acordo com FJP (2001), é notória a queda do percentual do PIB agropecuário em relação ao PIB total do estado. Em 1985, o PIB agropecuário representava 12,9% do PIB total do estado, passando para 11,1% em 1990, 10,7% em 1995, e 8,51% em 2000.

Em face à grande importância da agropecuária e dos setores a ela relacionados e, especialmente, às transformações por que vem passando nos últimos anos, o objetivo deste trabalho foi analisar a função de produção agropecuária mineira.

Sendo a agropecuária um dos setores que o governo vem apostando dentro da estratégia de desenvolvimento e segurança alimentar, é imprescindível que sejam realizados estudos que subsidiem o governo e demais tomadores de decisão na elaboração de estratégias de ação, que possam facilitar a participação da agropecuária, de forma efetiva no processo de desenvolvimento econômico brasileiro.

2. Metodologia

A simples agregação dos municípios e a subsequente estimação econométrica gera resultados viesados que podem comprometer a alocação eficiente dos recursos, os quais são, na maioria das vezes, escassos e caros. A agregação das micro funções de produção para gerar uma macro função de produção, sem levar em conta as diferenças na eficiência produtiva, gera resultados viesados. Assim, na estimação da função de produção agregada do estado deve-se levar em conta as características de eficiência produtiva dos municípios.

Incorre-se em erros ao tentar comparar diferentes unidades de produção, baseando-se apenas na estimação de função de produção média, pelo fato de que este não leva em consideração as diferenças na eficiência produtiva entre as unidades de produção no processo produtivo.

Este estudo baseia-se nos princípios da teoria da produção, especificamente no conceito de função de produção, que indica a relação técnica entre a produção máxima obtida em determinada unidade de tempo e os fatores utilizados no processo de produção.

Geralmente, a estimação de funções de produção pode ser realizada por meio de abordagem paramétrica (econométrica) ou não-paramétrica (programação matemática). A grande maioria dos estudos que pretendem analisar a função de produção utiliza a função de produção média estimada por técnicas econométricas. Entretanto, como citado anteriormente este procedimento pode levar a resultados viesados pelo fato de não levar em conta as diferenças na eficiência produtiva. Neste sentido torna-se necessário estimar uma função de produção de fronteira que caracteriza a melhor tecnologia (*best practice*), a partir da qual

podem-se fazer comparações entre as unidades de produção em termos de eficiência produtiva e estrutura da tecnologia de produção.

A Figura 1 ilustra a diferença entre uma função de produção média estimada por mínimos quadrados e uma função de produção de fronteira.

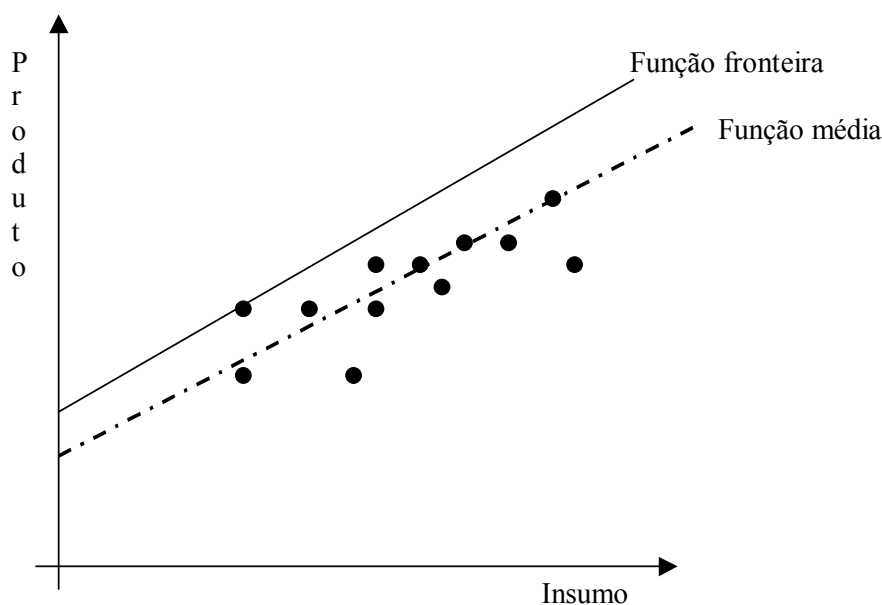


Figura 1: Representação da função de produção.

Percebe-se que na função média, ao minimizar o quadrado dos desvios, existem pontos acima e abaixo da função. Já na função fronteira, todos os pontos situam-se nela, ou abaixo. Os pontos que se encontram em cima da fronteira referem-se às unidades eficientes. De modo equivalente, os pontos abaixo da fronteira apresentam algum tipo de ineficiência.

A existência de ineficiência impossibilita a estimação correta da função, uma vez que contradiz todos os princípios microeconômicos de maximização de lucro. Nesse sentido, é necessário eliminar as ineficiências, no intuito de projetar as unidades ineficientes para a fronteira eficiente. Feito isso, pode-se estimar a função de produção, a qual expressará melhor as relações entre insumos e produto, já desprovida de ineficiência.

Neste estudo, para discriminar os municípios em termos do nível de eficiência utilizou-se a abordagem não-paramétrica conhecida como análise envoltória de dados (DEA), pelo fato de poder incorporar a característica *multi-produto* da agropecuária e não ser necessário especificar formas funcionais nem informações sobre preços. Além disso, cresceu

muita a utilização dessa técnica em trabalhos empíricos da análise de eficiência e produtividade.

2.1. Análise envoltória de dados

A análise envoltória de dados é uma técnica não-paramétrica que se baseia na programação matemática, especificamente na programação linear, para analisar a eficiência relativa de DMUs¹.

Segundo CHARNES et al. (1994), para estimar e analisar a eficiência relativa das DMUs, a DEA utiliza a definição de ótimo de pareto, segundo o qual nenhum produto pode ter sua produção aumentada sem que sejam aumentados os seus insumos ou diminuída a produção de outro produto, ou, de forma alternativa, quando nenhum insumo pode ser diminuído sem ter que diminuir a produção de algum produto. A eficiência é analisada, relativamente, entre as unidades.

CHARNES et al. (1978) generalizaram o trabalho de FARRELL (1957), para incorporar a natureza *multi-produto* e *multi-insumo* da produção, propondo a técnica DEA para a análise das diferentes unidades, quanto à eficiência relativa.

A função distância é empregada para incorporar a natureza *multi-produto* e *multi-insumo* na análise de produtividade e eficiência, sem necessidade de especificar objetivos comportamentais dos tomadores de decisão (ex.: minimizar custos ou maximizar lucros).

A função distância pode ser definida com orientação insumo ou orientação produto. A função distância com orientação insumo caracteriza a tecnologia de produção pela minimização proporcional (contração) do vetor insumo, dado um vetor de produto. Já a função distância com orientação produto caracteriza a tecnologia de produção pela maximização proporcional do vetor produto, dado um vetor de insumo.

Segundo FÄRE et al. (1994b), a forma conveniente de descrever a característica *multi-produto* da produção é pela tecnologia de produção, definida pelo conjunto S:

$$S = \{(x,y) : x \text{ pode produzir } y\}, \quad (1)$$

¹ DMUs (Decision Making Units) é um termo utilizado na técnica DEA para referenciar unidades homogêneas que utilizam insumos semelhantes para produzir produtos semelhantes e têm autonomia para tomar decisões.

que é definido pelo conjunto de todos os vetores de insumos e produtos (x,y) , tal que x possa produzir y , em que x é um vetor $(k \times 1)$ não-negativo de insumos e y , um vetor $(m \times 1)$ não-negativo de produtos.

O conjunto de tecnologias de produção pode, de forma equivalente, ser definido pelo conjunto de possibilidades de produção $P(x)$, que representa o conjunto de todos os vetores de produtos y , que pode ser produzido pelo vetor de insumos x , isto é,

$$P(x) = \{y: x \text{ pode produzir } y\}. \quad (2)$$

A função distância com orientação produto, de acordo com SHEPHARD (1970), pode ser definida pelo conjunto de produtos $P(x)$, como

$$do(x,y) = \min \{\phi : (y/\phi) \in P(x), \quad (3)$$

$$= (\max \{\phi: (\phi y) \in P(x)\})^{-1}, \quad (4)$$

em que ϕ , na expressão (3), é um fator mínimo, pelo qual o produto pode ser contraído e, ainda assim, pertencer ao conjunto de possibilidades de produção.

A função distância $do(x,y)$ poderá ter valores menores ou iguais a 1, se o vetor de produto y for um elemento do conjunto de possibilidade de produção $P(x)$; se for igual a 1, (x,y) estará sobre a fronteira tecnológica; nesse sentido, a produção será tecnicamente eficiente.

O modelo DEA com orientação-produto², procura maximizar o aumento proporcional nos níveis de produto, mantendo fixa a quantidade de insumos. De acordo com CHARNES et al. (1994) e LINS e MEZA (2000), pode ser representado algebricamente por:

$$\begin{aligned} [do(y, x)]^{-1} &= \text{Max}_{\phi, \lambda, S^+, S^-} \phi \\ \text{s.a} \quad &\phi y_i - Y\lambda + S^+ = 0, \\ &- x_i + X\lambda + S^- = 0, \\ &-\lambda \leq 0, \\ &-S^+ \leq 0, \\ &-S^- \leq 0. \end{aligned} \quad (5)$$

² Neste estudo utilizou-se o modelo DEA com orientação-produto no sentido de manter coerência com a função de produção utilizada no modelo de regressão (ambos tem a produção como variável dependente).

em que y_i é um vetor ($m \times 1$) de quantidades de produto da i -ésima DMU; x_i é um vetor ($k \times 1$) de quantidades de insumo da i -ésima DMU; Y é uma matriz ($n \times m$) de produtos das n DMUs; X é uma matriz ($n \times k$) de insumos das n DMUs; λ é um vetor ($n \times 1$) de pesos; S^+ é um vetor de folgas relativo aos produtos; S^- é um vetor de folgas relativos aos insumos; e ϕ é uma escalar que tem valores iguais ou maiores do que 1 e indica o escore de eficiência das DMUs, ou seja, um valor igual a 1 indica eficiência técnica da i -ésima DMU, em relação às demais, enquanto um valor maior do que 1 evidencia a presença de ineficiência técnica relativa. O problema apresentado em (5) é resolvido n vezes - uma vez para cada DMU, e, como resultado, apresenta os valores de ϕ e λ , sendo ϕ o escore de eficiência da DMU sob análise e λ fornece os *peers* (as DMUs eficientes que servem de referência ou *Benchmark* para a i -ésima DMU ineficiente).

2.2. Função de produção

Para analisar a produção, utilizou-se a função de produção tipo *Cobb-Douglas*, definida da seguinte forma:

$$Y = AX_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} \quad (6)$$

em que Y é a variável dependente; A indica nível tecnológico; X_i refere-se às variáveis independentes, representando os fatores de produção, e os β_i são parâmetros a serem estimados.

Aplicando-se logaritmo em ambos lados da equação, obtém-se:

$$\text{Log}Y = \text{Log}A + \beta_1 \text{Log}X_1 + \beta_2 \text{Log}X_2 + \beta_3 \text{Log}X_3 \quad (7)$$

Ao expressar a função desta forma, a os coeficientes β_i passam a ser as elasticidades de produção de cada fator.

2.3. Dados utilizados no estudo e procedimentos

Foram utilizados dados coletados no Censo Agropecuário 95/96, referentes aos municípios do Estado de Minas Gerais, separados segundo as mesorregiões geográficas, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2: Mapa do estado de Minas Gerais, com discriminação das mesorregiões

Para analisar a eficiência relativa dos municípios, foram utilizadas três variáveis relacionadas aos insumos e uma variável relacionada ao produto. São elas:

- Terra (X_1): área explorada, expressa em hectares. O conceito de área explorada refere-se à soma de áreas com lavouras permanentes e temporárias, pastagens plantadas, matas plantadas, áreas com pastagens naturais e matas naturais.
- Trabalho (X_2): pessoal ocupado nas atividades agropecuárias, expresso em número de trabalhadores.
- Capital (X_3): despesa, expressa em Reais de 1996.
- Produção (Y): soma do valor da produção vegetal e animal, expressas em Reais.

Foram calculados Problemas de Programação Linear (PPL) como os apresentados em (5), para cada município da amostra. Este procedimento teve como objetivo calcular o escore de eficiência dos municípios e separá-los em termos do nível de eficiência. Após calcular o escore de eficiência para cada município, os valores projetados das variáveis foram utilizados

para estimar uma função de produção agregada do tipo *Cobb-Douglas*, objetivando analisar a produção agropecuária das mesorregiões do estado, caso não ocorra ineficiências na alocação de recursos e no processo produtivo.

Para estimar a função de produção média, definiu-se o seguinte modelo de regressão:

$$\text{Log}Y_i = \text{Log}A + \beta_1 \text{Log}X_{1i} + \beta_2 \text{Log}X_{2i} + \beta_3 \text{Log}X_{3i} + u_i \quad (8)$$

em que os β s referem-se aos parâmetros a serem estimados, medindo a elasticidade que fornece a participação relativa de cada variável na produção de cada município; e u_i representa o termo de erro aleatório, que se pressupõe ter média 0 e variância constante. As demais variáveis foram anteriormente definidas.

A função de produção de fronteira foi estimada de forma semelhante à função média, diferindo apenas nas variáveis utilizadas isto é,

$$\text{Log}Y_i^P = \text{Log}A + \beta_1 \text{Log}X_{1i}^P + \beta_2 \text{Log}X_{2i}^P + \beta_3 \text{Log}X_{3i}^P + u_i \quad (9)$$

$$\begin{aligned} Y_i^P &= \phi_i * Y_i \\ \text{Sendo: } X_{1i}^P &= X_{1i} - S_{1i}^- \\ X_{2i}^P &= X_{2i} - S_{2i}^- \\ X_{3i}^P &= X_{3i} - S_{3i}^- \end{aligned}$$

Em que ϕ_i é o escore de eficiência estimado por meio do modelo de envoltória apresentado em (5) para o i -ésimo município e S_{ji}^- refere-se às folgas no j -ésimo insumo estimadas para cada município.

3. Resultados e discussão

Inicialmente, serão apresentados os dados relacionados ao valor da produção e às dotações dos recursos terra, trabalho e capital para cada mesorregião do estado. Os dados apresentados na Tabela 1 referem-se ao valor médio por estabelecimento, o que facilita a análise.

Em média, um estabelecimento rural no estado de Minas Gerais utiliza, no processo produtivo, cerca de 81 hectares de terra, 4,3 pessoas e R\$ 9.146, ou quais, combinados, geram uma produção, cujo valor é de R\$ 14.395. Descontadas as despesas diretas, significa dizer que a margem bruta mensal desse produtor médio está em torno de R\$ 437, ou 4,37 salários-

mínimos, considerando que o salário-mínimo da época era R\$ 100. Vale ressaltar que esse rendimento refere-se ao fluxo de caixa da propriedade, não refletindo despesas indiretas, como depreciações, remuneração da mão-de-obra familiar e do capital investido.

Em termos regionais, os produtores do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba são os que recebem maior margem bruta mensal (9,53 salários-mínimos) e os da região Norte a menor (2,17 salários-mínimos). Note que o valor médio da produção da região Norte é superior ao do Jequitinhonha; porém, as despesas naquela região são também maiores, o que reduz a margem bruta. De modo geral, pode-se dizer que existem correlações positivas entre valor da produção, despesas e margem bruta. Isso significa que, em média, estabelecimentos com processos produtivos que geram maior valor exigem maiores despesas, porém, geram maior retorno. Outro ponto interessante é a correlação de 0,77 entre margem bruta e número de tratores no município. Como trator representa uma *proxy* de tecnologia, pode-se dizer que maiores valores de produção requerem maior tecnologia, resultando, contudo, em maiores margens brutas.

Tabela 1: Valor da produção, uso de terra, trabalho e capital e margem bruta por estabelecimento, nas mesorregiões de Minas Gerais

Mesorregião	Produção (R\$)	Terra (ha)	Trabalho (pessoa)	Capital (R\$)	Margem bruta (SM/mês)
Campos das Vertentes	12.089,10	48,07	3,87	7.293,07	4,00
Central Mineira	19.128,18	166,42	3,99	12.822,75	5,25
Jequitinhonha	5.755,26	104,66	4,37	3.049,08	2,26
Metropolitana de BH	15.229,07	65,91	4,57	10.503,06	3,94
Noroeste	24.271,03	279,49	4,23	15.860,21	7,01
Norte	6.897,61	134,11	4,52	4.296,81	2,17
Oeste	15.133,86	59,72	3,56	10.201,97	4,11
Sul/Sudoeste	16.536,05	43,03	3,99	10.345,49	5,16
Triângulo/Alto Paranaíba	32.379,70	144,11	4,29	20.947,69	9,53
Mucuri	9.686,32	124,55	4,47	4.152,08	4,61
Vale do Rio Doce	9.909,16	81,11	4,78	6.216,13	3,08
Zona da Mata	10.416,31	44,85	4,34	6.269,83	3,46
Minas Gerais	14.395,02	81,11	4,28	9.145,75	4,37

Fonte: IBGE (2004) – Dados básicos.

SM: Salário-mínimo

Pelo exposto, percebe-se a importância do capital no processo produtivo do setor agrícola de Minas Gerais. Já as relações entre os fatores terra e trabalho e o valor da produção não são tão diretas, como se pode perceber pelos dados da Tabela 2, os quais representam as correlações entre as variáveis.

Tabela 2: Matriz de correlação entre produção e insumos

	Produção	Terra	Trabalho	Capital
Produção	1,000000	-	-	-
Terra	0,617920	1,000000	-	-
Trabalho	0,502798	0,543173	1,000000	-
Capital	0,960418	0,584007	0,421895	1,000000

Fonte: Dados da Pesquisa.

Em termos decrescentes, percebe-se elevada correlação entre produção e capital (0,96), seguida por terra (0,62) e trabalho (0,50), reforçando a importância do capital no processo produtivo. Interessante observar os valores das correlações entre os insumos, os quais são todos positivos, porém não significativamente elevados. Isso significa que não há exigência em todos os fatores para obter maior produção, indicando uma possível substituíbilidade entre os fatores. Note que para verificar a existência de tais relações é necessário estimar uma função de produção que permita substituição entre os fatores, como, por exemplo, uma *translog*.

Observando-se a intensidade de uso dos fatores, percebem-se diferenças significativas entre as regiões, principalmente nos insumos terra e capital. Tomando-se os extremos, verifica-se que a diferença entre a região que mais utiliza terra (Noroeste) e a que menos utiliza (Sul/Sudoeste) é de 550%. Para o capital, a diferença entre uma propriedade média do Triângulo/Alto Paranaíba e uma do Jequitinhonha chega a 587%. Tamanha discrepância não se verifica com o fator trabalho, uma vez que a diferença entre o maior (Vale do Rio Doce) e o menor uso (Oeste) é de apenas 34%.

No intuito de caracterizar a produção, foram estimadas funções de produção do tipo *Cobb-Douglas* para as mesorregiões do estado. Os resultados encontrados estão listados na Tabela 3. A forma funcional utilizada permite identificar, diretamente, a elasticidade de produção de um fator, a qual também indica a importância daquele fator no processo produtivo.

As funções estimadas possuem elevado grau de ajustamento, com grande maioria dos parâmetros significativos. Todas as funções estimadas têm no capital seu fator mais importante. Para o estado de Minas Gerais como um todo, a elasticidade de produção do capital é cerca de dez vezes maior que a da terra e três vezes maior que a do trabalho. Quanto os fatores terra e trabalho, observa-se que em algumas regiões (Metropolitana de BH, Triângulo/Alto Paranaíba, Mucuri e Vale do Rio Doce), a elasticidade de produção da terra é maior que a do trabalho. Nas demais, inclusive para o estado de Minas Gerais, a elasticidade de produção do trabalho é maior que a da terra.

Teoricamente, as funções de produção microeconômicas não admitem a possibilidade de existirem ineficiências. Entretanto, observando-se as relações entre a produção e os fatores (produtos médios) para cada unidade da amostra, verifica-se diferenças. Essas diferenças podem significar duas coisas: ou as unidades estão operando em posições distintas da função de produção, inclusive com diferentes tipos de retornos; ou existem ineficiências por parte de algumas unidades.

Tabela 3: Coeficientes estimados das elasticidades de produção e R^2 ajustado para as funções de produção *Cobb-Douglas*, utilizando os dados originais

Mesorregião	Coeficiente estimado utilizando dados originais			R^2 ajustado
	Terra	Trabalho	Capital	
Campos das Vertentes	0,149563*	0,278912	0,601511	0,963496
Central Mineira	0,162200*	0,234772**	0,650690	0,948848
Jequitinhonha	0,028114 ^{ns}	0,345859	0,538793	0,910034
Metropolitana de BH	0,207388	0,185503	0,667762	0,903574
Noroeste	-0,150033 ^{ns}	0,285423 ^{ns}	0,851883	0,897075
Norte	0,113282	0,364482	0,593407	0,833178
Oeste	0,174538	0,319426	0,681210	0,827939
Sul/Sudoeste	0,068820	0,181160	0,777081	0,950350
Triângulo/Alto Paranaíba	0,162263	0,147317*	0,711505	0,959925
Mucuri	0,235779	0,166755	0,662788	0,955465
Vale do Rio Doce	0,326440	0,256117	0,446935	0,861094
Zona da Mata	0,140547	0,265824	0,672491	0,941596
Minas Gerais	0,076744	0,224756	0,735704	0,924954

Fonte: Dados da Pesquisa.

* Significativo a 5%

** Significativo a 10%

^{ns} Não significativo a 10%

Todos os demais coeficientes são significativos a 1%

Para identificar a existência de ineficiência, foram calculadas as medidas de eficiência técnica utilizando-se a análise envoltória de dados. O modelo utilizado foi o de retornos constantes à escala, pois consegue eliminar a possibilidade de ineficiências oriundas de escala incorreta de produção. Optou-se pela confecção de dois tipos de abordagem, uma considerando todos os dados da amostra, isto é, todos os municípios de Minas Gerais; e outra aplicada separadamente para cada mesorregião do estado.

Inicialmente, foram calculadas as medidas de eficiência relativa para toda a amostra, objetivando comparar todos os municípios, independente da mesorregião. As medidas de eficiência técnica médias encontradas para as mesorregiões estão descritas na última coluna da Tabela 4. Em seguida, foram aplicados doze modelos, um para cada mesorregião do estado. A idéia foi comparar um município apenas com os demais da sua própria mesorregião, ou seja, respeitando-se as características intrínsecas às regiões. A distribuição dos estabelecimentos, segundo intervalos das medidas de eficiência obtidas desses modelos, também é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4: Distribuição dos estabelecimentos nas mesorregiões e no estado de Minas Gerais, segundo intervalos de medida de eficiência técnica, e eficiência técnica média das mesorregiões.

Mesorregião	Medida de eficiência técnica*					Média**
	$\geq 0,9$	0,7 a 0,9	0,5 a 0,7	0,3 a 0,5	$\leq 0,3$	
Campos das Vertentes	14	17	4	0	0	0,4712
Central Mineira	11	8	11	0	0	0,4562
Jequitinhonha	11	8	18	6	0	0,3470
Metropolitana de BH	7	11	40	33	6	0,4258
Noroeste	7	4	2	0	0	0,4836
Norte	4	1	10	25	13	0,2971
Oeste	4	1	11	26	1	0,4667
Sul/Sudoeste	10	39	77	17	1	0,5270
Triângulo/Alto Paranaíba	21	30	11	1	0	0,6073
Mucuri	6	9	3	0	0	0,4011
Vale do Rio Doce	17	28	23	13	3	0,3664
Zona da Mata	10	49	60	10	0	0,4692
TOTAL	122	205	270	131	24	-

Fonte: Dados da Pesquisa.

* Intervalos das medidas de eficiência técnica calculadas a partir dos modelos regionais, ou seja, um modelo para cada região.

** Média geométrica das medidas de eficiência técnica calculadas para a amostra total, ou seja, um único modelo com todos os municípios de Minas Gerais.

Exemplificando com a mesorregião Campos das Vertentes, verifica-se que a medida de eficiência média, sob a pressuposição de retornos constantes à escala, é de 0,4712. Isso significa que existe uma ineficiência técnica de 52,88% no uso dos insumos, quando os municípios dessa região são comparados com todos os outros do estado. Em outras palavras, relativamente aos demais municípios, os insumos utilizados nos estabelecimentos da mesorregião Campos das Vertentes podem, em média, ser reduzidos pela metade e a produção ainda se mantém.

Analisando-se apenas os municípios dessa mesorregião, percebe-se que existe certa homogeneidade entre eles, uma vez que todas as 35 medidas de eficiência calculadas são superiores a 0,5³. O mesmo não ocorre em outras regiões, onde se verifica uma amplitude maior das medidas de eficiência. A existência de uma maioria ineficiente demonstra haver muitas ineficiências no uso dos fatores, as quais serão refletidas quando forem calculadas as reduções possíveis.

Os melhores desempenhos foram verificados nas mesorregiões Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Sul/Sudoeste, enquanto os piores encontram-se nas regiões Norte e Jequitinhonha. Esses resultados são coerentes com aqueles discutidos anteriormente: as maiores medidas de eficiência estão nas mesorregiões com maior valor da produção e uso mais intensivo de capital; já as eficiências mais baixas encontram-se nas regiões com menor valor de produção e menor uso de capital.

Conhecendo-se a medida de eficiência e as folgas dos insumos para cada município dentro de uma mesorregião, o próximo passo consistiu em calcular qual a necessidade de uso dos insumos dos municípios considerados ineficientes. Isso significa projetar os ineficientes na fronteira eficiente regional, determinada por aqueles considerados eficientes. Os dados apresentados na Tabela 5 dão idéia do uso excessivo de insumos, os quais, se melhor empregados, resultariam em uma produção significativamente maior.

De modo geral, entre os 752 municípios analisados, constatou-se o uso excessivo do fator terra em 238, do fator trabalho em 204 e do fator capital em apenas 21 deles. Nesses municípios, a medida de eficiência melhoraria caso eles conseguissem reduzir a utilização desses insumos, mantendo-se o mesmo nível de produção, ou seja, reduzindo apenas o excesso. Note que os estabelecimentos que alcançaram máxima eficiência técnica não podem

³ Pode-se demonstrar que à medida que se aumenta o número de variáveis no modelo, aumenta-se também o valor das medidas de eficiência. Isso acontece pois com um número maior de variáveis, aumenta a probabilidade de uma DMU se encontrar próxima a um dos eixos. Neste trabalho, foram utilizados apenas três insumos e a medida de eficiência técnica média dos municípios de Campos das Vertentes foi 0,8381, das quais apenas três

reduzir os insumos. Entretanto, os demais estabelecimentos ineficientes podem fazê-lo, tendo como referência aqueles com eficiência técnica igual a um.

Tabela 5: Número de estabelecimentos que utilizam em excesso os insumos e redução percentual possível no uso desses insumos, segundo as mesorregiões de Minas Gerais

Mesorregião	Estabelecimentos com uso excessivo do insumo			Redução percentual possível no uso do insumo		
	Terra	Trabalho	Capital	Terra	Trabalho	Capital
Campos das Vertentes	14	6	1	16,1	3,1	1,0
Central Mineira	11	12	0	11,8	6,8	0,0
Jequitinhonha	20	1	0	19,9	0,2	0,0
Metropolitana de BH	18	11	0	6,6	5,8	0,0
Noroeste	6	2	0	19,1	4,7	0,0
Norte	23	30	3	18,3	33,9	3,9
Oeste	14	33	1	14,6	22,9	3,8
Sul/Sudoeste	41	46	0	8,6	10,5	0,0
Triângulo/Alto Paranaíba	33	13	2	26,2	6,3	0,5
Mucuri	2	1	0	1,7	0,9	0,0
Vale do Rio Doce	18	19	6	2,4	4,2	3,6
Zona da Mata	38	30	8	7,3	12,6	2,4
TOTAL	238	204	21	15,3	12,0	1,0

Fonte: Dados da Pesquisa.

As reduções médias permitidas, isto é, que não comprometem a produção, são de 15%, 12% e 1%, respectivamente para terra, trabalho e capital. Entretanto, essas magnitudes são diferenciadas entre as regiões. Por exemplo, as maiores reduções no uso do fator terra devem ser feitas nas mesorregiões Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Jequitinhonha e Noroeste de Minas. Já para o fator trabalho, as maiores reduções ocorrem no Norte, Oeste e Zona da Mata. Porém, na maioria das regiões a redução maior deve ser feita na terra.

foram inferiores a 0,6. Essa distribuição assimétrica das medidas de eficiência indica homogeneidade na utilização dos recursos pelos diversos sistemas produtivos da região.

Conhecendo-se os excessos causadores das ineficiências, podem-se obter novos valores para variáveis, desprovidos de ineficiência. Isso é feito eliminando-se, dos dados originais, os excessos de uso nos fatores. Feito isso, calculou-se a dotação de fatores de um estabelecimento médio, necessária para se obter o mesmo volume de produção anterior.

Tabela 6: Uso ideal de terra, trabalho e capital por estabelecimento, nas mesorregiões de Minas Gerais

Mesorregião	Terra (ha)	Trabalho (pessoa)	Capital (R\$)
Campos das Vertentes	36,58	3,71	7.206,79
Central Mineira	142,46	3,57	12.823,01
Jequitinhonha	86,01	4,36	3.048,86
Metropolitana de BH	60,29	4,44	10.503,14
Noroeste	226,38	4,01	15.860,41
Norte	96,37	3,47	3.988,24
Oeste	50,04	2,81	8.584,72
Sul/Sudoeste	37,58	3,63	10.345,57
Triângulo/Alto Paranaíba	110,79	3,82	20.540,01
Mucuri	121,81	4,42	4.152,00
Vale do Rio Doce	76,83	4,54	5.738,70
Zona da Mata	40,77	3,88	5.809,98
Minas Gerais	68,62	3,91	8.861,16

Fonte: Dados da Pesquisa.

Comparando-se esses dados com aqueles apresentados na Tabela 1, percebe-se claramente as significativas reduções que poderiam ser feitas pelos produtores.

Conforme mencionado anteriormente, na maioria das regiões a elasticidade de produção do fator trabalho é maior que a da terra. Isso significa que, relativamente, há maior escassez de trabalho do que de terra. Outro ponto detectado é que as maiores reduções devem ocorrer no insumo terra, o que confirma sua menor escassez e/ou maior excesso de uso.

O fato é que as funções de produção estimadas a partir dos dados originais contêm parcela significativa de ineficiência produtiva, invalidando qualquer análise. Para saber o real comportamento da produção agrícola em Minas Gerais, foram estimadas funções de produção

considerando-se os dados desprovidos de ineficiência⁴. Em outras palavras, as unidades consideradas ineficientes foram projetadas para as fronteiras eficientes. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7: Coeficientes estimados das elasticidades de produção e R^2 ajustado para as funções de produção *Cobb-Douglas*, utilizando as coordenadas projetadas nas fronteiras eficientes

Mesorregião	Coeficiente estimado utilizando dados projetados			R^2 ajustado
	Terra	Trabalho	Capital	
Campos das Vertentes	0,188559	0,154120	0,636436	0,997948
Central Mineira	0,480811	-0,096042 ^{ns}	0,576341	0,983852
Jequitinhonha	0,108473	0,411725	0,442629	0,987591
Metropolitana de BH	0,063816	0,266297	0,666646	0,996803
Noroeste	0,268430	0,129345	0,601590	0,999848
Norte	0,927218	0,029919	0,040805	0,999867
Oeste	0,480435	0,096218**	0,413784	0,999086
Sul/Sudoeste	0,194319	0,137583	0,670026	0,995304
Triângulo/Alto Paranaíba	0,165208	0,173117	0,691352	0,962384
Mucuri	0,445716	0,058642	0,503423	0,999404
Vale do Rio Doce	0,231458	0,111003	0,662818	0,998077
Zona da Mata	0,201982	0,128781	0,670801	0,996893
Minas Gerais	0,311412	0,150713	0,520238	0,993288

Fonte: Dados da Pesquisa.

** Significativo a 10% ^{ns} Não significativo a 10%

Todos os demais coeficientes são significativos a 1%

É fácil perceber que todos os modelos estimados com os dados ajustados possuem melhor ajustamento, uma vez que as proporções entre produto e insumos foram padronizadas. Porém, o que chama a atenção é a inversão da importância dos fatores terra e trabalho nos processos produtivos. Na maioria dos modelos com dados ajustados, verifica-se maior

⁴ Ressalta-se que o objetivo deste trabalho não é identificar a melhor forma funcional para as funções de produção. O que se pretende é chamar a atenção da existência de ineficiências nos processos produtivos, o que

elasticidade de produção do fator terra, em relação ao fator trabalho. Isso ocorreu devido às magnitudes das reduções que foram realizadas. Em outras palavras, ao se reduzir proporcionalmente mais o fator terra, este passou a ser mais limitante (e mais importante) ao processo produtivo do que o trabalho.

Em síntese, pode-se dizer que o fator explicativo mais importante da produção agrícola mineira é o capital e o utilizado com maior excesso é a terra. Isso é refletido nas magnitudes dos coeficientes das elasticidades de produção, verificados nos modelos com os dados originais. Eliminadas as ineficiências, o capital continua sendo o mais importante. Tal constatação reforça a antiga idéia da importância de se modernizar o setor agrícola, ou seja, torná-lo mais intensivo em capital

Outro ponto verificado foi que, ao ajustar os dados, a terra passou a ter maior influência na produção do que o trabalho, confirmando a abundância relativa desse fator em Minas Gerais. Isso não significa que devemos tornar improdutivo parte da terra hoje utilizada em excesso. Eliminadas as ineficiências do setor produtivo, a terra que antes estava subutilizada pode ser empregada em novas produções, ou seja, é preciso visualizar o setor sob a perspectiva de crescimento, e não de estagnação.

4. Conclusões

Estimar e analisar a função de produção eficiente da agropecuária das mesorregiões do Estado de Minas Gerais foram os principais objetivos deste estudo. Para tanto, utilizou-se a abordagem não-paramétrica de análise envoltória de dados e ajustou-se uma função de produção agregada na forma funcional tipo *Cobb-Douglas*, cujos parâmetros foram estimados por mínimos quadrados ordinários.

Os resultados foram coerentes, uma vez que foi possível discriminar os municípios relativamente ineficientes, assim como identificar diferenças nas funções de produção agropecuária das mesorregiões. Uma das principais conclusões é o fato de que as políticas de apoio devem ser diferenciadas entre as mesorregiões, pelo fato de existirem diferenças em termos da eficiência produtiva e elasticidades de produção dos fatores.

A análise da função de produção sem dúvida é um importante instrumento de análise do setor agrícola e sua estimação e interpretação de forma correta pode melhorar significativamente a alocação dos escassos recursos para melhorar a produção agropecuária

contradiz os pressupostos teóricos da microeconomia. A função do tipo *Cobb-Douglas*, apesar de sua simplicidade, serve bem aos propósitos aqui estabelecidos.

do estado. Quanto maior a quantidade e a qualidade de informações disponíveis para os tomadores de decisão, mais coerentes serão as políticas adotadas no setor.

É importante que os agentes envolvidos com o setor produtivo agrícola em Minas Gerais tenham consciência da existência de ineficiências. Em muitos casos, a redução dessas ineficiências poderia melhorar a alocação dos recursos em todo o setor, ou seja, os insumos utilizados em excesso em alguns lugares podem ser realocados, aumentando, com isso, o volume total da produção e, conseqüentemente, o bem-estar social.

5. Referências Bibliográficas

CHARNES, A., COOPER, W.W., LEWIN, A.Y., SEIFORD, L.M. **Data envelopment analysis: theory, methodology, and application**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994.

CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.

COELLI, T.J., RAO, P., BATTESE, G.E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1998.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. **Econometrica**, v. 19, p. 273-292, 1951.

ESTELLITA LINS, M.P., 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.

FÄRE, R., GROSSKOPF, S., LOVELL, C.A.K. **Production frontiers**. Cambridge: Cambridge University, 1994b. 295 p.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO - FJP. **Informativo CEI - produto interno bruto 2000**. Belo Horizonte, 2001.

KOOPMANS, T.C. Analysis of production as an efficient combination of activities. In: KOOPMANS, T.C. **Activity analysis of production and allocation**. New York: Wiley, 1951.

SHEPHARD, R.W. **The theory of cost and production functions**. Princeton: Princeton University, 1970.