

**EFICIÊNCIA PRODUTIVA E ECONÔMICA  
DA ATIVIDADE LEITEIRA EM MINAS  
GERAIS**

**ANDRÉ LUIS RIBEIRO LIMA**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006**

**ANDRÉ LUIS RIBEIRO LIMA**

**EFICIÊNCIA PRODUTIVA E ECONÔMICA DA ATIVIDADE  
LEITEIRA EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Administração, área de concentração em Gestão e Dinâmica de Cadeias Produtivas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Ricardo Pereira Reis

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

**2006 Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Lima, André Luis Riveiro

Eficiência Produtiva e Econômica da Atividade Leiteira em Minas Gerais /  
André Luis Ribeiro Lima. – Lavras: UFLA, 2006.

65 p. : il.

Orientador: Ricardo Pereira Reis.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Leite. 2. Produção. 3. Eficiência econômica. 4. Fronteira de  
produção. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-338.1771

**ANDRÉ LUIS RIBEIRO LIMA**

**EFICIÊNCIA PRODUTIVA E ECONÔMICA DA ATIVIDADE  
LEITEIRA EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Administração, área de concentração em Gestão e Dinâmica de Cadeias Produtivas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 15 de Dezembro de 2006

Dr. Luiz Carlos Takao Yamaguchi

EMBRAPA-CNPGL

Prof. Dr. Ruben Delly Veiga

UFLA

Prof. Dr. Ricardo Pereira Reis  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais e irmãos, responsáveis por todas as conquistas da minha vida.

A Cláudia que, em todos os momentos, me amou, apoiou e incentivou, obrigado de coração.

Ao professor Ricardo Pereira Reis, pela oportunidade de trabalho, confiança, orientação, apoio e, principalmente pela amizade, minha eterna gratidão.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

Ao prof. Ruben Delly Veiga e ao Dr. Luiz Carlos Takao Yamaguchi, pelas sugestões que enriqueceram este trabalho.

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG), pela cessão dos dados utilizados nesta pesquisa.

Aos professores da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial aos professores Luiz Gonzaga de Castro Júnior e Marcos Aurélio Lopes.

Aos funcionários do Departamento de Administração e Economia que sempre me incentivaram e apoiaram.

A todos os meus amigos, que durante a vida, me presentearam com a amizade.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	i
LISTA DE FIGURAS .....	ii
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Objetivos .....	6
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	7
3 METODOLOGIA .....	12
3.1 Histórico da análise estocástica da produção .....	12
3.2 Medidas de eficiência .....	13
3.3 Modelo analítico .....	15
3.3.1 Análise de cluster .....	20
3.3.2 Critérios de seleção de modelos .....	21
3.3.3 Modelo Tobit .....	22
3.4 Área de estudo e fonte dos dados .....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4.1 Agrupamento por nível tecnológico de produção .....	29
4.2 Eficiência econômica (EE) .....	29
4.2.1 Fronteira de produção estocástica estimada .....	29
4.2.2 Fronteira de produção estocástica estimada para os produtores do nível tecnológico A .....	31
4.2.3 Fronteira de produção estocástica estimada para os produtores do nível tecnológico B .....	33
4.2.4 Fronteira de produção estocástica estimada para os produtores do nível tecnológico C .....	34
4.3 Estimação dos escores de eficiências econômicas .....	35

4.3.1	Escores de eficiência econômica para os produtores do nível tecnológico A	36
4.3.2	Escores de eficiência econômica para os produtores do nível tecnológico B	37
4.3.3	Escores de eficiência econômica para os produtores do nível tecnológico C	39
4.3.4	Sistemas de produção eficientes economicamente	40
4.3.5	Outras variações das eficiências econômicas	42
4.3.6	Eficiência econômica e margem bruta	44
4.3.7	Eficiência econômica e margem bruta percentual	46
4.4	Avaliação dos determinantes da eficiência econômica	47
4.4.1	Análise do modelo Tobit para os produtores do nível A de tecnologia	48
4.4.2	Análise do modelo Tobit para os produtores do nível B de tecnologia	50
4.4.3	Análise do modelo Tobit para os produtores do nível C de tecnologia	51
5	CONCLUSÕES	53
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
	ANEXOS	61

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Número de observações agrupadas por nível tecnológico e nível de produção. ....	27
TABELA 2 Número de observações agrupadas por nível tecnológico e mesorregião. ....	27
TABELA 3 Estimativa dos parâmetros da função de produção e da fronteira de produção estocástica dos produtores do nível tecnológico A. ....	32
TABELA 4 Estimativa dos parâmetros da função de produção e da fronteira de produção estocástica dos produtores do nível tecnológico B. ....	33
TABELA 5 Estimativa dos parâmetros da função de produção e da fronteira de produção estocástica dos produtores do nível tecnológico C. ....	35
TABELA 6 Escores de eficiências econômicas para os produtores do nível A. ....	36
TABELA 7 Escores de eficiência econômica para os produtores do nível B. ....	38
TABELA 8 Escores de eficiências econômicas para os produtores do nível C. ....	39
TABELA 9 Média, desvio-padrão e limite mínimo para o sistema de produção ser considerado eficiente economicamente. ....	41
TABELA 10 Média da eficiência econômica para os níveis A, B e C de tecnologia e por mesorregiões. ....	42
TABELA 11 Média de eficiência econômica para os níveis A, B e C de tecnologia e por níveis de produção. ....	43
TABELA 12 Coeficientes de determinação gerados a partir de regressões em que $Y =$ margem bruta (%) e $X =$ escore de eficiência econômica. ....	47
TABELA 13 Estimativa dos parâmetros do modelo Tobit para os produtores do estrato A. ....	49
TABELA 14 Estimativa dos parâmetros do modelo Tobit para os produtores do estrato B. ....	50



TABELA 15 Estimativa dos parâmetros do modelo Tobit para os produtores do estrato C de tecnologia .....	52
---	----

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Representação das eficiências técnica, alocativa e econômica. ....	14
FIGURA 2 Representação das funções de produção média, de um produtor hipotético (função D) e da função de produção estocástica. ....	16
FIGURA 3 Mapa de Minas Gerais, por Mesorregiões .....	28
FIGURA 4 Distribuição dos escores de eficiências econômicas para os produtores do nível A. ....	37
FIGURA 5 Distribuição dos escores de eficiência econômica para os produtores do nível B.....	38
FIGURA 6 Distribuição dos escores de eficiências econômicas para os produtores do nível C.....	40
FIGURA 7 Distribuição dos escores de eficiência econômica e da margem bruta para o nível tecnológico A .....	45
FIGURA 8 Distribuição dos escores de eficiência econômica e da margem bruta para o nível tecnológico B .....	45
FIGURA 9 Distribuição dos escores de eficiência econômica e da margem bruta para o nível tecnológico B .....	46

## RESUMO

LIMA, André Luis Riveiro. **Eficiência produtiva e econômica da atividade leiteira em Minas Gerais**. 2006. 77 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG<sup>1</sup>.

O presente trabalho pesquisou os níveis de eficiência econômica dos produtores de leite do estado de Minas Gerais, adotando-se uma função fronteira de produção estocástica como método de análise. O modelo estimado preservou as leis fundamentais da economia da produção. Estimou-se a eficiência dos produtores de leite provenientes de 11 mesorregiões de Minas Gerais, num total de 614 produtores. Os mesmos foram agrupados em três níveis tecnológicos, A, B e C, sendo A o dos produtores com maior uso de tecnologia; B, intermediário e C o de menor presença tecnológica. Gastos com produtos veterinários tiveram comportamento inverso ao valor da produção para os níveis A e B, o que dá indícios do uso irracional desse fator ou de problemas de sanidade dos animais. O valor do rebanho, operacionalizado pelo seu custo de oportunidade, indicou que aumentos em seus valores geram incrementos do valor das receitas dos pecuaristas para os três níveis tecnológicos. Quanto às médias de eficiência econômica, a maior média, 76,0%, foi obtida no estrato tecnológico C, indicando que unidades produtivas com menor grau tecnológico otimizam seus custos para a geração de maiores receitas. Já os produtores do estrato B alcançaram a menor média, 68,0%, fato que pode ter como causa a subutilização da tecnologia disponível. Quando separados por volume de produção de leite, os produtores com maiores volumes apresentaram as maiores médias de eficiência econômica, enquanto os de menor produção tiveram a pior média, corroborando a associação entre escala e eficiência econômica. Dentre as mesorregiões de Minas Gerais, destacaram-se a Central Mineira e o Jequitinhonha, com as maiores médias de eficiência econômica. Como variáveis que explicam a eficiência econômica, destacaram-se aquelas relacionadas com o volume de produção e produtividade, bem como o valor dos animais dos sistemas de produção. Já a variável que indicou relação inversa com os índices de eficiência econômica, o gasto com produtos veterinários, pode ser um indicador de que a sanidade dos rebanhos tem comprometido a eficiência econômica dos sistemas de produção.

---

<sup>1</sup> Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pereira Reis - UFLA

## ABSTRACT

LIMA, André Luis Ribeiro. **Economic and Productive Efficiency of Dairy Activity in Minas Gerais**. 2006. 77 p. Dissertation (Master Program in Administration) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.<sup>2</sup>

This work researched the levels of economic efficiency of dairy farmers in the state of Minas Gerais, Brazil; it was adopted a frontier function of estocastic production as the method of analysis. The estimated model kept the fundamental laws of production economy. The efficiency of milk producers from 11 regions of Minas Gerais was estimated, totaling 614 producers. They were grouped in three technologic levels, A, B and C; A being the one with producers with the highest level of technology; B, intermediate and C the level with little technologic presence. Expenditures with veterinarian products had an inverse behavior with the value of production for levels A and B, what indicates an irrational use of this factor or problems with the health of the animals. The value of the herd, operated by its opportunity cost, indicated that increases in its values generate increments of the value of dairy farmers' revenues for the three technologic levels. With regard to the economic efficiency averages, the highest average, 76 percent, was obtained in the technologic level C, indicating that productive unities with little technology optimize their costs to generate higher revenues. The producers of level C, notwithstanding, reached the smallest average, 68 percent, what may have been caused by the sub-utilization of the available technology. When separated by volume of milk production, the producers with the highest volumes presented the most elevated averages of economic efficiency, whereas the ones with the smallest outputs had the worst average, corroborating the association between scale and economic efficiency. Among the regions of Minas Gerais, Central Mineira and Jequitinhonha stood out as the ones with the highest averages of economic efficiency. As variables explaining economic efficiency, those related to productivity and output volume as well as the value of animals of the production system stood out. The variable that indicated an inverse relationship with the economic efficiency indexes, the expenditures with veterinarian products, may indicate that the health condition of the herds has endangered the economic efficiency of the production systems.

---

<sup>2</sup> Adviser: Prof. Dr. Ricardo Pereira Reis

## 1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de leite, em 2006, deverá ser de 657 milhões de toneladas, 2,2% a mais que em 2005; projeções preliminares para 2007 são de que este crescimento continuará. Com um aumento de mais de 4%, os países em desenvolvimento, liderados por China, Índia e Paquistão e países da América do Sul, serão amplamente responsáveis por mudanças na produção global de leite. Os países desenvolvidos não registraram crescimento em 2006, com a produção declinando na Austrália e na União Européia (UE), mas aumentando na Nova Zelândia e nos Estados Unidos. Os países desenvolvidos continuam perdendo participação. O crescimento de produtores e exportadores de lácteos emergentes e com baixos custos vem sendo estimulado pelos maiores preços nos últimos três anos (Shah, 2006).

Segundo dados do Diagnóstico da Pecuária Leiteira do Estado de Minas Gerais (2006), em 2003, a produção nacional (23,16 bilhões de quilos) correspondeu a 5,7% da mundial (403,48 bilhões de quilos). Entre os maiores produtores de leite do mundo, o Brasil apresentou a maior taxa anual de crescimento da produção, nos últimos 10 anos. A taxa brasileira foi 73,0% maior que a americana, enquanto as produções da Rússia, da Alemanha e da França tiveram taxas negativas de crescimento.

Em decorrência do conhecido valor nutricional e do acesso relativamente fácil por parte da população, o leite tem uma importante participação na dieta e na cultura alimentar brasileira. Além da importância nutricional, é inegável a sua importância sócio-econômica. A cadeia produtiva do leite pode ser encontrada, mesmo que em diferentes aspectos, em todas as regiões brasileiras, atuando como uma atividade geradora de renda, tributos e empregos.

De acordo com Nogueira Netto et al. (2003), a pecuária leiteira está presente em, aproximadamente, 40,0% das propriedades rurais do Brasil, sendo explorada por pequenos, médios e grandes produtores.

Além disso, de acordo com dados apresentados por Martins & Guilhoto (2001), o setor leiteiro e seus derivados possuem a vantagem de gerar postos de trabalho a um custo relativamente baixo. Estes autores concluíram que, para cada aumento de R\$ 5.080,78 na demanda final de leite e derivados, um emprego permanente é gerado na economia.

Em 2004, segundo dados da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foram produzidos, no Brasil, 23,5 bilhões de litros de leite (IBGE, 2006). Este valor representou um aumento de 5,5% sobre 2003 e um recorde para o setor. De acordo com dados da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), esta produção contribuiu para uma menor dependência do Brasil em relação às importações do produto (CNA, 2006). Em 2004, pela primeira vez na história, o país terminou o ano com superávit no comércio internacional de lácteos.

O comportamento da produção tem grande influência na futura situação do Brasil como exportador ou importador. De 1980 a 2003, a produção brasileira cresceu 2,9% ao ano, ao passo que, de 1993 a 2003, esta taxa elevou-se para 3,4% ao ano (ANUALPEC, 2006). As mudanças econômicas ocorridas no início da década de 1990 contribuíram para tornar aquela década um divisor de águas para a cadeia produtiva do leite. Essas mudanças exigiram rápidos ajustamentos estratégicos e estruturais do setor agroindustrial do leite (Reis et al., 2001). A partir desse período, profundas transformações ocorreram em todo o setor, as quais foram induzidas pela desregulamentação do mercado, pela política de abertura comercial, pela formalização do Mercosul, pela estabilidade macroeconômica, pela nova estrutura de produção e comercialização e também pelo crescente poder e discernimento do mercado consumidor, cada vez mais

segmentado e exigente em qualidade, preços e variedade de produtos (Leite & Gomes, 2001; Zoccal, 2001).

Estes fatos trouxeram um aumento da concorrência em todos os elos do agronegócio e os têm forçado a implementar novas estratégias, visando obter ganhos de competitividade (Souza, 2000; Zoccal, 2001), além da necessidade de maiores produtividades e escalas de produção (Reis et al., 2001). Nesse sentido, novos procedimentos têm sido adotados, visando ao aperfeiçoamento da gestão de custos e ao incremento dos níveis de qualidade, desde a matéria-prima até o produto final.

De maneira geral, a produção primária do leite é constituída por produtores heterogêneos, desde os não especializados aos tecnificados, estabelecendo unidades de produção com diferentes níveis de tecnologia e produtividade. Os reflexos desse novo ambiente manifestaram-se sobre a produção primária por meio de uma maior especialização do setor produtivo, na redução do número de produtores, na melhoria da qualidade do produto, no aumento da escala de produção, no aumento da produtividade e na redução da sazonalidade (Leite & Gomes, 2001).

Destaca-se que o setor produtivo, por representar o segmento mais vulnerável da cadeia, devido às limitações tecnológicas e gerenciais, é aquele que mais intensamente tem sofrido as conseqüências das novas exigências do mercado. Alencar et al. (2001) afirmam que ocorrem, no agronegócio do leite, situações de mercado típicas de concorrência imperfeita, em que as empresas que atuam nos setores a montante (fornecedores de insumos) e a jusante (indústria de laticínios) do sistema agroindustrial são poucas, organizadas em associações de interesses e interagem com um grupo amplo, heterogêneo e disperso de produtores.

Dessa maneira, as relações que se estabelecem entre o setor agropecuário e os segmentos a montante e a jusante assumem, respectivamente, características

de oligopólio e de oligopsônio. Esta situação leva os produtores rurais a disporem de poucos recursos para negociar seus interesses no interior da cadeia produtiva do leite, inclusive a menor capacidade de negociação de preços (Alencar et al., 2001).

Por causa dessa estrutura de forças, a indústria tem facilidade de estabelecer os preços que irá pagar, levando em consideração a perspectiva de comportamento da demanda e do setor varejista, bem como a facilidade de aquisição de produtos importados, permitindo-lhe a imposição de perdas ao segmento produtor da matéria-prima (Leite & Gomes, 2001 e Martins, 2002).

Uma evidência disso é o fato de que, no período 1990-99, o preço do leite recebido pelos produtores decresceu, em média, 7,5% ao ano. Nesse mesmo período, os dois itens de maior peso na formação do custo de produção do leite, salários e rações, também apresentaram taxas geométricas anuais de crescimento negativas, respectivamente, 6,2% e 0,15%. Além disso, a produtividade, medida em litros de leite/vaca ordenhada/ano, cresceu a uma taxa de 5,4% ao ano (Yamaguchi et al., 2001).

O resultado da interação destes eventos foi a redução do custo médio de produção, compensando, em parte, o declínio no preço real unitário recebido pelos produtores (Fassio, 2004).

As reduções de preço no varejo acarretaram uma queda de preços bem mais acentuada para os produtores (Leite & Gomes, 2001), o que se comprova contrastando-se os dados apresentados por Yamaguchi et al. (2001). Segundo estes autores, na década de 1990, enquanto o preço recebido pelos produtores decresceu a uma taxa anual de 7,5%, o preço real pago pelos consumidores registrou um decréscimo da ordem de 4,3% ao ano, representando, portanto, uma diferença de 3,2%.

Diante desse cenário, caracterizado por declínio dos preços recebidos e limitado poder de negociação no mercado, ou seja, por não conseguir controlar o



preço do produto que vende, o produtor necessita administrar as variáveis que estão sob o seu controle. Sendo assim, de acordo com Fassio (2004), uma das alternativas de que dispunham os produtores de leite para se manterem na atividade foi a redução dos custos de produção, cujo conhecimento é essencial para o efetivo controle da empresa rural e para o processo de decisão gerencial.

Considerando as condições de mercado em que estão inseridos os produtores de leite no segmento agroindustrial, não conseguindo controlar o preço do produto que vendem e suas limitações tecnológicas, a estratégia para tornar seu produto competitivo ganha contornos claramente microeconômicos, administrando variáveis do ambiente interno da empresa rural, a exemplo dos indicadores de custos de produção.

Trata-se, portanto, de uma estratégia para tornar seu produto competitivo. Dessa maneira, o resultado econômico em um mercado caracterizado pela concorrência imperfeita dependerá do gerenciamento dos custos de produção e dos ganhos de escala. O aumento da eficiência produtiva torna-se fator decisivo para a competitividade do setor leiteiro (Reis et al., 2001).

Segundo Martins & Guilhoto (2001), a dificuldade de adaptação a um cenário mais competitivo promoveu a exclusão de 36,0% dos produtores, entre 1996 e 2000. Dessa maneira, de acordo com Marques (1999), a unidade de produção pode ter, na eficiência produtiva, a condição necessária para a sobrevivência e o crescimento dentro da economia de mercado.

O aumento da eficiência produtiva e econômica é fator decisivo para a competitividade do setor leiteiro que, produzindo com menor custo, beneficiará toda a cadeia do leite. O pecuarista deve ter conhecimento de seus custos, adequando-os a uma realidade que possibilite a uma boa gestão de seu empreendimento, buscando o uso racional dos recursos produtivos da atividade leiteira.

No contexto explicitado dessa introdução, considerando ainda a capacidade gerencial e tecnológica dos produtores de leite e a importância socioeconômica deste produto para o estado de Minas Gerais, buscou-se, neste estudo, avaliar a eficiência produtiva e econômica da atividade leiteira em Minas Gerais.

### **1.1 Objetivos**

O objetivo geral do presente trabalho foi o de avaliar a eficiência econômica dos recursos produtivos, bem como os seus determinantes, na atividade leiteira do estado de Minas Gerais.

Especificamente, pretendeu-se:

- estimar a função fronteira de produção da pecuária leiteira em Minas Gerais, segundo os estratos mencionados acima;
- determinar e comparar o desempenho econômico dos produtores de leite de Minas Gerais segundo os níveis tecnológicos, bem como efetuar uma análise de elasticidade de produção para os mesmos;
- analisar a relação entre escores de eficiência econômica e o indicador margem bruta;
- analisar possíveis fatores que poderiam explicar a variação da eficiência econômica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção descrevem-se alguns dos principais trabalhos realizados sobre a aplicação metodológica deste estudo, referente à avaliação e à mensuração de eficiência técnica, alocativa e econômica, a partir da estimação de funções de produção fronteira, em setores agropecuários, abrangendo literaturas nacionais e internacionais.

Estudar os métodos de estimar as eficiências técnicas, alocativas e econômicas, bem como suas aplicações, vem se tornando uma das grandes linhas de pesquisa microeconômica. Devido ao seu amplo grau de aplicabilidade e fácil manuseio, a função de produção, principalmente a função fronteira de produção, apresenta crescente utilidade para os produtores agropecuários nacionais, pois possibilita o maior controle sobre a utilização de recursos no processo produtivo.

Diversos trabalhos que tratam das eficiências são encontrados na literatura, principalmente aplicados na área rural. Dentre eles, podem-se citar os de Conceição (2005), Conceição & Araújo (2000), Cunha et al. (2003), Khan & Silva (1997), Pereira et al. (2001), Tupy (1996) e Vicente (2004), que estudaram a aplicação da função fronteira de produção para a estimativa das eficiências na agricultura brasileira em geral, ao passo que Andrade (2003), Ferreira Junior & Cunha (2004), Johansson (2005), Moreira et al. (2004), Santos et al. (2004), Souza (2003), Tupy et al. (2005) focaram seus trabalhos na estimação das eficiências para a produção de leite em diversas localidades. Ferreira (1998), Tupy & Shirota (1998) e Zilli (2003) trabalharam com as eficiências na produção de frango de corte, enquanto Richetti & Reis (2003) e Reis et al. (2005) estudaram a aplicação da metodologia de fronteira de produção e estimação de eficiências econômicas na cultura da soja e café, respectivamente.

Percebe-se que, na literatura, existem duas metodologias de pesquisa para a mensuração e a estimativa da eficiência econômica: a paramétrica e a não paramétrica. A abordagem paramétrica consiste na estimação de funções matemáticas de acordo com a realidade da série de dados, ou seja, ela tem como característica impor uma forma funcional para explicar os níveis de eficiência das empresas. Dentre os modelos de eficiência paramétrica encontram-se dois grupos: os modelos com fronteira determinística e os modelos com fronteira estocástica.

Conforme Barros et al. (2004), a diferença básica entre estes dois tipos de fronteiras reside na suposição com relação ao termo de erro. O modelo de fronteira determinística supõe que toda ineficiência deve-se aos fenômenos que estão sob o controle das empresas. O termo de erro possui uma distribuição unilateral. Afriat (1972) e Aigner & Chu (1968) são referências neste campo de estudo. Porém, o modelo de fronteira estocástica supõe dois tipos de erros: um erro unilateral, com as mesmas características pertencentes às fronteiras determinísticas e um erro simétrico, com variação aleatória, que captura os efeitos ligados aos eventos fora de controle da empresa e próprios das relações empíricas. Battese & Coelli (1992) e Battese & Coelli (1995) foram estudiosos deste modelo.

A metodologia não paramétrica de programação matemática, conhecida como análise envoltória de dados, ou DEA, do inglês *Data Envelopment Analysis*, consiste em encontrar a melhor empresa virtual a partir de um conjunto de empresas de uma amostra. Caso a empresa virtual seja melhor do que qualquer empresa da amostra, ou por produzir mais com a mesma quantidade de insumos ou por produzir a mesma quantidade com menos insumo, ela será ineficiente.

Assim, para as pesquisas de eficiências técnica, econômica e alocativa, utilizando metodologias paramétricas, tem-se o estudo de Ferreira (1998), que

pesquisou as características dos sistemas de produção, eficiência e economias de escala na produção de frango de corte em Minas Gerais, por meio de uma função homotética-raio. Os resultados apresentaram baixos níveis de eficiência econômica.

Tupy & Shirota (1998) estimaram a eficiência econômica na utilização dos insumos de empresas avícolas, no segmento de produção de frango de corte no Sul e no Sudeste do Brasil. As estimativas de eficiência foram obtidas utilizando-se o método de fronteiras estocásticas e a eficiência econômica estimada para as empresa avícolas variou entre 93,0% e 100,0%, aproximadamente.

Utilizando a função fronteira estocástica do tipo Cobb-Douglas, Conceição & Araújo (2000) estimaram a eficiência técnica de uma amostra de produtores representativos da agricultura comercial brasileira. Os resultados indicaram que ainda havia possibilidade de aumento da produtividade por meio de melhora da eficiência técnica, uma vez que ela ficou, em média, em 73,1%. Uma contribuição ao trabalho desses autores foi a utilização do modelo Tobit para investigar a influência de algumas variáveis de capital humano sobre os níveis de eficiência técnica encontrados. Os fatores mais importantes na explicação do modelo foram experiência, extensão privada e fontes alternativas de informação, como o rádio.

Stevens (2001) investigou a eficiência econômica em instituições educacionais britânicas, utilizando o método de fronteira estocástica. Este foi o primeiro trabalho que analisou o impacto dos funcionários e estudantes na eficiência econômica. Como resultados, o autor constatou que instituições educacionais são ineficientes na utilização de seus recursos.

Avaliando a eficiência econômica da utilização dos recursos produtivos na cultura da soja no estado de Mato Grosso do Sul, abrangendo os principais municípios produtores de soja, Richetti & Reis (2003) observaram que os

produtores da região norte do estado estavam operando próximos da fronteira de eficiência estabelecida, sinalizando uma tendência mais favorável na realocação de recursos e, portanto, atingindo a eficiência. Neste trabalho, os autores utilizaram a função fronteira na forma homotética-raio.

Outro trabalho utilizando fronteira de produção estocástica foi o de Barros et al. (2004), que analisaram a eficiência técnica das empresas agrícolas do pólo Pretolina/Juazeiro, utilizando o modelo de função Translog para obter uma fronteira eficiente.

Entre os estudos de eficiências técnica, econômica e alocativa utilizando metodologias não-paramétricas, destaca-se o de Pereira Filho & Ferreira Filho (2003), que analisaram as fontes de ineficiência da pequena produção familiar agrícola da região do Recôncavo Baiano. Os resultados indicaram que a maior fonte de ineficiência na pequena produção familiar agrícola da região refere-se à ineficiência alocativa, ou seja, à não observância das relações de preço nas decisões de produção.

Analisando a eficiência técnica em pequenas propriedades produtoras de leite da microrregião de Viçosa, MG, utilizando a fronteira não-paramétrica (DEA), Santos et al. (2004) verificaram que a maioria das propriedades foi eficiente. Identificaram, também, que as propriedades, no período de 1999-2003, tornaram-se mais semelhantes, ou seja, evoluíram para padrões de maior eficiência técnica em seus processos produtivos.

Vicente (2004) mensurou os níveis de eficiências técnica, alocativa e econômica na produção agrícola, setor de lavouras, no Brasil, em 1995. Utilizando como análise um modelo de fronteira não-paramétrica (DEA) sob retornos constantes, ele conseguiu observar que há, em média, a existência de ineficiência técnica moderada e de ineficiência alocativa forte. Observou também que o estado de São Paulo foi a única unidade produtiva operando com eficiência econômica plena.

Partindo da idéia de que existem duas metodologias de estimação das eficiências econômica, alocativa e técnica, a paramétrica e a não-paramétrica, surge, então, uma questão. Qual dessas duas metodologias é mais indicada para se estimar tais eficiências? Diversos pesquisadores vêm trabalhando nesta questão, buscando avaliar os dois métodos de estimação em diversas aplicações.

Souza (2003) buscou testar os métodos mais usados na análise de eficiência relativa na produção de leite, comparando um produtor com um grupo de produtores assemelhados e um produtor com toda a amostra, como é o caso da fronteira estocástica. Os métodos testados foram o DEA, a fronteira estocástica e o procedimento de Varian. Assim, dada as características da amostra em estudo, pode-se preferir um método ao outro na determinação de índices relativos de eficiência. Quando a forma funcional empregada para a construção da fronteira for subjacente à “verdadeira” tecnologia adotada pelo grupo de comparação, o método estocástico é preferível ao modelo DEA.

Johansson (2005) buscou efetuar uma comparação entre os métodos, paramétricos e não-paramétricos, de mensuração das eficiências econômica, alocativa e técnica, aplicados às fazendas produtoras de leite na Suécia. Os modelos utilizados foram as fronteiras estocásticas, por meio de uma função na forma Cobb-Douglas e o DEA. Os resultados apontaram o modelo DEA como mais apropriado do que os modelos de fronteira estocástica.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Histórico da análise estocástica da produção

Os primeiros trabalhos que fundamentaram as bases teóricas para os estudos sobre eficiência da produção surgiram durante a década de 1950, elaborados por autores como Debreu (1951), Koopmans (1951) e Shephard (1953), citados por Kumbhakar & Lovell (2000). Koopmans (1951), citado por Kumbhakar & Lovell (2000), definiu que um produtor é tecnicamente eficiente se, e somente se, for impossível produzir mais produto sem produzir menos de outro produto, ou utilizando os mesmos insumos.

A mensuração dessa eficiência técnica começou com a introdução de funções de distância, como forma de modelar a tecnologia e como forma de medir a distância do produtor até a fronteira, e deve-se aos trabalhos de Debreu (1951) e Shephard (1953), citados por Kumbhakar & Lovell (2000). Ela consiste em um passo fundamental para o desenvolvimento dos estudos das medidas de eficiência.

Farrell (1957), citado por Kumbhakar & Lovell (2000), foi o pioneiro na mensuração da eficiência das empresas, na conceituação dos tipos de eficiência e na aplicação empírica. Seu trabalho influenciou tanto o desenvolvimento da análise envoltória de dados quanto a análise de fronteiras estocásticas.

Mais recentemente, segundo Kumbhakar & Lovell (2000), autores, como Pitt & Lee (1981), Cornwell et al. (1984), Kumbhakar (1990) e Battese & Coelli (1992), desenvolveram técnicas que permitem a análise de dados em painéis por meio das fronteiras estocásticas e a conseqüente avaliação das mudanças na eficiência.

Considerável esforço foi feito também para estudar os fatores determinantes da eficiência técnica. Segundo Kumbhakar & Lovell (2000), autores como Kumbhakar et al. (1991), Reifschneider & Stevenson (1991),



Huang & Liu (1994) e Battese & Coelli (1995) desenvolveram métodos em que os escores de eficiência são utilizados como variáveis dependentes em regressões contendo variáveis explicativas independentes.

### **3.2 Medidas de eficiência**

Para análise da gestão dos recursos produtivos, os indicadores de interesse são as eficiências técnica, alocativa e econômica.

A eficiência econômica é entendida como um processo da produção em que os custos são minimizados, dados os preços dos fatores (eficiência alocativa) e a produção ocorre na fronteira tecnológica (eficiência técnica). Em outras palavras, a eficiência econômica é uma medida de eficiência que trata da relação entre o valor dos produtos e o valor dos insumos. Fundamentalmente, eficiência econômica se preocupa com o aspecto monetário da produção, ou seja, é uma combinação das eficiências técnica e alocativa.

Vista dessa forma, a eficiência técnica é uma medida da forma como a combinação ótima dos recursos é utilizada na produção, na busca do produto máximo. A eficiência técnica trata da relação entre produtos e insumos, ou seja, está preocupada com o aspecto físico da produção.

Já a eficiência alocativa é uma medida da maneira como a empresa emprega uma combinação ótima de insumos para produção, em que o objetivo passa a ser o lucro máximo. A eficiência alocativa existe quando os recursos são alocados na empresa de acordo com os preços de mercado.

Os estudos de Farrell (1957) forneceram definições tanto para eficiência técnica quanto para alocativa, partindo do conceito de fronteiras determinísticas. O autor, para definir o conceito de eficiência, considerou uma empresa que emprega dois insumos,  $x_1$  e  $x_2$ , para produzir um único produto  $y$ . A tecnologia foi resumida por uma função de produção:  $y = f(x_1, x_2)$ . Tal função pode ser escrita como  $1 = f(x_1/y, x_2/y)$ , ou seja, a fronteira tecnológica pode ser

representada por uma isoquanta unitária  $SS'$ , conforme ilustrado na Figura 1. Por definição, as empresas que operam sobre a isoquanta são eficientes e nenhuma pode ficar abaixo de  $SS'$ .

Admitindo-se uma combinação de insumos, representada pelo ponto A, a razão entre as distâncias da origem O ao ponto B e ao ponto A, ou seja, a relação  $OB/OA$ , mede a eficiência técnica (ET), que é a razão dos insumos necessários para produzir  $y$  em relação aos insumos realmente utilizados.

Considerando que a linha  $WW'$ , na Figura 1, é a curva de isocusto, representando a razão de preço dos insumos  $x_1$  e  $x_2$ , a relação  $OC/OB$  mede a eficiência alocativa (EA) ou preço, já que o custo no ponto C é o mesmo do ponto alocativamente eficiente D. O custo do ponto C é menor do que aquele do ponto B, tecnicamente eficiente, mas alocativamente ineficiente.

Finalmente,  $OC/OA$  mede a eficiência total ou eficiência econômica (EE), que é dada pelo produto das eficiências técnica e alocativa. Assim, tem-se:

$$E_E = \frac{OB}{OA} \times \frac{OC}{OB} = \frac{OC}{OA}. \quad (1)$$

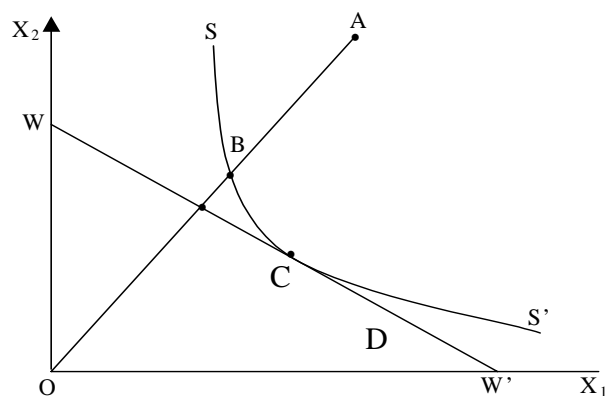


FIGURA 1 Representação das eficiências técnica, alocativa e econômica.

A análise de eficiência de uma empresa pode ser considerada como indicador técnico e econômico para avaliar o grau em que os insumos são utilizados no processo de obtenção da produção desejável. Dessa forma, se uma unidade de produção é eficiente, ela utiliza seus recursos para alcançar a máxima produção.

Os limites de máxima produtividade que uma unidade de produção pode alcançar num processo produtivo utilizando determinada combinação de insumos são definidos como uma fronteira de produção. Assim, fronteira de produção representa o limite máximo de produto obtido, dada certa tecnologia. Entretanto, na prática, nem todas as empresas apresentam a mesma eficiência na transformação de insumos em produtos, podendo existir empresas menos eficientes. Alguns autores consideram como uma medida de ineficiência a distância em que uma unidade de produção encontra-se abaixo da fronteira de produção (Richetti & Reis, 2003).

### **3.3 Modelo analítico**

As principais abordagens utilizadas na estimação da função fronteira de produção são as paramétricas e as não-paramétricas, sendo as paramétricas divididas em fronteiras estocásticas e determinísticas.

A fronteira de produção pode ser definida como a produção máxima passível de ser obtida com determinados fatores, em determinado nível tecnológico. Nesse caso, a porção do erro assume grande importância, pois incorpora tudo o que influencia a produção e que não é captado pelas variáveis explicativas selecionadas. O fundamento utilizado para a estimação da fronteira de produção estocástica é o de que o termo de erro, de qualquer função de produção, pode ser dividido em duas partes (Figura 2). Uma parte do erro representa a ineficiência econômica do produtor ( $U$  na Figura 2), a qual possui

uma distribuição unilateral meio-normal. A outra parte do erro seria o erro aleatório propriamente dito, que representa erros de medidas, choques exógenos, etc. e tem distribuição normal (V na Figura 2).

A função de fronteira de produção é gerada a partir de uma função de produção média (função A na Figura 2), criada a partir da amostra em questão. A esta “Função A” soma-se o termo de erro composto (V+U na Figura 2), o que gera uma “Função B” da Figura 2. Subtraindo dessa “Função B” a porção que representa o erro aleatório (V), obtém-se a fronteira de produção estocástica (função C na Figura 2).

A distância entre cada indivíduo “Função D” e a fronteira de produção é considerada uma medida de ineficiência técnica. Dessa forma, o produtor cuja produção física total (ou valor da produção) estiver sobre a fronteira de produção em um dado nível de fatores terá um escore de eficiência econômica igual a um. Quanto mais abaixo da fronteira de produção, menor será o escore de eficiência do produtor, sendo o mínimo igual a zero.

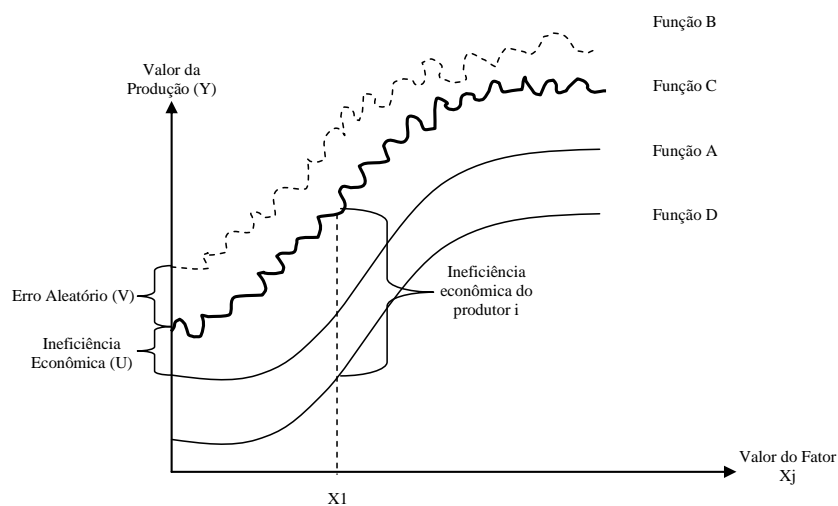


FIGURA 2 Representação das funções de produção média, de um produtor hipotético (função D) e da função de produção estocástica.

Fonte: Adaptado de Andrade (2003)

Conforme a especificação de Battese & Coelli (1992), o modelo pode ser expresso da seguinte forma:

$$Y_i = x_i\beta + (V_i - U_i) \quad (01)$$

em que:

$Y_i$  corresponde à receita total (ou seu logaritmo) do  $i$ -ésimo produtor de leite;  
 $x_i$  é o vetor de  $k \times 1$  dos valores gastos com os fatores (ou seus logaritmos) do  $i$ -ésimo produtor de leite;

$\beta$  é um vetor de parâmetros desconhecidos;

$V_i$  são erros aleatórios dos  $i$ -ésimos produtores, assumindo uma distribuição meio-normal  $N(0, \sigma_v^2)$  e

$U_i$  representa a ineficiência econômica aleatória, não negativa, do  $i$ -ésimo produtor, a qual é distribuída independente e de  $V_i$  e truncada em zero da distribuição  $N(\mu, \sigma_U^2)$ .

Segundo a parametrização de Battese & Corra (1977) e Battese & Coelli (1995), os quais substituíram  $\sigma_v^2$  e  $\sigma_U^2$  por  $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_U^2$ , a ineficiência econômica do produtor 01 no nível de produção  $Y_1$  é dada por:

$$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_U^2 \quad (02)$$

$$\gamma = \sigma_U^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_U^2) \quad (03)$$

Em que:

$\sigma^2$  é a variância total,  $\sigma_v^2$  é a variância de  $V_j$  (Figura 2);

$\sigma_U^2$  é a variância de  $U$  (Figura 2) e

$\gamma$  corresponde ao efeito da ineficiência  $U$  na variância do valor da produção (Figura 2), em que  $\gamma$  pode variar de 0 a 1 e é utilizado no processo de maximização iterativa, tal como o algoritmo de Davidson-Fletcher-Powell (DFP), para gerar os escores de eficiência econômica.

Por meio do software Frontier 4.1, os coeficientes de eficiência econômica foram estimados para cada produtor. O Frontier 4.1 utiliza metodologia de Battese e Coeli (1992), citados por Coelli (1996), que consiste na parametrização do erro aleatório e da ineficiência técnica relativa. A medida de eficiência econômica (EE) para a firma  $j$  é dada por:

$$EE = \frac{Y_j}{Y_j^*} \quad (04)$$

Em que:

$Y_j$  é o valor observado da produção para a firma  $j$  e,

$Y_j^*$  é o valor da produção na fronteira, ou seja, quando a ineficiência  $U_j$  é igual a zero.

A eficiência econômica máxima é igual a 1. Neste caso, a firma está produzindo na fronteira, ou seja,  $Y_j = Y_j^*$ .

O modelo a ser estimado consiste em uma função de forma funcional do tipo Cobb-Douglas, em que a fronteira de produção com erro composto será representada pela equação (05);

$$Y_j = \beta_0 CAT_j^{\beta_1} CAR_j^{\beta_2} MM_j^{\beta_3} M_j^{\beta_4} A_j^{\beta_5} V_j^{\beta_6} E_j^{\beta_7} O_j^{\beta_8} e^{\varepsilon_j} \quad (05)$$

em que:

- $Y_j$  é o valor da receita total (leite, descarte e subprodutos) da produção no ano, em R\$, na fazenda j;
- $CAT_j$  é o valor do custo alternativo da terra, em R\$, na fazenda j;
- $CAR_j$  é o valor do custo alternativo do rebanho, em R\$, na fazenda j;
- $MM_j$  é o gasto com manutenção de máquinas e equipamentos e gastos com benfeitorias, em R\$, na fazenda j;
- $M_j$  é o custo com mão-de-obra total (efetiva e familiar) usado no ano, em R\$, na fazenda j;
- $A_j$  são os gastos com alimentação (concentrados e mineirais) no ano, em R\$, na fazenda j;
- $V_j$  são os gastos efetivos com produtos veterinários;
- $E_j$  são os gastos com energia elétrica, combustível e lubrificante por ano, em R\$, na fazenda j;
- $O_j$  são os custos empregados em outras despesas (transporte, mão-de-obra eventual, assistência técnica, impostos e taxas e demais despesas não incluídas nos outros grupos);

- $e$  representa o erro.

A escolha destas variáveis foi feita de forma a incluir os principais fatores de produção.

A equação (06), na forma logarítmica, é:

$$\ln Y_i = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln CAT_j + \beta_2 \ln CAR_j + \beta_3 \ln MM_j + \beta_4 \ln M_j + \beta_5 \ln A_j + \beta_6 \ln E_j + \beta_7 \ln O_j + e_j \quad (06)$$

Assim, essa especificação de fronteira de eficiência econômica essencialmente define como sendo eficiente aquele produtor que combine, de forma melhor, os recursos acima mencionados com o intuito de se obter maiores receitas, dadas as suas dotações de fatores e seus níveis tecnológicos.

### 3.3.1 Análise de cluster

Uma das pressuposições ligadas à metodologia utilizada é a de que a amostra seja homogênea. Afinal, podem ocorrer perturbações na comparação de produtores que utilizam sistemas de produção diferentes. Essa pressuposição conduziu à necessidade de estratificar a amostra de produtores, pois existe heterogeneidade no que diz respeito ao nível tecnológico, o qual, em se tratando de funções de produção, seria o único fator que deslocaria a função verticalmente (além da eficiência econômica).

As variáveis utilizadas para classificar o nível tecnológico dos produtores, por meio da análise de cluster, foram as seguintes: preço médio das vacas, em reais; mão-de-obra (dia-homem) utilizada no ano, por hectare; mão-de-obra (dia-homem) utilizada no ano, por vaca; mão-de-obra (dia-homem) utilizada, por real investido em máquinas e equipamentos e, gasto anual, em reais, com medicamentos, por vaca. Estas variáveis foram escolhidas por



representarem importantes fatores tecnológicos ligados à intensidade de uso da mão-de-obra, mecanização e à qualidade e à intensidade de uso da unidade produtiva fundamental (as vacas). Variáveis similares foram utilizadas por Andrade (2003), para a classificação de produtores de leite do Rio de Janeiro.

A análise de cluster consiste em um método estatístico que agrupa indivíduos segundo as suas características. Correlações e funções de distância são utilizadas para gerar agregados (Hair, 2005). Os agregados são homogêneos entre si (internamente), porém, heterogêneos entre os conglomerados (externamente). As relações de interdependência entre as variáveis utilizadas para determinar os clusters são o foco da análise, portanto, não existem variáveis dependentes ou independentes (Hair, 2005).

### 3.3.2 Critérios de seleção de modelos

A fim de se obter os modelos com melhor ajuste, os critérios de informação de Akaike & Bayesiano (AIC e BIC) objetivam fornecer parâmetros necessários para a escolha ótima do modelo que melhor representa a realidade da série.

O critério de informação de Akaike (AIC) é definido como:

$$AIC = 2\frac{k}{N} - 2\frac{l}{N} \quad (07)$$

Em que:

$k$  corresponde ao número de coeficientes estimados, incluindo a constante;

$l$  representa a estatística de log-verossimilhança;

$N$  é o número de observações.

O critério de informação bayesiano (BIC), também conhecido como critério de informação de Schwarz, é semelhante ao AIC, com a característica de impor uma penalidade superior pela inclusão de coeficientes adicionais a serem estimados.

O critério de informação bayesiano (BIC) é definido como:

$$BIC = \frac{k(\log N)}{N} - 2 \frac{l}{N} \quad (08)$$

A escolha do melhor modelo se faz com aquele que apresenta os menores valores de AIC e BIC.

### 3.3.3 Modelo Tobit

O modelo Tobit foi desenvolvido por James Tobin, economista laureado com o Prêmio Nobel. Sua característica é semelhante à dos modelos com variáveis dependentes limitadas, como os modelos Probit e Logit, pois utiliza amostras nas quais a informação sobre o regressando esteja disponível somente para algumas observações. Essa amostra é conhecida como censurada. Em alguns trabalhos encontrados na literatura, o modelo Tobit é também conhecido como modelo de regressão censurada. Tais modelos têm variáveis dependentes limitadas, por causa da restrição imposta sobre os valores assumidos pelo regressando.

Considere um modelo de regressão linear, descrito como

$$y_i^* = x_i' \beta + \sigma_i \quad (09)$$

Em que:  $\sigma_i$  é o parâmetro de escala. O parâmetro de escala é identificado em modelos de regressão truncada e censurada e será estimado juntamente com o coeficiente  $\beta$ .

Nos modelos de regressão censurada (Tobit), com os erros assumindo distribuição normal, os dados observados em  $y$  são dados por:

$$y_i = \begin{cases} 0 & \text{se } y_i^* \leq 0 \\ y_i^* & \text{se } y_i^* > 0 \end{cases} \quad (10)$$

Conforme a equação 10, pode-se observar que os valores negativos de  $y^*$  assumem o valor zero de  $y$ . Então, diz-se que os dados são censurados à esquerda. Note que esta situação difere da regressão truncada, na qual os valores  $y^*$  são retirados da amostra. Para este trabalho, o modelo de regressão assumirá dois pontos de censura, ou seja, o modelo será censurado nos pontos 0 e 1, uma vez que a variável  $y$ , correspondente às eficiência econômica, oscila entre 0 e 1.

Isto posto, o modelo de regressão assume a seguinte notação matemática:

$$y_i = \begin{cases} 0 & \text{se } y_i^* \leq 0 \\ y_i^* & \text{se } 0 < y_i^* \leq 1 \\ 1 & \text{se } y_i^* > 1 \end{cases} \quad (11)$$

Os parâmetros  $\beta$  e  $\sigma$  são estimados pela maximização da função log-verossimilhança, dada por:

$$l(\beta, \sigma) = \sum_{i=1}^N \log f((y_i - x_i' \beta) / \sigma) \cdot 1(0 < y_i < 1) + \log(F((0 - x_i' \beta) / \sigma)) \cdot 1(y_i = 0) \\ + \log(1 - F((0 - x_i' \beta) / \sigma)) \cdot 1(y_i = 1)$$

Em que  $f, F$  são funções de distribuições cumulativa e de densidade de  $e$ , respectivamente.

Para este estudo, os escores de eficiência econômica de cada produtor serão utilizados como variáveis dependentes no modelo Tobit e seguindo a pressuposição acima descrita.

Assim, o modelo a ser estimado para as eficiências econômicas segue a seguinte especificação:

$$EE_j = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 \\ + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \beta_{10} X_{10} + \beta_{11} X_{11} + \beta_{12} X_{12} + \beta_{13} X_{13} + e \quad (12)$$

em que:

X1: área leite total (ha);

X2: produção de leite (litros/dia/propriedade);

X3: participação do produto leite na composição da receita (%);

X4: taxa de lotação de pastagens (unidade animal/ha);

X5: dias-homem por ano;

X6: produtividade do número total de vacas do rebanho, incluindo as secas (litros/dia);

X7: produtividade da pastagem (litro/ha/ano);

X8: relação de dias-homem por ano, divididos pelo valor investido em máquinas;

X9: dias-homem (DH/ano/ha);

- X10: número de animais no rebanho;  
X11: dias-homem por animal (DH/animal/ano);  
X12: valor gasto com produtos veterinários, por animal;  
X13: valor médio por animal do rebanho;  
*e*: representa o termo de erro.

### **3.4 Área de estudo e fonte dos dados**

Os dados utilizados nesta pesquisa foram cedidos pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG), por meio de seu Departamento Técnico e fazem parte do projeto intitulado “Sistema de Administração Rural e Projetos Agropecuários” (SARPA). Este trabalho, que foi realizado em todo o estado de Minas Gerais, procedeu à coleta e ao processamento de informações de natureza estrutural, tecnológica e econômica das propriedades rurais. Seu principal objetivo foi a elaboração do diagnóstico técnico-econômico das propriedades participantes do projeto.

Especificamente para a produção leiteira, as informações do SARPA consistem de:

- a) inventário da propriedade para terra, benfeitorias, máquinas, equipamentos, veículos e animais;
- b) índices zootécnicos, produção e produtividade;
- c) levantamento dos componentes de custos: despesas com insumos e serviços, depreciação de capital fixo e remuneração do capital investido em máquinas, equipamentos, veículos e animais.

As variáveis monetárias empregadas nos modelos descritos na metodologia foram corrigidas pelo Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), fornecido pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), base 1998.

O período de análise compreendeu os anos agrícolas de 1995/96 a 2001/02 (Tabela 1). Definiu-se 1998 como ano base, devido ao maior número de observações deste ano e também à menor flutuação da taxa de câmbio verificada naquele período.

Devido a diferenças metodológicas, a remuneração do capital investido em terras e benfeitorias e o custo alternativo dos recursos variáveis foram incluídos posteriormente. A remuneração do fator terra resultou do valor do aluguel por hectare, segundo a região onde se localizava a propriedade. Para os demais fatores referidos, estipulou-se a taxa de 6% a.a., conforme metodologia proposta por Reis (2002).

Na representação dos sistemas de produção, optou-se pela estratificação dos produtores, conforme a análise de cluster, em níveis A, B e C de tecnologia. Para a separação por quantidade produzida, para algumas análises, os produtores foram classificados de acordo com metodologia do SEBRAE (Diagnóstico da Pecuária Leiteira do Estado de Minas, 1996). Os sistemas de produção de leite do estado de Minas Gerais podem ser assim definidos: pequeno produtor, produz até 50 litros por dia; médio produtor, de 51 a 250 litros por dia e grande produtor, acima de 250 litros por dia.

Foram incluídos neste trabalho os dados de 614 observações ao longo dos anos agrícolas de 1995/96 a 2001/02, conforme Tabela 1. A composição do grupo de produtores originou-se da seleção intencional destes, em função da disponibilidade de dados, resultante da receptividade dos produtores quanto ao programa da EMATER-MG. Além disso, muitas das propriedades participantes do projeto não foram acompanhadas durante todo o período de análise. Para este estudo, algumas observações foram retiradas, pois não apresentavam variáveis completas que atendessem às necessidades da pesquisa.

Ainda na Tabela 1, apresenta-se o número de produtores divididos por níveis tecnológicos e por nível de produção.

Na representação dos sistemas de produção, optou-se pela estratificação dos produtores, conforme a produção diária de leite. Observa-se, pelos dados da Tabela 1, que a participação de pequenos produtores é relativamente baixa, predominando, assim, características tecnológicas e econômicas referentes aos estratos de médios e grandes produtores. Quando se analisa pelo nível tecnológico, o maior número de observações (339) se enquadra no nível C, que, se comparado com A e B, tem menores índices que indicam uso de tecnologia.

TABELA 1 Número de observações agrupadas por nível tecnológico e nível de produção.

Nível de produção	Nível de tecnologia			Total geral
	A	B	C	
Grande	47	67	69	183
Médio	40	108	232	380
Pequeno	1	12	38	51
<b>Total geral</b>	<b>88</b>	<b>187</b>	<b>339</b>	<b>614</b>

Fonte: Dados da pesquisa

TABELA 2 Número de observações agrupadas por nível tecnológico e mesorregião.

Mesorregiões	Nível de tecnologia			Total geral
	A	B	C	
Campo das Vertentes	8	22	54	84
Central Mineira	1	4	10	15
Jequitinhonha	1	5	5	11
Metropolitana de BH	11	24	22	57
Noroeste de Minas	-	3	9	12
Norte de Minas	-	-	9	9
Oeste de Minas	1	4	4	9
Sul/Sudoeste de Minas	18	38	46	102
Triângulo/Alto Paranaíba	30	36	69	135
Vale do Rio Doce	4	17	28	49
Zona da Mata	14	34	83	131
<b>Total geral</b>	<b>88</b>	<b>187</b>	<b>339</b>	<b>614</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Pelos dados da Tabela 2 pode-se verificar a distribuição por mesorregiões (Figura 3), definidas a partir da malha municipal fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para 2003. Destaca-se o maior número de produtores do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Zona da Mata.

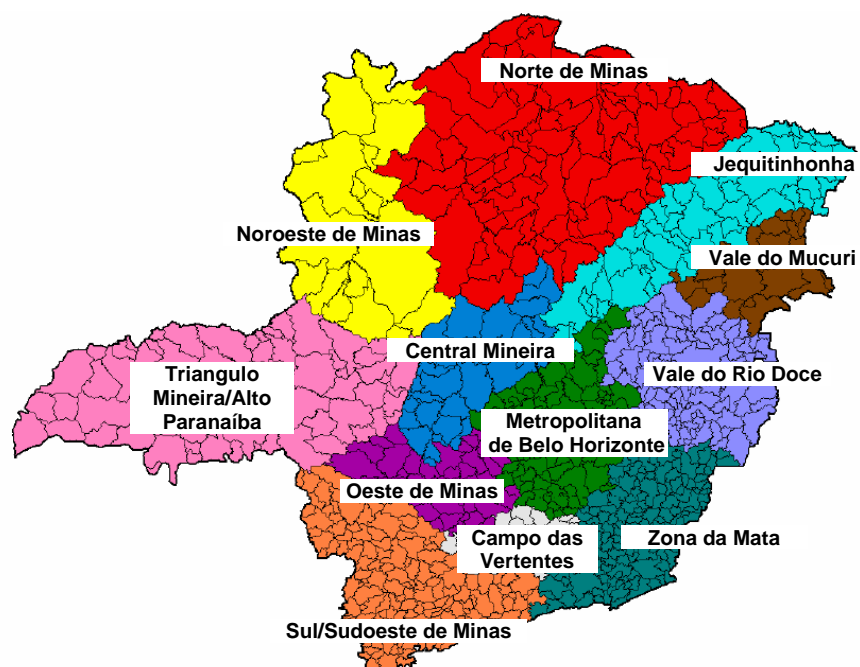


FIGURA 3 Mapa de Minas Gerais, por mesorregiões  
Fonte: UNDP (2006).



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Agrupamento por nível tecnológico de produção

Utilizou-se a análise de cluster com o objetivo de agrupar os produtores da amostra, de forma que os grupos formados sejam homogêneos no uso de tecnologias.

Os produtores foram subdivididos em três níveis tecnológicos, A, B e C, conforme metodologia já citada. Os mais tecnificados da amostra foram agrupados no nível A; os intermediários, tecnologicamente, no nível B e os produtores com menor uso de tecnologia compõem o nível C.

Evitou-se, neste trabalho, o uso de expressões como “alta tecnologia” ou “baixa tecnologia”, pois, apesar da análise de cluster separar os produtores a partir de variáveis que exprimem níveis de tecnologia, não se pode, a partir disso, inferir, por exemplo, que no grupo A estão sistemas do tipo *free stall*, que utiliza intensivamente tecnologia na produção. O que se pode afirmar é que os integrantes do grupo A apresentam um maior grau de tecnologia, comparados aos integrantes dos grupos B e C.

### 4.2 Eficiência econômica (EE)

#### 4.2.1 Fronteira de produção estocástica estimada

Como primeiro passo para a investigação empírica da eficiência econômica (EE) aplicada à produção leiteira no estado de Minas Gerais, no período de 1995 a 2001, estimou-se a fronteira de produção estocástica pelo método de máxima verossimilhança. Estimou-se, também, a função de produção Cobb-Douglas, no intuito de analisar as elasticidades dos fatores de produção.

A escolha dos modelos apresentados, discutidos no presente estudo, teve como parâmetros de classificação os testes AIC e BIC. No Anexo B estão os outros modelos não incluídos na discussão.

Foram inseridas e retiradas diversas variáveis, até que se encontrassem os modelos selecionados pelos testes Akaike (*Akaike Information Criterion*) e Bayesiano (*Bayesian Information Criterion*). Para maiores detalhes sobre a metodologia e aplicação, consultar Akaike (1974) e Schwarz (1978), respectivamente.

Vale ressaltar que, para o presente estudo, estimaram-se as fronteiras de produção para os níveis de tecnologia A, B e C, conforme análise de cluster.

Os resultados econométricos das fronteiras de produção estimadas são brevemente discutidos a seguir. Uma observação relevante diz respeito à hipótese de que, *a priori*, as fronteiras de produção são diferentes, de acordo com o nível de tecnologia adotado, tornando-se necessária a estimação independente. Além dos critérios estatísticos de seleção, observou-se a coerência dos sinais dos coeficientes de regressão com os princípios econômicos, como também a importância das variáveis no processo produtivo. Sabendo-se que variáveis explicativas altamente correlacionadas podem causar problemas de multicolinearidade, procurou-se investigar a sua existência recorrendo-se ao cálculo dos coeficientes de correlação (Anexo A).

Dessa forma, algumas variáveis mostraram correlações mais altas do que seria desejável, o que pode ser responsável pela não significância de alguns dos coeficientes de regressão dos modelos ajustados, pois, parâmetros não significativos ocorrem quando as variáveis explicativas estão altamente correlacionadas entre si. Nesse caso, a multicolinearidade não deve fazer com que, simplesmente, se omita um regressor que se acredita importante, pois tal omissão introduz tendenciosidade. Por outro lado, a exclusão de variáveis explicativas, visando atenuar o problema de multicolinearidade, pode acarretar erros de especificação, principalmente se a variável for importante. Assim, aquelas variáveis foram mantidas no modelo, por entender tratarem-se de

variáveis indispensáveis ao processo de produção de leite no estado de Minas Gerais.

#### **4.2.2 Fronteira de produção estocástica estimada para os produtores do nível tecnológico A**

Pelos dados da Tabela 3, pode-se observar que as variáveis consideradas como independentes tiveram um bom grau de ajustamento, representadas pela estatística  $t$ ; dentre as cinco variáveis analisadas, quatro foram significativas, com exceção da variável mão-de-obra, que não se mostrou significativa. Portanto, pode-se dizer que as variáveis utilizadas explicam aproximadamente 90% da receita total, devido ao valor do  $R^2$ .

A estatística  $F$ , de Snedecor, sugere uma associação entre as variáveis integrantes da equação (Khan & Silva, 1997). A 1% de significância, pode-se rejeitar a hipótese de que os coeficientes do vetor de regressão sejam todos nulos.

Como a função Cobb-Douglas é estimada em sua forma logarítmica, os parâmetros estimados expressam as elasticidades de produção com relação aos insumos. A variável com maior elasticidade, “custo alternativo do Rebanho”, indica que acréscimos de 10% no valor dos animais aumentam a receita total em 6,4%. Esse fato é explicado pela maior produtividade do gado de maior valor.

A variável “produtos veterinários” apresenta coeficiente negativo. Essa relação inversa com a variável “valor da produção” ( $Y$ ) mostra que os produtores do nível A excedem o uso desse fator.

No que se refere aos resultados da fronteira de produção estocástica comparada com a função média, verifica-se que seus coeficientes são muito semelhantes, alterando apenas seu intercepto, estando a função de produção estocástica acima da função média. De acordo com Conceição & Araújo (2000), este fator indica que a função fronteira não representa um deslocamento neutro em relação à função média.

TABELA 3 Estimativa dos parâmetros da função de produção e da fronteira de produção estocástica dos produtores do nível tecnológico A.

Variáveis	Função média		Fronteira estocástica	
	Coefficiente	Valor t	Coefficiente	Valor t
Constante	2,29*	4,88	3,02*	6,01
Custo alternativo rebanho	0,64*	8,58	0,59*	7,98
Mão-de-obra	0,11	1,29	0,07	0,93
Produtos veterinários	-0,19*	-2,65	-0,17*	-2,43
Energia elétrica e combustível	0,09**	1,89	0,09**	1,99
Outras despesas	0,58*	7,32	0,62*	8,00
Estatística F	19,75*			
R <sup>2</sup>	0,90			
$\gamma$			0,85*	8,07
Teste LR			6,42**	

Fonte: Dados da pesquisa

Notas: \* significativo, a 1%; \*\* significativo, a 5%; \*\*\* significativo, a 10%,

Na estimativa da função fronteira estocástica, o parâmetro LR é igual a 6,42, significativo a 5% de probabilidade, rejeitando a hipótese nula de que não há ineficiência técnica no sistema de produção leiteira no estado de Minas Gerais, para o nível A. Este fato implica que o termo do erro  $u_i$  domina  $v_j$ , ou seja, a diferença entre o valor da produção observada e o valor da produção fronteira deve-se, principalmente, à ineficiência econômica.

Conforme visto na metodologia, o parâmetro  $\gamma$ , descrito por Battese & Broca (1996), mede o efeito da ineficiência na variação da produção observada. Portanto, no presente estudo,  $\gamma$  é igual a 0,85, significativo a 1%, o que indica que há ineficiência econômica para o grupo A (com maior uso de tecnologia) e significa que 85,0% da variação da Receita Total (Y) é devido à ineficiência econômica.

### 4.2.3 Fronteira de produção estocástica estimada para os produtores do nível tecnológico B

Os resultados quanto à estimação da função de produção e fronteira de produção estocástica, para os produtores de uso intermediário de tecnologia, estão explicados na Tabela 4. Como se pode observar, todas as variáveis foram significativas, a 1% e 5% e explicam, aproximadamente, 81,0% ( $R^2$ ) da receita total. O modelo teve um bom grau de ajustamento, apresentado pela estatística F, significativa a 1%.

TABELA 4 Estimativa dos parâmetros da função de produção e da fronteira de produção estocástica dos produtores do nível tecnológico B.

Variáveis	Função média		Fronteira estocástica	
	Coefficiente	Valor t	Coefficiente	Valor t
Constante	2,17*	4,88	2,60*	7,52
Custo alternativo rebanho	0,40*	8,58	0,47*	7,19
Mão-de-obra	0,15**	1,29	0,13*	2,57
Produtos veterinários	-0,08*	-2,65	-0,05	-1,19
Energia elétrica e combustível	0,05**	1,89	0,04	0,89
Outras despesas	0,68*	7,32	0,58*	9,60
Estatística F	145,98*			
$R^2$	0,81			
$\gamma$			0,89*	20,21
Teste LR			36,66**	

Fonte: Dados da pesquisa

Notas: \* significativo, a 1%; \*\* significativo, a 5%; \*\*\* significativo, a 10%, LFMV corresponde ao logaritmo da Função de Máxima Verossimilhança

Com relação aos resultados da fronteira de produção, verifica-se que as estimativas dos parâmetros são muito semelhantes às encontradas no modelo de função média, indicando que a função fronteira não apresenta um deslocamento completamente neutro em relação à função média.

Conforme exposto anteriormente, o valor 0,89 do parâmetro  $\gamma$ , significativo a 1%, indica que há ineficiência técnica para os produtores do nível B. Essa ineficiência técnica responde por 89,0% da variância da receita total.

Como para o nível A, a variável “produtos veterinários” também apresenta coeficiente negativo, indicando uso não racional desse fator.

Destaca-se, ainda, para os produtores do nível B, a significância da variável mão-de-obra. Aumentos de 10% no valor da mão-de-obra têm impacto de 1,5% na receita total.

Comparando-se os dados das Tabelas 3 e 4, observa-se uma diferença entre os dados, principalmente no que se refere às despesas gerais. Para os produtores do nível B, aumentos de 10% nas outras despesas causam aumentos de 6,8% na receita total, enquanto que, nos mais tecnicados (nível A), esse acréscimo na receita é de 5,8%. Esse fenômeno pode ser explicado, pois o item outras despesas inclui gastos com assistência técnica, que teriam mais impacto em produtores menos tecnicados.

#### **4.2.4 Fronteira de produção estocástica estimada para os produtores do nível tecnológico C**

Na Tabela 5 são apresentados todos os parâmetros significativos pela estatística t, com exceção da energia elétrica e combustíveis, o que, para o nível menos tecnicado, já era esperado, pois, esses produtores fazem menor uso de tanques de expansão e máquinas que utilizam combustíveis. No que tange à estatística F e aos coeficientes de determinação  $R^2$ , observa-se que o modelo apresenta um bom ajustamento, devido ao grau de significância de 1% para a estatística F e o valor do  $R^2$ , 0,76, indica que as variáveis utilizadas explicam, aproximadamente, 76,0% da receita total.

Em contraste com os níveis A e B, o nível C apresenta a variável produtos veterinários com coeficiente positivo, indicando racionalidade no uso desse fator.

TABELA 5 Estimativa dos parâmetros da função de produção e da fronteira de produção estocástica dos produtores do nível tecnológico C.

Variáveis	Função média		Fronteira estocástica	
	Coefficiente	Valor t	Coefficiente	Valor t
Constante	3,16*	11,55	3,48*	12,15
Custo alternativo rebanho	0,36*	8,08	0,36*	8,35
Mão-de-obra	0,12*	3,01	0,12*	3,14
Produtos veterinários	0,06**	1,73	0,07**	1,88
Energia elétrica e combustível	0,03	0,91	0,31	1,05
Outras despesas	0,46*	9,41	0,45*	9,55
Estatística F	206,18*			
R <sup>2</sup>	0,76			
$\gamma$			0,53*	2,83
Teste LR			3,63**	

Fonte: Dados da pesquisa

Notas: \* significativo, a 1%; \*\* significativo, a 5%; \*\*\* significativo, a 10%, LFMV corresponde ao logaritmo da Função de Máxima Verossimilhança

O valor de  $\gamma$  igual a 0,53 e significativo a 1% indica que há ineficiência técnica para os produtores do nível C, uma vez que 53% da variância na receita deve-se à ineficiência econômica.

### 4.3 Estimação dos escores de eficiências econômicas

Após estimadas as funções de produção fronteira estocástica dos produtores de leite do estado de Minas Gerais, foram estimadas as eficiências utilizando-se o software Frontier 4.1, desenvolvido por Coelli (1996).

Para este estudo, as estratificações dos escores de eficiência econômica tiveram um intervalo fixo de 0,1 para a apresentação dos resultados, valor comumente utilizado na literatura pesquisada.

Os resultados da estimativa da eficiência econômica estão expressos nas Tabelas 6, 7 e 8 e Figuras 4, 5 e 6, nas quais apresenta-se a separação dos escores de eficiências de acordo com cada nível tecnológico.

#### 4.3.1 Escores de eficiência econômica para os produtores do nível tecnológico A

Analisando-se os escores de eficiência econômica dos produtores do nível A, observa-se que 68,0% dos mesmos apresentam níveis de eficiência econômica acima de 70,0% (Tabela 6). A média para o grupo mais tecnificado é de 73,0%.

TABELA 6 Escores de eficiências econômicas para os produtores do nível A

Classes de eficiências	Número de produtores	%
0 -  0,09	0	0%
0,10 -  0,19	0	0%
0,20 -  0,29	1	1%
0,30 -  0,39	1	1%
0,40 -  0,49	4	5%
0,50 -  0,59	7	8%
0,60 -  0,69	15	17%
0,70 -  0,79	29	33%
0,80 -  0,89	23	26%
0,90 -  1	8	9%
Total	88	100%
Média	0,73	
Máximo	0,93	
Mínimo	0,22	

Fonte: Dados da pesquisa

Quanto ao nível de variação dos escores de eficiências econômicas, eles oscilam de um mínimo de 22,0% até um máximo de 93,0%. Observando-se a distribuição dos produtores do nível A de acordo com seus escores de eficiência econômica, o gráfico da Figura 4 demonstra que 9% dos produtores alcançaram índices maiores que 90%.



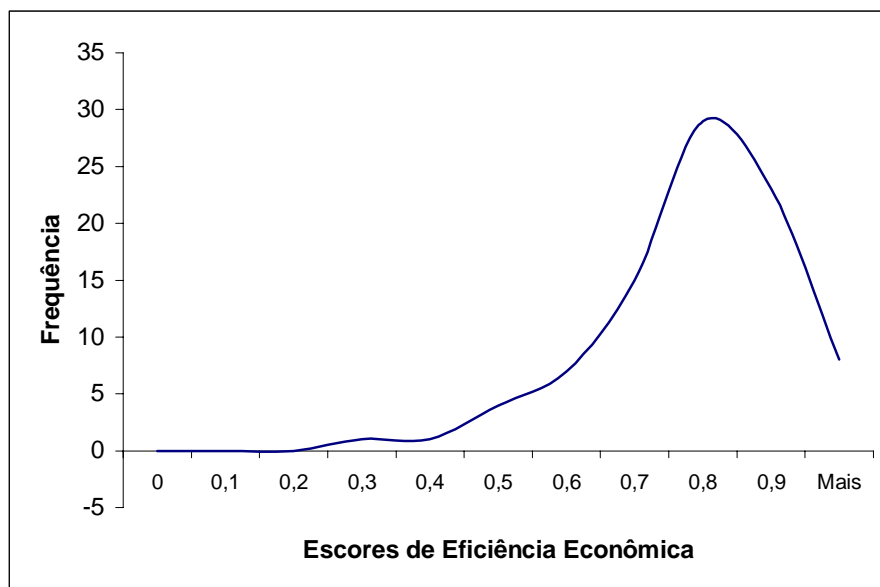


FIGURA 4 Distribuição dos escores de eficiências econômicas para os produtores do nível A.

Fonte: Dados da pesquisa

#### 4.3.2 Escores de eficiência econômica para os produtores do nível tecnológico B

Quanto à análise dos escores de eficiência econômica dos produtores com utilização intermediária de tecnologia, na Tabela 7 encontram-se os resultados obtidos para os índices de eficiência econômica do modelo ajustado.

Observando-se os dados da Tabela 7, nota-se que o nível médio de eficiência econômica é de 0,68, ou seja, os produtores têm um nível de eficiência da ordem de 68,0%, que é menor do que a média dos produtores do nível A, de 73% (Tabela 6).

TABELA 7 Escores de eficiência econômica para os produtores do nível B.

Classes de eficiências	Número de produtores	%
0 -  0,09	0	0%
0,10 -  0,19	0	0%
0,20 -  0,29	3	2%
0,30 -  0,39	7	4%
0,40 -  0,49	14	7%
0,50 -  0,59	28	15%
0,60 -  0,69	51	27%
0,70 -  0,79	40	21%
0,80 -  0,89	37	20%
0,90 -  1	7	4%
Total	187	100%
Média	0,68	
Máximo	0,92	
Mínimo	0,24	

Fonte: Dados da pesquisa

O gráfico da Figura 5 demonstra a distribuição dos escores de eficiência econômica. Observa-se, portanto, que 45,0% dos produtores têm níveis de eficiência acima de 70,0%.

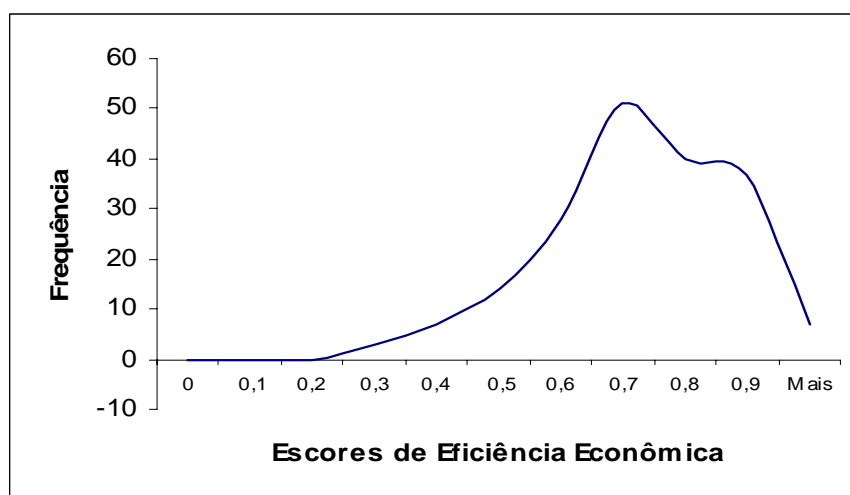


FIGURA 5 Distribuição dos escores de eficiência econômica para os produtores do nível B.

Fonte: Dados da pesquisa

Os escores de eficiência econômica dos produtores do nível B, quando comparados com os do estrato A, revelam uma maior eficiência dos últimos.

### 4.3.3 Escores de eficiência econômica para os produtores do nível tecnológico C

Analisando-se os escores (Tabela 8) de eficiência econômica dos produtores com baixo nível de tecnologia, observa-se que os mesmos possuem uma média de 76,0%, variando de um mínimo de 38,0% até 92,0%.

Dos produtores desse grupo, 82% têm escores maiores que 70% e apenas três produtores têm índices acima de 90%. Se comparados aos outros grupos, esses produtores apresentam níveis médios de eficiência acima dos demais, indicando que os produtores que utilizam menos tecnologia tendem a utilizar de forma mais eficiente seus recursos de produção, a fim de aumentar suas receitas totais.

TABELA 8 Escores de eficiências econômicas para os produtores do nível C

<b>Classes de eficiências</b>	<b>Número de produtores</b>	<b>%</b>
0 -  0,09	0	0%
0,10 -  0,19	0	0%
0,20 -  0,29	0	0%
0,30 -  0,39	1	0%
0,40 -  0,49	2	1%
0,50 -  0,59	14	4%
0,60 -  0,69	50	15%
0,70 -  0,79	148	44%
0,80 -  0,89	121	37%
0,90 -  1	3	1%
Total	339	100%
Média	0,76	
Máximo	0,92	
Mínimo	0,38	

Fonte: Dados da pesquisa

O gráfico da Figura 6 demonstra a distribuição dos escores de eficiência econômica. Observa-se que os produtores concentram-se próximos ao escore de 80%, indicando que esses produtores têm comportamentos mais homogêneos, podendo-se inferir que o fato de não operarem com maior tecnologia os faz produzir com maior otimização no uso dos recursos.

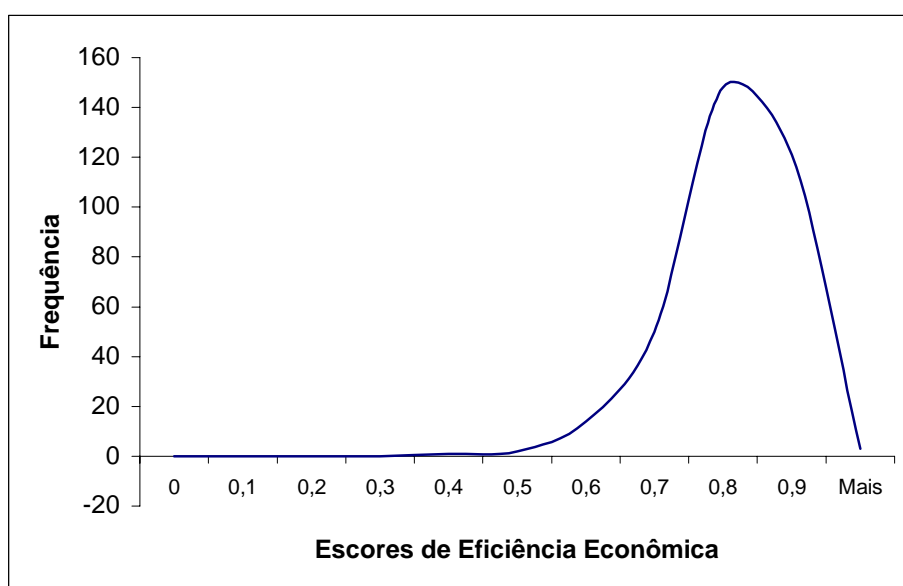


FIGURA 6 Distribuição dos escores de eficiências econômicas para os produtores do nível C.

Fonte: Dados da pesquisa

#### 4.3.4 Sistemas de produção eficientes economicamente

A fim de facilitar a análise, os sistemas de produção foram classificados como eficientes e ineficientes economicamente. O critério utilizado para a classificação consiste em determinar um valor mínimo a ser alcançado, para que o produtor possa ser considerado eficiente economicamente. Para cada nível tecnológico foram calculados a média e o desvio padrão (Tabela 9). A média

adicionada ao valor do desvio padrão resultou no menor valor de EE que um sistema de produção deve apresentar para ser considerado eficiente economicamente, ou seja, operando próximo à fronteira de produção. Na literatura consultada, pesquisadores utilizaram diferentes métodos para considerar um produtor eficiente; Richetti & Reis (2003) consideraram produtores com escores acima de 0,90 como eficientes, assim como Ferreira (1998) e Gomes (1999). Andrade (2003) estratificou os sistemas de produção em “alta eficiência”, “média eficiência” e “baixa eficiência”, utilizando, para isso, média e desvio padrão.

TABELA 9 Média, desvio padrão e limite mínimo para o sistema de produção ser considerado eficiente economicamente.

Nível tecnológico	A	B	C
Média	0,73	0,68	0,76
Desvio padrão	0,14	0,15	0,08
Limite	0,87	0,83	0,85

Fonte: Dados da pesquisa

No nível tecnológico A, 18,2% dos sistemas de produção foram considerados eficientes. Desse grupo considerado eficiente, 37,5% são produtores médios (entre 50 e 250 litros/dia) em volume de produção e 62,5% são grandes produtores (acima de 250 litros/dia). No nível A, nenhum produtor considerado pequeno (até 50 litros/dia) alcançou o escore mínimo de 0,87 de EE.

Para o nível B, 20,3% dos produtores foram considerados eficientes economicamente. A distribuição desses produtores eficientes dentro dos estratos de produção foi de 63,2% para médios produtores, 36,8% para grandes produtores e, assim como no nível A, nenhum pequeno produtor foi considerado eficiente economicamente.

No nível tecnológico C, 14,8% dos produtores foram considerados eficientes economicamente, distribuídos por volume de produção em 65,3% (médios), 28,6% (grandes) e 6,1% (pequenos).

Analisando-se o total de observações da pesquisa, ou seja, 614 produtores, 103 (16,8%) foram considerados eficientes economicamente e, desse total, 3 são sistemas de produção que produzem até 50 litros por dia.

#### 4.3.5 Outras variações das eficiências econômicas

As médias de eficiência econômica (EE) foram agrupadas por mesorregiões e por níveis de tecnologia, como pode ser visto na Tabela 10.

A mesorregião Central Mineira apresenta, para o nível A de tecnologia, um índice médio de EE da ordem de 0,85 e, para o nível C, um escore médio de 0,79, sendo os maiores indicadores desses grupos. Dados do Diagnóstico da Pecuária Leiteira do Estado de Minas Gerais (2006) revelam que a região Central Mineira é uma das regiões que, nos últimos dez anos, obtiveram maior participação na produção leiteira no estado. A eficiência econômica, dessa forma, pode ter sido grande responsável por esse desempenho. A Central Mineira é, ainda, a região que apresenta a maior produção média por animal.

TABELA 10 Média da eficiência econômica para os níveis A, B e C de tecnologia e por mesorregiões.

Mesorregiões	Nível de tecnologia		
	A	B	C
Campo das Vertentes	0,80	0,66	0,77
Central Mineira	0,85	0,72	0,79
Jequitinhonha	0,46	0,86	0,77
Metropolitana de BH	0,70	0,66	0,71
Noroeste de Minas	-	0,59	0,76
Norte de Minas	-	-	0,69
Oeste de Minas	0,76	0,54	0,65
Sul/Sudoeste de Minas	0,74	0,68	0,77

Continua...

TABELA 10 Continuação.

Mesorregiões	Nível de tecnologia		
	A	B	C
Triângulo/Alto Paranaíba	0,77	0,72	0,76
Vale do Rio Doce	0,72	0,64	0,77
Zona da Mata	0,66	0,67	0,78
<b>Total geral</b>	0,73	0,68	0,76

Fonte: Dados da Pesquisa

As médias das eficiências econômicas agrupadas por nível tecnológico e por níveis de produção estão apresentadas na Tabela 11.

A maior parte das observações do presente estudo, ou seja, 339 produtores (Tabela 1), enquadrou-se no nível C de tecnologia. O Diagnóstico da Pecuária Leiteira do Estado de Minas Gerais (2006) traz a afirmação de que a maior parte dos entrevistados diz não receber assistência técnica em suas propriedades e não dispor de capital para melhorar tecnologicamente seus sistemas de produção. Esse grupo menos tecnificado tem média de 76,0% de eficiência e, dentro desse grupo, produtores que têm maiores volumes de produção têm média de EE de 81,0% (Tabela 11), dando indícios da forte relação entre produtividade, escala de produção e eficiência econômica. Há, ainda, o dado do grupo B (48,0% de EE), para pequenos produtores, que indica que o uso de tecnologia sem volume de produção pode gerar baixos índices de eficiência econômica.

TABELA 11 Média de eficiência econômica para os níveis A, B e C de tecnologia e por níveis de produção.

Média de eficiência econômica	Nível de tecnologia		
	A	B	C
<b>Nível de produção</b>			
Grande	0,74	0,72	0,81
Médio	0,74	0,68	0,76
Pequeno	0,63	0,48	0,69
<b>Total geral</b>	0,73	0,68	0,76

Fonte: Dados da Pesquisa

#### **4.3.6 Eficiência econômica e margem bruta**

Como descrito na metodologia, é eficiente economicamente o sistema de produção que produz a máxima quantidade de produto, dados os fatores disponíveis, ao menor custo, dados os seus preços relativos. Conseqüentemente, este produtor terá a maior receita e o maior lucro.

A seguir são discutidas algumas análises para comprovar a relação entre escores de eficiência econômica e o indicador Margem Bruta, que representa as receitas subtraídas dos custos operacionais efetivos (desembolsos). Ressalta-se que, para este trabalho, adicionou-se a esses custos operacionais efetivos a estimativa da remuneração da mão-de-obra familiar. Dessa forma, o produtor que obteve margem bruta positiva pagou todos os desembolsos que a atividade leiteira exige e ainda acumulou o que seria um salário para a mão-de-obra familiar utilizada na atividade. Para remuneração da mão-de-obra, considerou-se o valor de um salário mínimo mensal.

Tanto para os níveis A e B, observa-se que, quanto maiores os escores de EE, maiores são os valores da margem bruta. Além da tendência ascendente, os gráficos indicam que, a partir de escores em torno de 0,60, há maior concentração de produtores com valores positivos de margem bruta (Figura 7 e Figura 8).

No nível C repete-se a tendência de maiores escores de EE, maiores valores de margem bruta, porém, a concentração de produtores com margem bruta positiva inicia-se no escore de 0,70 (Figura 9).



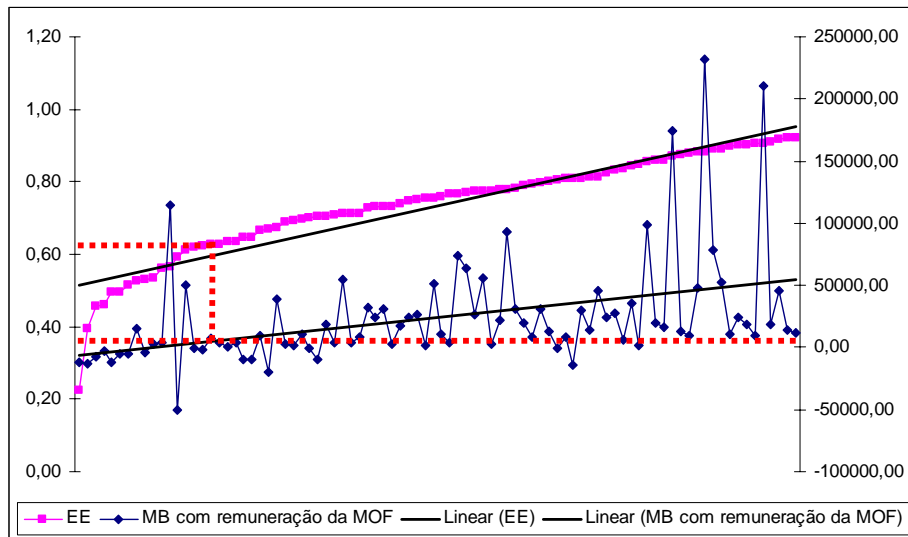


FIGURA 7 Distribuição dos escores de eficiência econômica e da margem bruta para o nível tecnológico A  
 Fonte: Dados da pesquisa

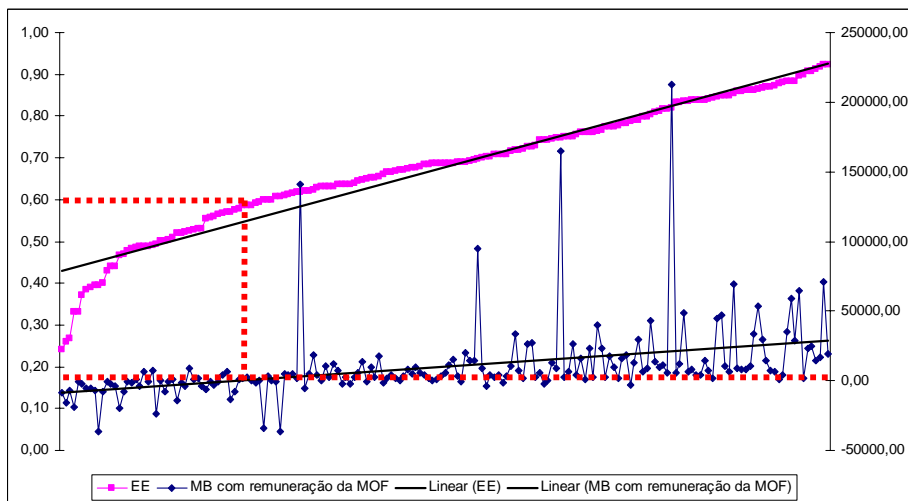


FIGURA 8 Distribuição dos escores de eficiência econômica e da margem bruta para o nível tecnológico B  
 Fonte: Dados da pesquisa

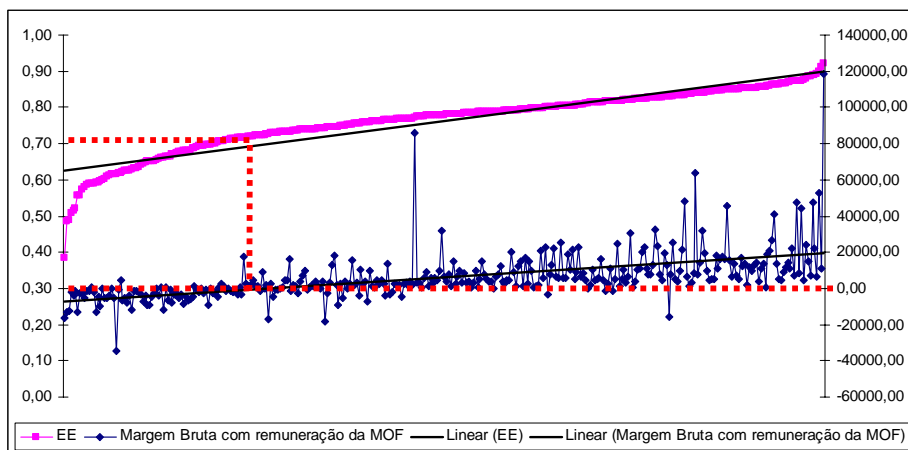


FIGURA 9 Distribuição dos escores de eficiência econômica e da margem bruta para o nível tecnológico B  
 Fonte: Dados da pesquisa

#### 4.3.7 Eficiência econômica e margem bruta percentual

Os indicadores de margem bruta foram convertidos em percentagens em relação à receita total do sistema de produção. A partir disso, foram construídos modelos com a variável dependente “margem bruta percentual” e a variável independente “escore de eficiência econômica”, a fim de verificar o quanto a EE explica as variações da margem bruta.

Os modelos (Tabela 12) que mais explicaram a variação da margem bruta percentual foram para os grandes produtores do nível B e médios produtores do nível C, com  $R^2$  de 0,63 e 0,61, respectivamente. Todos os modelos foram significativos a 1% (teste F). Os dados confirmam a teoria de que eficiência no uso de recursos explica os resultados dos sistemas de produção quando o indicador utilizado é a margem bruta (incluindo-se a remuneração da mão-de-obra familiar).

TABELA 12 Coeficientes de determinação gerados a partir de regressões, em que Y = margem bruta(%) e X = escore de eficiência econômica.

Nível de produção	Nível de tecnologia		
	A	B	C
Grande	0,54	0,63	0,48
Médio	0,61	0,27	0,61
Pequeno	-	0,26	0,41

Fonte: Dados da pesquisa

#### 4.4 Avaliação dos determinantes da eficiência econômica

Avaliar os fatores que determinam o comportamento das eficiências econômicas nos diferentes níveis tem como objetivo fornecer indicativos sobre quais fatores impactam diretamente na sua eficiência de recursos, possibilitando, assim, um maior controle da produção.

Foi estimada uma regressão utilizando o modelo Tobit para análise. O objetivo consiste em relacionar os níveis de eficiência econômica com algumas variáveis usualmente utilizadas, bem como quantificar a influência destes determinantes sobre a eficiência econômica. As variáveis utilizadas estão descritas a seguir:

X1: área leite total (ha);

X2: produção de leite (litros/dia/propriedade);

X3: participação do produto leite na composição da receita (%);

X4: taxa de lotação de pastagens (unidade animal/ha);

X5: dias-homem por ano;

X6: produtividade do número total de vacas do rebanho, incluindo as secas (litros/dia);

X7: produtividade da pastagem (litro/ha/ano);

X8: relação de dias-homem por ano, dividida pelo valor investido em máquinas;

- X9: dias-homem (DH/ano/ha);
- X10: número de animais no rebanho;
- X11: dias-homem por animal (DH/animal/ano);
- X12: valor gasto em produtos veterinários por animal;
- X13: valor médio por animal do rebanho.

#### **4.4.1 Análise do modelo Tobit para os produtores do nível A de tecnologia**

Na Tabela 13 estão descritas as variáveis para os produtores com alta tecnologia. A variável “Produção de leite (litros/dia/propriedade)”, representada por X2, mostra-se significativa a 10% e indica, segundo sinal positivo do parâmetro estimado, que propriedades com maiores volumes de produção têm maiores índices de eficiência econômica, corroborando com estudos, como o de Fassio (2004), que exprime a importância da economia de escala na atividade leiteira. Conforme discutido anteriormente, na seção que trata das mesorregiões, as regiões que mais aumentaram suas produções nos últimos 10 anos, no estado, possuíam elevados índices de EE, como a Central Mineira e o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, que tiveram médias de 85,0% e 77,0%.

A variável “Participação do produto leite na composição da receita (%)”, representada por X3, indica que quanto menor a participação do leite na composição da receita, maiores os níveis de eficiência. Esse fato apóia depoimentos de produtores que afirmam que a atividade leiteira depende, em grande parte, de receitas provenientes de descartes e subprodutos da produção.

Na análise de “Taxa de Lotação de Pastagens (Unidade Animal/ha)”, o sinal negativo indica que menores lotações elevam a eficiência econômica, o que pode ser explicado pelo fato de sistemas de produção semi-intensivos em pastagem tenderem a menores custos. Vale ressaltar que, nas análises iniciais do modelo, a variável que representa o fator terra (custo oportunidade da terra) não foi incluída no modelo, por não explicar variações de receita.

Confirmando a importância da produtividade na eficiência econômica (EE), a variável “Produtividade do número total de vacas do rebanho, incluindo as secas (litros/dia)”, mostra que, se aumentada, incrementa positivamente os índices de EE.

Quanto ao uso da mão-de-obra, a variável “Dias-homem por animal (DH/animal/ano)”, X11, indica que menor utilização da força de trabalho resulta em maior eficiência econômica. Os dados mostram que esse grupo de produtores com maior nível de tecnologia tende a substituir a mão-de-obra elevando a eficiência.

A variável “Valor gasto em produtos veterinários por animal”, X12, mostra que produtores com maiores gastos com produtos veterinários têm menor eficiência econômica, devido a um possível problema de manejo dos animais, que acarreta problemas sanitários que diminuem a produção e, conseqüentemente, a receita.

TABELA 13 Estimativa dos parâmetros do modelo Tobit para os produtores do estrato A.

Variáveis	Coefficientes	Valor t
Intercepto	1,047052*	11,05419
X1	0,000101	0,880162
X2	8,88E-05***	1,699569
X3	-0,003229*	-3,950262
X4	-0,003864*	-3,732791
X5	-1,46E-05	-1,148804
X6	0,023203*	4,280231
X7	-5,27E-06	-0,844729
X8	0,013781	0,213592
X9	0,000721	1,019108
X10	-0,000523	-1,266271
X11	-0,001863***	-1,858879
X12	-0,000971*	-2,632801
X13	-6,95E-05	-1,450238
Obs,	88	

Fonte: Dados da pesquisa

Notas:

\* significativo, a 1%; \*\* significativo, a 5%; \*\*\* significativo, a 10%

#### 4.4.2 Análise do modelo Tobit para os produtores do nível B de tecnologia

Na Tabela 14, a participação percentual do produto leite na composição da receita, X3, indica que quanto menor a participação do leite na composição da receita, maiores os níveis de eficiência, mesmo para o nível intermediário de tecnologia. Venda de animais e subprodutos aumentam a eficiência econômica.

Quanto maior a produtividade do número total de vacas do rebanho, incluindo as secas (X6), maior o incremento dos índices de EE.

Diferentemente do grupo A, a variável X7, “Produtividade Pastagens”, foi significativa para o grupo B. Isso indica que quanto maiores os níveis de produtividade por hectare, maiores os níveis de eficiência neste nível tecnológico.

A variável X9, significativa a 5%, apresenta a relação direta entre DH/ano/ha e eficiência econômica, visto que esses produtores têm níveis menores de tecnologia, se comparados ao grupo A, a mão-de-obra no grupo B exerce influência positiva na EE.

A última variável significativa do modelo, X13, conduz as análises para a importância do valor médio do gado para o grupo B. Maiores valores dos animais implicam em maiores índices de eficiência.

TABELA 14 Estimativa dos parâmetros do modelo Tobit para os produtores do estrato B

Variáveis	Coefficientes	Valor t
Intercepto	0,940350*	11,00391
X1	-3,00E-05	-0,216710
X2	-6,60E-06	-0,071537
X3	-0,002952*	-4,701170
X4	0,000836	0,262781
X5	-5,59E-06	-0,278019
X6	0,037575*	6,049213
X7	1,52E-05***	1,829593
X8	-0,012966	-1,260539
X9	-0,001332**	-1,951330

Continua...

TABELA 14 Continuação

Variáveis	Coefficientes	Valor t
X10	-5,05E-05	-0,070199
X11	7,17E-05	0,098081
X12	-6,94E-05	-0,183123
X13	0,000216*	3,566487
Obs,	187	

Fonte: Dados da pesquisa

Notas:

\* significativo, a 1%; \*\* significativo, a 5%; \*\*\* significativo, a 10%

#### 4.4.3 Análise do modelo Tobit para os produtores do nível C de tecnologia

A Tabela 15 mostra que a participação do produto leite na composição da receita, X3, tem também relação inversa com os níveis de eficiência econômica, o que fica evidenciado para os três níveis tecnológicos.

O índice de produtividade do número total de vacas do rebanho, incluindo as secas (X6), mantém relação direta com a EE, ou seja, quanto maior a produtividade, maior o nível de eficiência.

Quanto maior a relação de dias-homem por ano, dividida pelo valor investido em máquinas, X8, maiores os índices de eficiência econômica. Para esse grupo, essa afirmativa corrobora o fato de que o nível C de tecnologia é mais dependente de mão-de-obra e tem menores valores investidos em máquinas.

O valor gasto em produtos veterinários por animal, X12, mostra que produtores com maiores gastos com produtos veterinários têm menor eficiência econômica, assim como no nível A, possivelmente devido a problemas sanitários que diminuem a produção e, conseqüentemente, a receita.

O valor médio do gado para o grupo C indica que gado com maior valor gera menor eficiência econômica. Gado mais especializado para a produção de leite (maior valor) exige maiores custos com alimentação, sanidade, etc.,

gerando menor eficiência econômica para o grupo C, que não tem tecnologia adequada para o manejo desse gado.

TABELA 15 Estimativa dos parâmetros do modelo Tobit para os produtores do estrato C

<b>Variáveis</b>	<b>Coefficientes</b>	<b>Valor t</b>
Intercepto	0,898157*	39,28643
X1	-3,41E-05	-0,784256
X2	-5,99E-07	-0,012034
X3	-0,001794*	-7,368351
X4	-0,002907	-0,594109
X5	-2,11E-06	-0,267556
X6	0,039398*	10,37004
X7	-4,85E-06	-1,067625
X8	0,006124**	2,071958
X9	0,000264	1,073090
X10	0,000265	1,349265
X11	-0,000794	-2,177941
X12	-0,000796*	-4,929646
X13	-0,000198*	-7,545302
Obs,	339	

Fonte: Dados da pesquisa

Notas:

\* significativo, a 1%; \*\* significativo, a 5%; \*\*\* significativo, a 10%



## 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho, pesquisaram-se os níveis de eficiência econômica dos produtores de leite do estado de Minas Gerais, adotando-se uma função fronteira de produção estocástica como método de análise.

Primeiramente, os modelos estimados preservam as leis fundamentais da economia da produção. Estimaram-se as eficiências dos produtores de 11 mesorregiões de Minas Gerais, num total de 614 produtores. Os mesmos foram agrupados em três níveis tecnológicos, A, B e C, sendo A o de produtores com maior uso de tecnologia; B, um grupo intermediário e C aquele em que há menor presença tecnológica.

Utilizando-se a forma funcional Cobb-Douglas, conclui-se que o valor da mão-de-obra não mostra-se significativa no nível A, porém, para os níveis B e C, incrementos na força de trabalho levam a aumentos de receita. Gastos com produtos veterinários tiveram comportamento inverso com o valor da produção para os níveis A e B, o que dá indícios do uso irracional desse fator ou de problemas de sanidade dos animais produtivos. O valor do rebanho, operacionalizado pelo seu custo oportunidade, indicou que aumentos em seus valores geram incrementos do valor das receitas dos pecuaristas para os três níveis tecnológicos.

Quanto às médias de eficiência econômica, a maior média, 76,0%, foi obtida no estrato tecnológico C. Já os produtores do estrato B alcançaram a menor média, 68%. Quando separados por níveis de produção de leite, os produtores com maiores produções apresentam as maiores médias de eficiência econômica, enquanto os de menor produção têm a pior média, corroborando a associação entre escala e eficiência econômica.

Dentre as mesorregiões de Minas Gerais, destaca-se a Central Mineira e o Jequitinhonha, com as maiores médias de eficiência econômica.

Como variáveis que explicam a eficiência econômica, recebem destaque as variáveis ligadas ao volume de produção, produtividade e o valor dos animais dos sistemas de produção. Já a variável que indicou relação inversa com os índices de eficiência econômica, o gasto com produtos veterinários, pode ser um indicador de que a sanidade dos rebanhos tem comprometido a eficiência das propriedades.

Considerado o maior produtor de leite do Brasil, o estado de Minas Gerais exerce importante papel na cadeia agroindustrial do leite. A presente pesquisa indica que apenas 16,8% dos produtores estudados apresentam níveis de eficiência econômica que os aproximam da fronteira de produção. Dessa forma existe uma grande demanda por parte do setor produtivo no que se refere ao uso eficiente de seus recursos. Melhorando-se os níveis de eficiência econômica, os resultados serão: maior produção de leite, maior consumo, aumento da renda no campo e dinamização das economias que têm, no setor leiteiro, um importante gerador de riquezas.

Por fim, este trabalho sugere pesquisas de âmbito qualitativo especificamente nos sistemas de produção que apresentam maiores escores de eficiência econômica, a fim de se disseminar fatores que elevem a eficiência econômica e, conseqüentemente a renda dos produtores.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRIAT, S. N. Efficiency Estimates of Production Functions. **International Economic Review**, Philadelphia, v. 13, p. 568-598, 1972.
- AIGNER, D. J.; CHU, S. F. On estimating the Industry Production Function. **American Economic Review**, Nashville, v. 58, n. 4, p. 5826-839, 1968.
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, New York, AC-19, n. 6, p. 716-723, 1974.
- ALENCAR, E.; GRANDI, D. S.; ANDRADE, D. M.; ANDRADE, M. P. de. Complexos agroindustriais, cooperativas e gestão. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 30-44, jul./dez. 2001.
- ANDRADE, V. A. B. **Eficiência Técnica e rentabilidade na produção de leite no estado do Rio de Janeiro**. 2003. 92 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ANUALPEC - Anuário da Agricultura Brasileira 2006. São Paulo: Agros, 2006. 504 p
- BARROS, E. S.; COSTA, E. F.; SAMPAIO, T. Análise de Eficiência das Empresas Agrícolas do Pólo Petrolia/Juazeiro Utilizando a Fronteira Paramétrica Translog. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 597-614, out./dez. 2004.
- BATTESE, G. E.; BROCA, S. S. **Functional forms of stocastics frontier production and models for technical inefficiency effects: a comparative study for wheat farms in Pakistan**. Armidale, Australia: Center For Efficiency and Productivity Analysis, Department of econometrics, U. New England, 1996. 26p.
- BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. A model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. **Empirical Economics**, Heidelberg, v. 20, p. 325-332, 1995
- BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. **Journal of Productivity Analysis**, Dordrecht, v. 3, p. 153-169. 1992

BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. **Empirical Economics**, Heidelberg, v. 20, p. 325-332, 1995.

BATTESE, G. E.; CORRA, G. S. Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia. **Australian Journal of Agricultural Economics**, Canberra, v. 21, n. 3, p. 169-179, 1977.

COELLI, T. J. **A Guide to FRONTIER Version 4. 1**: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation. Armidale, Australia: Department of Econometrics, University of New England, 1996. (CEPA Working Paper 96/07).

CONCEIÇÃO, J. C. P. R. da; ARAÚJO, P. F. C. de. Fronteira de Produção Estocástica e Eficiência Técnica na Agricultura, **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 45-64, jan./mar. 2000.

CONCEIÇÃO, P. H. Z. Uma contribuição metodológica para análise da decomposição da produtividade total dos fatores na agricultura brasileira. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43. , 2005, Ribeirão Preto. **Anais. . .** Ribeirão Preto: SOBER, 2005. 1CD-ROM.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Pecuária leiteira**. Disponível em: <<http://www.cna.org.br/>> Acesso em: 28 jan. 2006.

CUNHA, C. A.; LÍRIO, V. S.; SANTOS, M. L. dos. Eficiência técnica e retornos a escala na agropecuária das microrregiões de minas gerais. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 41. , 2003, Juiz de Fora. **Anais. . .** Juiz de Fora: SOBER, 2003. 1CD-ROM.

**Diagnóstico da pecuária leiteira do Estado de Minas em 2005**: relatório de pesquisa. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. 156 p.

**Diagnóstico da pecuária leiteira do Estado de Minas em 1995**: relatório de pesquisa. Belo Horizonte: FAEMG, 1996. 102 p.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productivity Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Oxford, v. 120, n. 3, p. 253-281, 1957.

FASSIO, L. H. **Estrutura de custos e shut down point da produção leiteira: um estudo de Minas Gerais**. 2004. 113 p. Dissertação (Mestrado em Administração)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG

FERREIRA JUNIOR, S. F.; CUNHA, R. S. Eficiência técnica na atividade leiteira de Minas Gerais: um estudo a partir de três sistemas de produção. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 46-60, jul./dez. 2004.

FERREIRA, A. A. **Características dos sistemas de produção, eficiência e economias de escala na produção de frango de corte no estado de Minas Gerais**. 1998. 140 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GOMES, A. P. **Impactos das transformações da produção de leite no número de produtores e requerimentos de mão-de-obra e capital**. 1999. 161 p. Tese (Doutorado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

HAIR JR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Pecuária Municipal (PPM)**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 28 jan. 2006.

JOHANSSON, H. Technical, allocative, and economic efficiency in Swedish dairy farms: the data envelopment analysis versus the stochastic frontier approach. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE EUROPEAN ASSOCIATION OF AGRICULTURAL ECONOMISTS, 11., 2005, Copenhagen, Denmark. **Proceedings...** Denmark, 2005.

KHAN, A. S.; SILVA, L. M. R. Assistência Técnica, Eficiência na Utilização dos Fatores de Produção e da Produtividade Diferencial em Propriedades Rurais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 95-114. abr./jun. 1997.

KUMBHAKAR, S.; LOVELL, C. A. K. **Stochastic frontier analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 332 p.

LEITE, J. L. B.; GOMES, A. T. Perspectivas futuras dos sistemas de produção de leite no Brasil. In: GOMES, A. T.; LEITE, J. L. B.; CARNEIRO, A. V. (Ed.).

O agronegócio do leite no Brasil. Juiz de Fora: EMBRAPA / CNPGL, 2001. p. 207-240.

MARQUES, V. M. **Custos e escala na pecuária leiteira: estudo de casos.** 1999. 59 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARTINS, P. do C. **Políticas públicas e mercados deprimem o resultado do sistema agroindustrial do leite.** 2002. 217 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

MARTINS, P. do C.; GUILHOTO, J. J. M. Leite e derivados e a geração de emprego, renda e ICMS no contexto da economia brasileira. In: GOMES, A. T.; LEITE, J. L. B. CARNEIRO, A. V. (Ed.). **O agronegócio do leite no Brasil.** Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL, 2001. p. 181-205.

MOREIRA, V. H.; BRAVO-URETA, B. E.; ARZUBI, A.; SCHILDER, E. Alternative technical efficiency measures for Argentinean dairy farms using a stochastic production frontier and unbalanced panel data. In: ASIA PACIFIC PRODUCTIVITY CONFERENCE, 2004, Brisbane, Australia. **Proceedings....** Brisbane, Australia: University of Queensland, 2004.

NOGUEIRA NETTO, V.; MARTINS, M. C.; NERI, C. B. de S. Terra prometida. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 10, p. 46-51, dez. 2002/jan. 2003.

PEREIRA FILHO, C. A.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Fontes de ineficiência da pequena produção familiar agrícola na região Recôncavo do estado da Bahia, **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 63-78. jan./mar. 2003.

PEREIRA, M. F.; SILVEIRA, J. S. T. da; PARRÉ, J. L.; ALVES, A. F. A. Mensuração da eficiência técnica na agropecuária brasileira através da estimação econométrica de fronteiras de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 39. , 2001, Recife. **Anais. . .** Recife: SOBER, 2001. 1CD-ROM.

REIS, R. P.; RICHETTI, A.; LIMA, A. L. R. Eficiência econômica na cultura do café: um estudo no sul de Minas Gerais. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 50-59, jan./jun. 2005.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 95 p.

REIS, R. P.; MEDEIROS, A. L.; MONTEIRO, L. A. Custo de Produção da Atividade Leiteira na Região Sul de Minas Gerais. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 45-54, jul./dez. 2001.

RICHETTI, A.; REIS, R. P. Fronteira de produção e eficiência econômica na cultura da soja no Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 45-61, jan./mar. 2003.

SANTOS, J. A.; VIEIRA, W. C.; BAPTISTA, A. J. M. S. Eficiência técnica na produção de leite em pequenas propriedades da microrregião de Viçosa. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 261-290, 2004.

SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a model. **The Annals of Statistics**, Hayward, v. 6, n. 3, p. 461-464, Apr. 1978.

SHAH, S. **Ásia já é a região de maior produção de leite do mundo**. Milk Point, 14 dez. 2006. Disponível em:  
<<http://www.milkpoint.com.br>>. Acesso em: 22 dez. 2006.

SOUZA, D. P. H. de. **Análise da estrutura de custo e preço de sobrevivência dos principais sistemas de produção de leite**. 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOUZA, D. P. H. de. **Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite**. 2003. 147 p. Tese (Doutor em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

STEVENS, P. A. **The determinants of economic efficiency in english and Welsh Universities**. Londer: National Institute of Economic and Social Research, 2001. 37 p. Paper (Discussion Paper 185) – National Institute of Economic and Social Research, 2001.

TUPY, O. **Fronteiras estocásticas, dualidade neoclássicas e eficiência econômica na produção de frangos de corte**. 1996. 91 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

TUPY, O.; SHIROTA, R. Eficiência econômica na produção de frango de corte. **Informações Econômicas**, Piracicaba, v. 28, n. 10, p. 25-40, out. 1998.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. C. T.; MARTINS, P. do C.; CARNEIRO, A. V. A ineficiência custo da produção de leite no Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOBER, 2005. 1CD-ROM.

UNDP; IPEA; FJP. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. **Banco de dados eletrônico**, 2003. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br>>. Acesso em: 12 set. 2006

VICENTE, J. R. Economic Efficiency of Agricultural Production in Brazil. **Brazilian Review of Agricultural Economics and Rural Sociology**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 2, p.201-222, abr./jun. 2004.

YAMAGUCHI, L. C. T.; MARTINS, P. do C.; CARNEIRO, A. V. Produção de leite no Brasil nas três últimas décadas. In: GOMES, A. T.; LEITE, J. L. B.; CARNEIRO, A. V. (Ed.). **O agronegócio do leite no Brasil**. Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL, 2001. p.33-48

ZILLI, J. B. **Os fatores determinantes para a eficiência econômica dos produtores de frango de corte: uma análise estocástica**. Piracicaba: ESALq, 2003. 147 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003.

ZOCCAL, R. Leite em números. In: GOMES, A. T.; LEITE, J. L. B. CARNEIRO, A. V. (Ed.). **O agronegócio do leite no Brasil**. Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL, 2001. p. 241-262.



## ANEXOS

### ANEXO A – Matriz de correlação entre as variáveis utilizadas na função de fronteira estocástica para os produtores de leite do estado de Minas Gerais

TABELA A1 Matriz de correlação das variáveis utilizadas no modelo de fronteira estocástica para os produtores com alta tecnologia.

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Y	1								
X1	0,61	1							
X2	0,9	0,7	1						
X3	0,69	0,53	0,66	1					
X4	0,81	0,62	0,79	0,72	1				
X5	0,83	0,46	0,71	0,67	0,72	1			
X6	0,77	0,55	0,78	0,77	0,74	0,78	1		
X7	0,69	0,59	0,69	0,69	0,71	0,68	0,7	1	
X8	0,88	0,53	0,79	0,77	0,8	0,96	0,86	0,77	1

Fonte: Dados da pesquisa

TABELA A2 Matriz de correlação das variáveis utilizadas no modelo de fronteira estocástica para os produtores com média tecnologia.

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Y	1								
X1	0,58	1							
X2	0,82	0,7	1						
X3	0,64	0,56	0,67	1					
X4	0,67	0,52	0,72	0,57	1				
X5	0,79	0,39	0,68	0,54	0,53	1			
X6	0,69	0,58	0,76	0,61	0,61	0,65	1		
X7	0,67	0,43	0,68	0,61	0,57	0,62	0,7	1	
X8	0,87	0,51	0,8	0,64	0,63	0,92	0,77	0,77	1

Fonte: Dados da pesquisa

TABELA A3 Matriz de correlação das variáveis utilizadas no modelo de fronteira estocástica para os produtores com baixa tecnologia.

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Y	1								
X1	0,59	1							
X2	0,77	0,68	1						
X3	0,49	0,54	0,5	1					
X4	0,61	0,5	0,6	0,5	1				
X5	0,72	0,37	0,55	0,32	0,47	1			
X6	0,69	0,53	0,62	0,49	0,52	0,61	1		
X7	0,59	0,44	0,57	0,53	0,46	0,44	0,58	1	
X8	0,82	0,53	0,71	0,47	0,57	0,86	0,76	0,7	1

Fonte: Dados da pesquisa

**ANEXO B – Modelos estimados para a função fronteira de produção dos produtores de leite de Minas Gerais, de acordo com os níveis tecnológicos**

**TABELA B1 Modelos estimados para os produtores do nível tecnológico A**

	Modelo I		Modelo II		Modelo III	
	Coefficiente	p-valor	Coefficiente	p-valor	Coefficiente	p-valor
Constante	2,08	0			2,29	0
X1	0,01	0,92				
X2	0,64	0	0,7	0	0,64	0
X3	0,01	0,9	0,12	0,11		
X4	0,12	0,21	0,27	0	0,11	0,2
X5	0,07	0,62	0,35	0		
X6	-0,19	0,02	-0,17	0,03	-0,19	0,01
X7	0,09	0,1	0,08	0,1	0,09	0,06
X8	0,48	0,03			0,58	0
R <sup>2</sup>	0,9		0,89		0,9	
AIC	0,76		0,81		0,69*	
BIC	1,01		0,98		0,86*	
LFMV	-24,42		-29,49		-24,57	

Fonte: Dados da pesquisa

Nota: (\*) denota o melhor modelo segundo cada critério de informação

AIC – Critério de Informação de Akaike

BIC – Critério de Informação Bayesiano

LFMV – Log da Função de Máxima Verossimilhança

TABELA B2 Modelos estimados para os produtores do nível tecnológico B

	Modelo I		Modelo II		Modelo III	
	Coefficiente	p-valor	Coefficiente	p-valor	Coefficiente	p-valor
Constante	2,06	0,00			2,17	0,00
X1	0,07	0,13				
X2	0,32	0,00	0,56	0,00	0,40	0,00
X3	0,06	0,32	0,12	0,04		
X4	0,14	0,03	0,25	0,00	0,15	0,02
X5	0,00	0,99	0,31	0,00		
X6	-0,10	0,06	-0,06	0,27	-0,08	0,12
X7	0,05	0,32	0,05	0,35	0,05	0,31
X8	0,69	0,00			0,68	0,00
R <sup>2</sup>	0,81		0,77		0,81	
AIC	1,21		1,39		1,20*	
BIC	1,37		1,50		1,31*	
LFMV	-104,43		-124,21		-106,55	

Fonte: Dados da pesquisa

Nota: (\*) denota o melhor modelo segundo cada critério de informação

AIC – Critério de Informação de Akaike

BIC – Critério de Informação Bayesiano

LFMV – Log da Função de Máxima Verossimilhança

TABELA B3 Modelos estimados para os produtores do nível tecnológico C

	Modelo I		Modelo II		Modelo III	
	Coefficiente	p-valor	Coefficiente	p-valor	Coefficiente	p-valor
Constante	2,87	0,00			3,16	0,00
X1	0,05	0,14				
X2	0,34	0,00	0,49	0,00	0,36	0,00
X3	0,03	0,39	0,09	0,01		
X4	0,10	0,01	0,32	0,00	0,12	0,00
X5	0,12	0,00	0,24	0,00		
X6	0,06	0,11	0,09	0,03	0,06	0,09
X7	0,00	0,94	0,05	0,15	0,03	0,36
X8	0,28	0,00			0,46	0,00
R <sup>2</sup>	0,76		0,69		0,76	
AIC	1,08		1,35		1,10*	
BIC	1,19		1,42		1,17*	
LFMV	-174,82		-222,94		-180,82	

Fonte: Dados da pesquisa

Nota: (\*) denota o melhor modelo segundo cada critério de informação

AIC – Critério de Informação de Akaike

BIC – Critério de Informação Bayesiano

LFMV – Log da Função de Máxima Verossimilhança