

# DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS PRODUTORES DE LEITE DA MESORREGIÃO DA ZONA DA MATA-MG<sup>1</sup>

*Guilherme Fonseca Travassos<sup>2</sup>*

*Diogo Brito Sobreira<sup>3</sup>*

*Adriano Provezano Gomes<sup>4</sup>*

*Alziro Vasconcelos Carneiro<sup>5</sup>*

**Resumo:** A pecuária leiteira desempenha relevante papel para o desenvolvimento do agronegócio brasileiro, sendo o Estado de Minas Gerais o principal produtor. A busca por mecanismos que ampliem a competitividade no setor se torna um fator fundamental para o desenvolvimento dessa cadeia produtiva. Assim, o objetivo do presente trabalho é analisar os fatores capazes de explicar os níveis de eficiência dos produtores de leite na mesorregião da Zona da Mata – MG, tendo como referência regressões quantílicas. As medidas de eficiência foram mensuradas pelo procedimento de *Data Envelopment Analysis-DEA*. Os resultados indicam que, no curto prazo, os produtores de leite apresentam elevado grau de eficiência técnica. Em relação à ineficiência, ela se deve por operarem em escala incorreta de produção. Conclui-se que a eficiência dos produtores de leite da Zona da Mata – MG pode ser elevada no curto prazo pela adoção de tecnologias avançadas na atividade, combinada ao acesso à assistência técnica na produção e gestão de recursos.

**Palavras-Chave:** Pecuária leiteira; DEA; Regressão Quantílica.

---

1 Recebido em: 15/09/2015 ; Aceito em: 27/04/2016

2 Doutorando e Mestre em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); E-mail: travassosgf@hotmail.com

3 Doutorando em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); E-mail: diogobsobreira@gmail.com

4 Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Professor Titular do Departamento de Economia da Universidade Federal de Viçosa; Email:apgomes@ufv.br

5 Doutor em Ciências pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); Analista da EMBRAPA Gado de Leite. Email: alziro.carneiro@embrapa.br

**Abstract:** The dairy industry plays an important role in the development of Brazilian agribusiness, and the state of Minas Gerais is the main producer. The search for mechanisms that increase competitiveness in the sector becomes a key factor for the development of this productive chain. Therefore, the objective of this study is to analyze the factors that could explain the milk producers in the efficiency levels in the mesoregion of Zona da Mata – MG, based on quantile regressions. Efficiency measures were measured by Data Envelopment Analysis-DEA procedure. The results indicate that in the short term, milk producers have a high degree of technical efficiency. In relation to inefficiency, it happens by operating in an incorrect scale production. It is concluded that the efficiency of milk producers in the Zona da Mata - MG can be high in the short term through the adoption of advanced technologies in the activity, combined with access to technical assistance in production and resource management.

**Keywords:** Dairy cattle; DEA; Quantile regression.

**Classificação JEL:** C61, Q12

## 1. Introdução

A cadeia produtiva do leite tem considerável importância no agronegócio nacional, visto ser o leite um produto essencial para a alimentação humana e pela sua importância na formação de emprego e renda de um grande número de agricultores no país, em especial pequenos produtores. No entanto, o alto nível de competitividade mundial e nacional passou a exigir maiores níveis de qualidade e eficiência na produção, forçando os produtores a rever sua forma de produzir e comercializar o leite. Acredita-se que produtores que não disponham de terra suficiente, recursos financeiros, acesso à tecnologia e capacidade de gerenciamento, fatores essenciais para crescimento e competitividade, serão excluídos da atividade. Nesse sentido, Roberts e Gomes (2004) ressaltam que o padrão tecnológico da pecuária leiteira que, até o início dos anos 1990, tinha como característica uma estrutura produtiva formada, em grande parte,

por pequenos e médios produtores com baixo nível de especialização, qualidade e organização, tem se modificado<sup>6</sup>.

Diante desse ambiente de transformações e intensa competição, com produtos lácteos importados a preços mais competitivos que os nacionais e com qualidade monitorada por rigorosas normas higiênico-sanitárias de produção e industrialização da matéria-prima, o uso dos insumos de maneira eficiente torna-se um elemento vital para que os produtores de leite possam maximizar suas receitas por meio do crescimento intensivo da produção<sup>7</sup>. Posto isto, torna-se relevante a busca de ferramentas que possibilitem a análise das fontes de eficiência dos produtores de leite, bem como seus fatores determinantes para que o tomador de decisão no processo e gerenciamento da atividade possa aprimorar seu desempenho.

Desta forma, é possível destacar, tanto na literatura internacional quanto nacional, diversos estudos que analisaram a eficiência na pecuária leiteira e/ou os fatores explicativos da eficiência do setor, podendo ser citados os estudos de Ferreira e Gomes (2004), Fraser e Graham (2005), Barnes (2006), Gomes e Ferreira (2007), Gonçalves *et al.* (2008), Dagistan *et al.* (2009), Rodrigues *et al.* (2011), Nascimento *et al.* (2012), Kelly *et al.* (2012), Campos *et al.* (2014), Silva *et al.* (2015) e Gomes *et al.* (2016). Entretanto, merecem destaque os trabalhos de Ferreira e Gomes (2004) e Nascimento *et al.* (2012). O primeiro avaliou a eficiência técnica dos sistemas de produção de leite de gado holandês, mestiço e zebu. Foram elaborados modelos envolvendo fluxo e estoque, os quais podem ser utilizados, respectivamente, para análises de curto e de longo prazo. Já o segundo buscou analisar a influência de variáveis técnicas e econômicas sobre os índices de eficiência técnica de produtores de leite de Minas Gerais, utilizando a técnica de regressão quantílica.

---

6 Sobre as mudanças ocorridas no cenário econômico que afetaram o setor lácteo nacional, ver Hunt *et al.* (2009).

7 Existem duas maneiras de ampliar a produção de leite: crescimento do rebanho e aumento da área utilizada, chamado de crescimento extensivo; e a melhor opção é pelo aumento intensivo da produção, ou seja, da produção média das matrizes leiteiras, bem como de outros fatores, como a mão de obra (CARNEIRO, 1995).

De acordo Nascimento *et al.* (2012), estudos visando a identificar os determinantes da eficiência utilizaram, em sua maioria, modelos de regressão à média, como os trabalhos de Barnes (2006), Gonçalves *et al.* (2008) e Kelly *et al.* (2012). Entretanto, estes modelos não consideram que as variáveis explicativas da eficiência técnica podem influenciar os produtores de formas distintas, ou seja, espera-se que tais fatores afetem os produtores de maior eficiência e de menor eficiência em magnitude diferenciada. Desse modo, estimar apenas um coeficiente para cada variável pode não ser ideal, visto que se consideraria que a variável em questão tem o mesmo efeito sobre a eficiência para todos os produtores, independentemente do nível de eficiência. Assim, a regressão quantílica possibilita identificar diferenças no efeito dessas variáveis para cada nível de eficiência das unidades produtivas.

Diante do exposto, o conhecimento das medidas de eficiência de cada unidade produtiva pode favorecer a definição de estratégias para a produção leiteira. O presente trabalho tem como objetivo analisar os determinantes da eficiência técnica dos produtores de leite da Zona da Mata – MG, utilizando uma amostra de dados primários de produtores de leite, por meio dos métodos Análise Envoltória de Dados – DEA e Regressão Quantílica.

Dessa forma, o conhecimento dos componentes que explicam a eficiência pode auxiliar os produtores na reformulação de seus procedimentos de produção e na escolha da melhor tecnologia disponível, contribuindo, de modo racional, para o aumento de suas receitas. Além disso, os resultados podem ajudar na definição de políticas públicas capazes de fomentar a produção leiteira no Estado de Minas Gerais, principalmente na mesorregião da Zona da Mata – MG, estabelecendo metas, programas de apoio técnico e de melhoria da qualidade do leite produzido, para assegurar viabilidade e competitividade ao setor.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: na primeira seção, é apresentada a importância do estudo; na segunda seção, contextualiza-se a produção leiteira no Brasil e na Zona da Mata - MG; a terceira seção apresenta a metodologia empregada para estimar a fronteira de produção

de curto prazo para cada produtor, bem como o método que analisa os determinantes dessa eficiência; na quarta seção, são apresentados os resultados e discussões; e, por fim, na quinta seção, estão as principais conclusões do trabalho.

## **2. Aspectos da pecuária leiteira no Brasil e Minas Gerais**

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016), o Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite de vaca, produzindo cerca de 35,1 bilhões de litros em 2014. A Região Sudeste é a principal produtora de leite do Brasil, contribuindo, em 2014, com cerca de 35% da produção nacional, com aproximadamente 12,1 bilhões de litros. Destaca-se o Estado de Minas de Gerais com uma produção de 9,3 bilhões de litros, o que corresponde a cerca de 27% do total do País, sendo o Estado de maior produção nacional. Em valor de produção, a pecuária leiteira gerou R\$ 33,7 bilhões em 2014, cerca de 78,5% do valor de produção da pecuária ou 12% do valor de produção do agronegócio nacional.

No Estado de Minas Gerais, a Zona da Mata - MG é a quarta entre as doze mesorregiões que mais produz leite, cerca de 778 milhões de litros em 2014 ou 8,3% da produção mineira. Tal mesorregião concentra 4.160 (9,5%) produtores de leite do Estado, conforme o Censo Agropecuário (2006). Além disso, em valor de produção, essa atividade gerou para nessa mesorregião cerca de R\$ 774,6 milhões em 2014 (IBGE, 2016). Portanto, destaca-se a importância da atividade leiteira da Zona da Mata – MG para o Estado de Minas Gerais e para a geração de renda e recursos para diversos produtores e famílias locais.

No entanto, vale ressaltar que, apesar da alta representatividade da cadeia produtiva do leite em produção e do valor de produção em relação à agropecuária nacional e mineira, a produção média por vaca mineira, assim como a brasileira, está bem aquém do que poderia ser considerado recomendável em termos mundiais. Entretanto, enquanto

a média nacional, em 2013, foi de 1.492 litros/vaca/ano, o Estado de Minas Gerais, no mesmo período, obteve média de 1.591 litros/vaca/ano. A produção média da Zona da Mata foi de 1.615 litros de leite por vaca ano em 2013, superior à média brasileira e mineira (IBGE, 2016).

Apesar disso, a baixa produtividade<sup>8</sup> pode ser atribuída a combinações inadequadas no uso dos insumos, elevando os custos e, por consequência, provocando redução da competitividade, seja em relação aos custos de oportunidade em comparação a outras atividades ou à capacidade de competir com produtos lácteos de outras regiões ou países (BRUNETTA, 2004). No entanto, Vilela *et al.* (2001) destacam que há uma tendência de aumento na escala de produção, melhora na produtividade e qualidade do produto nesse setor. Por isso, os produtores que não se adequarem aos novos padrões de produção e mercado serão excluídos naturalmente. Os autores ressaltam que a reestruturação da produção de leite não se dará sem um custo social, dando indícios de que o desafio do setor será desenvolver programas oficiais para readaptar esses produtores e mantê-los na atividade leiteira ou em outra atividade.

Portanto, em virtude da importância social e econômica da atividade leiteira para o Estado de Minas Gerais, especificamente para a mesorregião da Zona da Mata, uma avaliação da eficiência na produção de leite destes produtores bem como dos determinantes destes níveis de eficiências é de fundamental importância para a formulação de políticas voltadas para o desenvolvimento da pecuária de leite na mesorregião e no Estado, orientando os produtores locais a manter seus estabelecimentos e aperfeiçoá-los, dada a restrição de recursos que caracteriza as propriedades dependentes dessa atividade como fonte de renda.

---

8 De acordo com dados da Food and Agricultural Organization – FAO (2016), entre os maiores produtores mundiais de leite de vaca, apenas a Índia (1.350 litros/vaca/ano) apresenta uma produção média de leite abaixo da brasileira. Os demais grandes produtores de leite, como Estados Unidos (9.900 litros/vaca/ano), China (2.930 litros/vaca/ano) e Rússia (3.900 litros/vaca/ano), apresentam uma produção média por unidade superior à nacional. Ressalta-se ainda que a produção média de leite mundial foi de aproximadamente 2.345 litros/vaca/ano em 2013, também acima da produção média brasileira.

### 3. Metodologia

#### 3.1. Análise Envoltória de Dados - DEA<sup>9</sup>

A estimação da eficiência técnica de produção no setor agropecuário é usualmente obtida por meio de métodos paramétricos (fronteira estocástica) ou não paramétricos (*Data Envelopment Analysis-DEA*). No entanto, a segunda abordagem apresenta vantagens em relação à primeira: não requerer uma pressuposição de uma forma funcional para função de produção; identifica as ineficiências existentes em cada insumo e produto, indicando as unidades referenciais que servem como parâmetro de eficiência técnica para unidades ineficientes; e, por ser um método não paramétrico, não tem o termo de perturbação, que poderia gerar viés nos resultados (COOPER *et al.*, 2002). Apesar disso, uma crítica que pode ser feita aos métodos não paramétricos é terem por base a suposição de que o desvio entre o resultado observado e a fronteira de produção é devido unicamente à ineficiência, ou seja, ignora a possibilidade de a produção observada poder diferir da potencial por causa de choques estocásticos e erros de medição nas variáveis (BATTESE; COELLI, 1992). Apesar disso, no presente trabalho, foi adotado o procedimento não paramétrico para mensuração das medidas de eficiência na pecuária leiteira, inicialmente proposto por Farrell (1957) e, posteriormente, aprimorado por Charnes *et al.* (1978) e Banker *et al.* (1984).

Basicamente, o método *DEA* baseia-se numa amostra de insumos e produtos observados para diferentes unidades tomadoras de decisão (*DMU – Decision Making Units*). Por meio destas unidades, busca-se construir uma fronteira linear e analisar a eficiência das unidades de produção pela distância entre as unidades tomadoras de decisão em relação a esta fronteira construída com os *benchmarks* (eficientes da amostra). Segundo Gomes e Batista (2004), as medidas de eficiência podem ser obtidas sob duas formas de orientação radial: a orientação

<sup>9</sup> Mais detalhes sobre a metodologia *DEA* podem ser encontrados em diversos livros textos, como, por exemplo, Charnes *et al.* (1994).

insumo, que se fundamenta na redução dos insumos, mantendo-se constante o nível de produção; e a orientação produto, que considera o aumento do nível de produção para um nível constante de insumos. Neste trabalho, a DMU corresponde ao produtor de leite de vaca da mesorregião da Zona da Mata – MG, tendo sido adotada a orientação insumo. Apesar de os insumos serem relativamente fixos e os produtores buscarem a maximização da produção (e da receita), de acordo com Ferreira e Gomes (2004) os custos de produção são sempre menores nos produtores eficientes e, portanto, minimizá-los é fundamental dentro de qualquer sistema. Na condição de tomador de preços e de que volume de produção não garante eficiência, os insumos representam maior relevância na determinação do lucro para o produtor. Portanto, se o produtor não for eficiente na busca e utilização de insumos adequadamente, ele não se tornará tecnicamente eficiente.

Ademais, os modelos *DEA* são classificados com respeito ao tipo de superfície envoltória, compreendendo os modelos com “retorno constante de escala” (*Constant returns of scale - CSR*), proposto por Charnes *et al.* (1978), e “retorno variável de escala” (*Variable returns of scale - VRS*), proposto por Banker *et al.* (1984). O modelo *CSR* assume proporcionalidade entre insumos e produtos e pode ser representado pelo seguinte Problema de Programação Linear (PPL), conforme Coelli *et al.* (1998)

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

$$\text{sujeito a: } -y_i + Y\lambda \geq 0; \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0; \quad \lambda \geq 0 \quad (1)$$

em que  $\theta$  é uma escalar, cujo valor é a medida de eficiência da *i*-ésima DMU; e  $\lambda$  é um vetor ( $N \times 1$ ) de constantes. O valor máximo de  $\theta$  será 1 (um) quando indicar um ponto sobre a fronteira, representando uma DMU tecnicamente eficiente.



Por outro lado, o modelo *VRS* assume convexidade entre insumos e produtos, devido a variações da produtividade decorrente de mudanças na escala de produção. Os retornos no modelo *VRS* podem ser classificados em crescentes, constantes ou decrescentes na fronteira de produção. Esse modelo está associado à restrição de convexidade e pode ser algebricamente obtido incorporando-se a restrição ao *PPL* em (1), em que  $N_j$  é um vetor ( $N \times 1$ ) de algarismos unitários e  $N$  é o número de *DMUs*.

Fica evidente que, para uma *DMU* ser eficiente no modelo *CRS*, ela necessariamente será eficiente no modelo *VRS*, porém a recíproca não é verdadeira (COELLI *et al.*, 1998). Se os escores de eficiência técnica forem distintos nos dois modelos, significa que a *DMU* considerada contém ineficiência de escala. De acordo com Ferreira e Gomes (2009), a eficiência técnica global das unidades produtivas pode ser decomposta em duas formas de eficiência: a pura eficiência técnica e a eficiência de escala, esta última correspondendo ao quociente entre o escore obtido no modelo *CRS* e o encontrado no modelo *VRS*.

Vale destacar que alguns procedimentos devem ser realizados previamente ao modelo *DEA*. De acordo com Gomes e Baptista (2004), a presença de observações discrepantes na amostra influencia diretamente as medidas de eficiência. Desse modo, é necessário verificar se existem *outliers* na amostra para não comprometer os resultados estimados, tornando-os mais robustos. Para isto, utilizou-se o teste proposto por Sousa *et al.* (2005), que desenvolveram um método de identificação de *outliers* e erros de medida baseados na associação do modelo *DEA* com o método *Jackstrap*, utilizando o teste *Jackknife* com o *Bootstrap*. O procedimento baseia-se na construção de uma medida de alavancagem, que mede a influência de cada *DMU* sobre as demais, em que aquelas que apresentam mais influências são descartadas da amostra por afetarem as estimativas do modelo *DEA*.

Para a realização do método *Jackstrap*, inicialmente, emprega-se um subconjunto de  $L$  *DMUs*, nomeados como bolhas, selecionado de modo aleatório na amostra. Seguindo a recomendação dos autores, assumiu-se que as bolhas comporem 15% da amostra de produtores pesquisados.

Já para o uso da técnica de *Bootstrap*, foi considerado um total de 2000 replicações. Em seguida, construiu-se uma medida de *leverage*, que mede a influência de cada DMU sobre as demais, sendo que aquelas que tiverem mais influências devem ser retiradas da análise para não comprometer as estimações do DEA. Para esses autores, o ponto de corte sugerido deve tomar como base a função *Heaviside*, que considera os dados obtidos dos *leverages* e a quantidade de DMUs  $K$ , conforme as seguintes especificações:

$$P(\tilde{l}_k) = 1, \text{ se } \tilde{l}_k \leq \tilde{l} \log k \text{ e } P(\tilde{l}_k) = 0, \text{ se } \tilde{l}_k > \tilde{l} \log k \quad (2)$$

em que é a probabilidade da  $k$ -ésima DMU com *leverage* médio não ser *outlier* e o limiar é igual ao produto entre o *leverage* médio global e o logaritmo de  $K$ . As análises de influência serão feitas por meio do *software Jackstrap.exe* (SOUSA *et al.*, 2005).

Após a exclusão das unidades tomadoras de decisão consideradas *outliers*, a análise da eficiência técnica dos produtores de leite foi feita com base nos modelos *CRS* e *VRS*. Entretanto, visto que os escores de eficiência obtidos nesses modelos são truncados em valor 1 para as DMUs eficientes, empregou-se o procedimento proposto por Andersen e Pertersen (1993), permitindo que o escores de eficiência dos produtores eficientes assumam valores maiores do que 1 pela remoção da restrição da firma ( $\lambda$ ) na equação (1). Por meio deste procedimento, é possível classificar as DMUs eficientes, com objetivo de obter uma melhor distribuição entre os escores de eficiência a serem utilizados no segundo estágio.

No entanto, deve-se considerar que a escolha dos insumos e produtos influencia diretamente o resultado obtido pelo modelo DEA, conforme Gomes e Ferreira (2007). Desse modo, a escolha das variáveis na presente pesquisa foi baseada em Ferreira e Gomes (2004). Assim, os *inputs* considerados compreendem os custos variáveis: gastos anuais com alimentos volumosos e concentrados; mão de obra com serviços de ordenha e manejo em geral; outras despesas operacionais como sanidade

do rebanho, inseminação artificial, energia elétrica, combustíveis e lubrificantes, transporte do leite e manutenção de pastagens e forrageiras; e fluxos de serviços como mão de obra não relacionada diretamente à atividade leiteira, impostos e depreciação do capital imobilizado em forrageiras, benfeitorias e instalações, máquinas, motores e equipamentos de escritório<sup>10</sup>. O *output* considerado foi o valor da produção de leite. Essas variáveis estão expressas em valores reais anuais referentes a 2010.

### 3.2. Regressão Quantílica

Como dito, os resultados da análise de eficiência são esperados para orientar as políticas destinadas a melhorar o desempenho. Portanto, é interessante explicar os escores de eficiência da metodologia *DEA* por meio da investigação dos determinantes de tal resultado. Dessa forma, tem sido habitual utilizar um método de análise de dois estágios: no primeiro estágio, a eficiência técnica é fixada por uma tecnologia de referência; já no segundo estágio, os escores de eficiência do *DEA* são explicados por variáveis relevantes não necessariamente incluídas no primeiro estágio (JACKSON; FETHI, 2000).

Para tal propósito, adotou-se a técnica de Regressão Quantílica, inicialmente proposta por Koenker e Basset (1978). De acordo com os autores, tal método apresenta vantagens em relação ao modelo dos Mínimos Quadrados Ordinários (*MQO*), pois possibilita a identificação da distribuição condicional de uma variável dependente com base num conjunto de variáveis independentes. Além disso, o método de Regressão Quantílica permite empregar todos os dados para estimar coeficientes angulares dos quantis, contribuindo para a eliminação de *outliers*, já que não se considera somente o efeito médio do impacto de uma variável independente na distribuição condicional da variável dependente, obtendo-se, assim, estimadores mais eficientes em comparação ao *MQO*,

10 Para o cálculo da depreciação anual destes itens, foi utilizada a metodologia de Yamaguchi et al. (2002), por meio da seguinte fórmula:  $D_a = (V_i + V_f) \left[ \frac{r}{(1-r)^{n-1}} \right]$ , em que  $D_a$  é a depreciação anual;  $V_i$  é o valor inicial do bem;  $V_f$  é o valor final do bem (valor de sucata);  $r$  é a taxa de juros; e  $n$  é a vida útil do bem.

visto os erros, no geral, não terem distribuição normal. Diante dessas características, justifica-se o uso do método para verificar se as variáveis independentes influenciam de forma diferente os distintos valores de eficiência dos produtores de leite da Zona da Mata – MG.

Portanto, tendo em vista que as variáveis explicativas podem não influenciar igualmente os diferentes níveis de eficiência técnica, foram estimadas regressões para os quantis: 0,25, que representa os produtores menos eficientes; 0,50, que representa os produtores com eficiência mediana; e 0,75, que representa os produtores mais eficientes que o  $\theta_{th}$  quantil. O  $\theta_{th}$  quantil condicional do nível de eficiência pode ser expresso por:

$$Q_{\theta}(y_i/X_i) = X'_i\beta_{\theta}, \quad \theta \in [0,1] \quad (3)$$

em que  $y_i$  correspondem aos escores de eficiência técnica obtidos no modelo *DEA* sob a pressuposição de retornos constantes de escala<sup>11</sup>; e  $X'_i$  é o vetor transposto de variáveis capazes de explicar esses índices de eficiência. Portanto, de acordo com Koenker e Bassett (1978), o estimador de regressão quantílica pode ser encontrado a partir da equação:

$$\min_{\beta} \frac{1}{n} \sum_{i: y_i > x'_i \beta} \theta |y_i - x'_i \beta| + \sum_{i: y_i < x'_i \beta} (1 - \theta) |y_i - x'_i \beta| = \min_{\beta} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_{\theta}(\mu_{\theta_i}) \quad (4)$$

em que  $\rho_{\theta}$  é uma função *check* definida por:

$$\rho_{\theta}(\mu_{\theta_i}) = \begin{cases} \theta \mu_{\theta_i}, & \geq 0 \\ (\theta - 1) \mu_{\theta_i}, & < 0 \end{cases} \quad (5)$$

11 Seguindo a recomendação sugerida por Gonçalves *et al.* (2008), optou-se apenas pelo uso dos escores de eficiência técnica obtido no modelo de retornos constantes como variável dependente. Os autores sugerem que essa escolha se deve ao maior poder discriminatório das DMU's eficientes, uma vez que nem toda unidade produtiva eficiente no modelo de retornos variáveis é considerada eficiente no modelo de retornos constantes, no entanto, todo produtor eficiente em CRS é eficiente no modelo VRS.

em que os coeficientes da regressão quantílica podem ser interpretados pela derivada parcial condicional do quantil em relação à variável dependente específica. Em outras palavras, tais coeficientes podem ser interpretados como a variação marginal no  $\theta_{th}$  quantil de interesse relativo a uma mudança na variável dependente (MENDES; SOUSA, 2006).

Para verificar se os coeficientes estimados diferem realmente entre os quantis, usou-se o teste de Wald, que verifica a hipótese de igualdade dos coeficientes. Caso as hipóteses testadas sejam rejeitadas, conclui-se que o impacto das variáveis estudadas nos níveis de eficiência não é o mesmo para todos os produtores analisados, logo, resultados baseados em um modelo de regressão único podem não ser adequados (HAO; NAIMAN, 2007). Evidencia-se ainda que as regressões para os quantis analisados foram obtidas simultaneamente, tendo sido as estimativas dos erros padrão feitas por meio de *bootstrap*, em que foi adotado o número de 20 replicações, com intuito de fornecer maior confiabilidade nas inferências feitas considerando os resultados estatísticos estimados na regressão quantílica.

As variáveis explicativas que serão incorporadas para determinação do modelo de regressão quantílica foram: X1 idade do produtor; X2 inseminação artificial; X3 assistência técnica; X4 administração da fazenda; X5 metas de produção; X6 e área utilizada para a atividade leiteira. A escolha dessas variáveis foi baseada, em parte, no estudo desenvolvido Nascimento *et al.* (2012). No presente trabalho, as *proxies* para uso de tecnologia e gerenciamento da atividade leiteira serão representadas pelas variáveis *dummies* uso da inseminação artificial, assistência técnica, administração da fazenda e metas de produção. Caso a variável assumo o valor unitário, significa que o produtor faz uso do mecanismo, e zero, caso contrário. Em relação à administração da fazenda, assume valor unitário se o produtor administrar a atividade sozinho e zero, caso contrário.

### 3.3. Fonte de dados e amostragem

O estudo foi desenvolvido na Zona da Mata – MG com respaldo no levantamento de dados primários feito nos municípios de Muriaé e Leopoldina, localizados, respectivamente, nas microrregiões denominadas Muriaé e Cataguases. Tais municípios podem ser considerados representantes de suas microrregiões e estas, da Zona da Mata mineira, em termos de produção de leite. De acordo com dados do IBGE (2016), as microrregiões de Muriaé (128,4 milhões de litros ao ano) e Cataguases (126,4 milhões de litros ao ano) foram responsáveis por 32% da produção de leite da mesorregião da Zona da Mata – MG em 2014. Já os municípios de Leopoldina (53 milhões de litros ao ano) e Muriaé (24,4 milhões de litros ao ano) produziram cerca de 42% e 19% do total de leite de suas respectivas microrregiões em 2014. Além disso, ambos os municípios foram responsáveis por 10% de toda a produção de leite da Zona da Mata – MG em 2014.

Desse modo, a população foi composta pelo conjunto de produtores dos dois municípios, e as informações foram obtidas junto aos produtores de leite, com questionários próprios e testados para esta finalidade. As visitas às propriedades foram feitas no período de janeiro a agosto de 2010, sendo aplicados 115 questionários distribuídos nos dois municípios. Pode-se dizer que, em ambas as microrregiões, a exploração leiteira é uma importante atividade agropecuária, isto porque, de acordo com dados do IBGE (2016), em valor de produção, as microrregiões de Muriaé (R\$ 126,2 milhões ao ano) e Cataguases (R\$ 123,2 milhões ao ano) representaram 32% do total em valor de produção de leite gerado pela mesorregião da Zona da Mata – MG em 2014, sendo a principal atividade na geração de renda e recursos para 1.404 famílias de acordo com o Censo Agropecuário (2006). Além disso, os municípios de Leopoldina (R\$ 53 milhões ao ano) e Muriaé (R\$ 22 milhões ao ano) foram responsáveis por cerca de 43% e 17,5% do valor de produção de leite de suas respectivas microrregiões em 2014. Por fim, fica claro que ambos os municípios foram responsáveis por 9,5% de todo o valor de

produção de leite da Zona da Mata – MG em 2014, sendo a principal atividade na geração de renda e recursos para 396 famílias.

Para a definição da amostra utilizada neste trabalho, utilizou-se a fórmula representada pela equação (4), sugerida por Fonseca e Martins (1996), empregada em populações finitas:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{d^2(N-1) + z^2 \cdot p \cdot q}, \quad (6)$$

em que  $n$  é o tamanho da amostra;  $z$  é a abscissa normal padronizada;  $p$  é a estimativa da proporção da característica pesquisada no universo;  $q = 1 - p$ ;  $N$  é o total de estabelecimentos que produzem leite da Zona da Mata - MG;  $e$  é o erro da amostragem.

Considerando que o total de estabelecimentos agropecuários que produzem leite na Zona da Mata – MG é de 28.448, segundo dados do IBGE (2016), o erro de estimação de 10% ( $d=0,1$ ),  $z=1,96$ , ao nível de confiança de 95% e (com a hipótese de se aceitar o maior tamanho da amostra, dado que não se conhecem as proporções estudadas), encontrou-se um tamanho da amostra igual a 95. Destaca-se que a amostra é significativa para a realização de inferências sobre os produtores de leite da Zona da Mata – MG.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. *Análise da eficiência técnica dos produtores de leite da Zona da Mata – MG*

O presente trabalho se propôs a determinar a eficiência técnica de 115 produtores de leite localizados na Mesorregião da Zona da Mata - MG, tomando como base o modelo de fluxo financeiro proposto por Ferreira e Gomes (2004), que está associado à análise de tomada de decisão dos

produtores no curto prazo. O método de *Jackstrap* indicou a presença de 15 *outliers*, considerando o limite de corte obtido pela função de *Heaviside* e, dessa forma, essas *DMUs* não fizeram parte das análises posteriores. Além disto, resta evidente que, mesmo após o corte, a amostra efetivamente utilizada (100 *DMUs*) continuou sendo representativa com base nos critérios de amostragem considerados na presente pesquisa.

Antes de apresentar os resultados referentes à eficiência técnica, é relevante mostrar as estatísticas descritivas das variáveis empregadas na estimação da fronteira de produção. A Tabela 1 evidencia que, em 2010, o valor da produção de leite médio na amostra foi de R\$ 43.417,06. As unidades produtivas gastaram em média, neste ano, R\$ 14.609,61 com volumosos e concentrados, R\$ 11.951,40 com mão de obra, R\$ 9.129,00 com outras despesas operacionais e fluxo de serviços médio de R\$ 5.378,88. Quanto à participação dos custos variáveis, percebe-se maior participação dos custos com a alimentação das matrizes leiteiras, seguido pela mão de obra, resultado semelhante ao observado por Fassio *et al.* (2006) ao analisar o desempenho técnico e econômico dessa atividade em Minas Gerais.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para obter os escores de eficiência técnica dos produtores de leite - Zona da Mata/MG

Variáveis	Unid.	N	Méd.	D. Padrão	Min.	Máx.
Valor da Produção de Leite	R\$/ano	100	43.417,06	50.499,81	2.953,08	262.963,10
Volumosos e Concentrados	R\$/ano	100	14.609,61	21.156,09	136,50	130.458,00
Mão de obra	R\$/ano	100	11.951,40	8.482,97	5.580,00	50.400,00
Outras despesas operacionais	R\$/ano	100	9.129,00	13.143,75	660,00	110.740,00
Fluxos de serviços	R\$/ano	100	5.378,88	11.865,38	108,37	98.029,06

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Após esta descrição inicial, é apresentada na Tabela 2 a frequência absoluta e relativa de produtores, segundo diferentes classes de eficiência técnica e de escala sob orientação insumo. Dessa forma, é possível observar que



67% dos produtores de leite considerados obtiveram medida de eficiência superior a 0,6 sob a pressuposição de retornos constantes à escala, indicando que parcela majoritária dos produtores de leite entrevistados apresentou alto nível de eficiência técnica. Além disso, verificou-se que apenas 22% das unidades produtivas analisadas alcançaram máxima eficiência, servindo como referência para os demais produtores de leite, visto que utilizam os insumos de forma racional no processo produtivo, isto é, o fluxo de despesas na atividade, no curto prazo, é gerenciado de modo eficiente. Ressalta-se que o elevado nível de eficiência técnica no modelo de retornos constantes para a atividade leiteira em Minas Gerais também foi verificado por Ferreira e Gomes (2004).

Tabela 2 – Frequência absoluta e relativa segundo medidas de eficiência técnica dos produtores de leite da Zona da Mata - MG

Medidas de eficiência	Eficiência técnica				Eficiência de escala	
	CRS		VRS			
	fi	%	fi	%	fi	%
<b>0,2  -- 0,4</b>	10	10	-	-	10	10
<b>0,4  -- 0,6</b>	23	23	2	2	12	12
<b>0,6  -- 0,8</b>	19	19	17	17	12	12
<b>0,8  -- 1,0</b>	26	26	45	45	44	44
<b>1,0</b>	22	22	36	36	22	22
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100
<b>Mínimo</b>	0,214		0,501		0,236	
<b>Média</b>	0,737		0,900		0,817	
<b>Máximo</b>	1,000		1,000		1,000	
<b>Desvio Padrão</b>	0,243		0,116		0,233	

Nota: fi, frequência absoluta de produtores; %, percentual de produtores.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Com relação à eficiência de escala, as unidades produtivas com medida de eficiência menor que 1 operam em escala não considerada ótima, sendo,

portanto, tecnicamente ineficientes quanto à escala. A natureza de tal ineficiência se deve ao fato de esses produtores poderem estar operando na faixa de retornos crescentes ou decrescentes à escala. A Tabela 2 mostra que 22% dos produtores não apresentam problemas de escala e, dessa forma, constata-se que, em média, os produtores podem expandir suas escalas de produção em aproximadamente 18% (ineficiência média de escala).

Em relação ao tipo de retorno dos produtores de leite, a Tabela 3 mostra que uma parcela majoritária das unidades produtivas opera na faixa de retornos crescentes, ou seja, atua em escala abaixo da ótima. Esses resultados corroboram aqueles encontrados em Gomes e Ferreira (2007) e Rodrigues *et al.* (2011) para produtores em regiões distintas do Brasil, indicando que grande parte dos produtores poderia ampliar a produção a custos médios operacionais decrescentes. Esse resultado reforça que o principal problema dos produtores de leite se deve à escala incorreta de produção.

Tabela 3 – Frequência relativa segundo o tipo de retorno dos produtores de leite da Zona da Mata - MG

<b>Tipo de retorno</b>	<b>Eficientes (%)</b>	<b>Ineficientes (%)</b>	<b>Total (%)</b>
Crescente	12	58	70
Constante	22	-	22
Decrescente	2	6	8
Total	36	64	64

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Verifica-se novamente que o objetivo do modelo de fluxo se reporta ao gerenciamento dos produtores de leite em relação aos custos operacionais da atividade, permitindo inferir sobre a eficiência técnica das fazendas no curto prazo. Desta forma, pode-se dizer que os produtores estão aptos a executar as ações de curto prazo, visto que 36% utilizam racionalmente os insumos. No entanto, como ressaltado por Ferreira e Gomes (2004), melhores retornos na produção do leite podem ser alcançados por meio de

estratégias gerenciais, via assistência técnica, conduzindo os produtores ineficientes (64%) a ajustar a utilização desses custos operacionais e a operar em nível de escala ótima de produção.

A Tabela 4 apresenta a despesa média com insumos feita pela parcela de produtores considerada ineficiente de acordo com o modelo *DEA* com retornos variáveis. Com base nestes resultados, fica evidente que a utilização inadequada de insumos entre os produtores de leite na Zona da Mata está associada principalmente à despesa com fluxos de serviços (43%) e outras despesas operacionais (32%), podendo tais resultados indicar onde a orientação técnica deve ser intensificada de modo a induzir os produtores ao uso correto de utilização dos insumos.

Tabela 4 – Despesa média com insumos dos produtores de leite considerados ineficientes pelo modelo *VR*S, Zona da Mata - MG

Insumos	Unid.	Observada (O)	Target <sup>1</sup> (T)	Excedente (E) = (O - T)	$\frac{E}{O} \times 100$ (%)
Volumosos e					
Concentrados	R\$/ano	12.773,99	9.697,62	3.076,37	24,08
Mão de obra	R\$/ano	11.578,13	9.075,01	2.503,11	21,62
Outras despesas					
operacionais	R\$/ano	7.710,39	5.234,94	2.475,45	32,11
Fluxos de serviços	R\$/ano	5.146,39	2.920,37	2.226,01	43,25

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

### 1.1. Determinantes da eficiência técnica dos produtores de leite da Zona da Mata – MG

Constatou-se que a hipótese nula de igualdade dos coeficientes das regressões foi rejeitada pelo resultado do teste de Wald [ $F(12; 93) = 2,88$ ], a 1% de significância. Nesse sentido, verificam-se diferenças significativas nos determinantes da eficiência técnica dos produtores de leite, de acordo com o nível de eficiência considerado.

Para todos os quantis estimados, as variáveis *administração da fazenda* e área destinada à atividade não foram capazes de explicar as variações no nível de eficiência técnicas dos produtores de leite, visto não terem sido estatisticamente significantes, conforme apresentado na Tabela 5. O resultado encontrado para variável idade apresentou sinal negativo, porém em baixa magnitude, sinalizando que produtores com idade mais elevada estão associados a menores níveis de eficiência, sendo esta eficiência significativa apenas para o grupo de produtores menos eficientes. O fato de o produtor estabelecer metas de produção foi significativo apenas para o grupo de produtores com eficiência mediana, indicando que este tipo de comprometimento com a produção está positivamente associado ao maior nível de eficiência nesse grupo.

Tabelas 5 – Determinantes da eficiência dos produtores de leite da Zona da Mata – MG por meio do modelo de Regressão Quantílica

Variáveis	Q25	E. Padrão	Q50	E. Padrão	Q75	E. Padrão
Constante	0,725***	(-0,164)	0,641***	(0,209)	1,063***	(0,185)
Idade	-0,006**	(0,003)	-0,003 <sup>NS</sup>	(0,003)	-0,004 <sup>NS</sup>	(0,003)
Inseminação artificial	0,202*	(0,114)	0,171*	(0,088)	0,115*	(0,066)
Assistência técnica	0,228***	(0,075)	0,184**	(0,082)	0,145**	(0,073)
Administração	0,053 <sup>NS</sup>	(0,083)	0,073 <sup>NS</sup>	(0,087)	0,056 <sup>NS</sup>	(0,083)
Metas de produção	-0,085 <sup>NS</sup>	(0,142)	0,195*	(0,114)	0,055 <sup>NS</sup>	(0,091)
Área	0,000 <sup>NS</sup>	(0,001)	0,000 <sup>NS</sup>	(0,001)	-0,004 <sup>NS</sup>	(0,000)

Nota: NS, não significativo; \*, 10% de significância; \*\*, 5% de significância; \*\*\*, 1% de significância; Q25, primeiro quartil; Q50, segundo quartil; Q75, terceiro quartil; E. Padrão - Erro Padrão.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Em contrapartida, as variáveis referentes ao uso de inseminação artificial e assistência técnica foram significativas a pelo menos 10% e apresentaram sinais positivos para todos os quantis analisados, indicando serem estes fatores relevantes para explicar as diferenças observadas nos índices de eficiência. Dessa forma, receber assistência técnica e fazer uso de tecnologias de produção, como é o caso da inseminação artificial, estão associados a maiores níveis de eficiência em todos os estratos de eficiência analisados. Além disso, os sinais das variáveis significativas condisseram com o esperado, sinalizando que investimentos em tecnologias geram melhorias em termos de eficiência técnica no curto prazo, ou seja, tais investimentos são suficientes para propiciar acréscimo na eficiência técnica. Vale ressaltar que o resultado para assistência técnica difere do encontrado por Nascimento *et al.* (2012), em que a variável “Número de visitas técnicas” não foi significativa para explicar a eficiência dos produtores de leite em nenhum quantil.

Destarte, os resultados no presente trabalho sugerem que o acompanhamento técnico representa um fator explicativo das variações nos níveis de eficiência técnica em modelos de fluxo financeiro, assim como a utilização de tecnologia via inseminação artificial. De fato, é indiscutível entre os especialistas da atividade que a adoção corrente de tecnologias como a inseminação artificial, ordenha mecânica e transferência de embriões permite elevar a eficiência técnica via aumento da produção média de leite, como destacado por Maia *et al.* (2013).

No entanto, além dessa relação, os autores também afirmam que há uma associação positiva entre inseminação artificial e preço do leite nos municípios brasileiros. Nesse sentido, tanto o aumento da produção média quanto o dos preços do leite, promovido pela adoção dessa tecnologia, podem servir de mecanismo para explicar uma associação positiva também com a eficiência técnica no curto prazo.

Entretanto, é importante destacar que todos os produtores de leite estão sujeitos a restrições de curto prazo no que se refere à mudança nas tecnologias de produção e, portanto, os produtores de leite de um modo

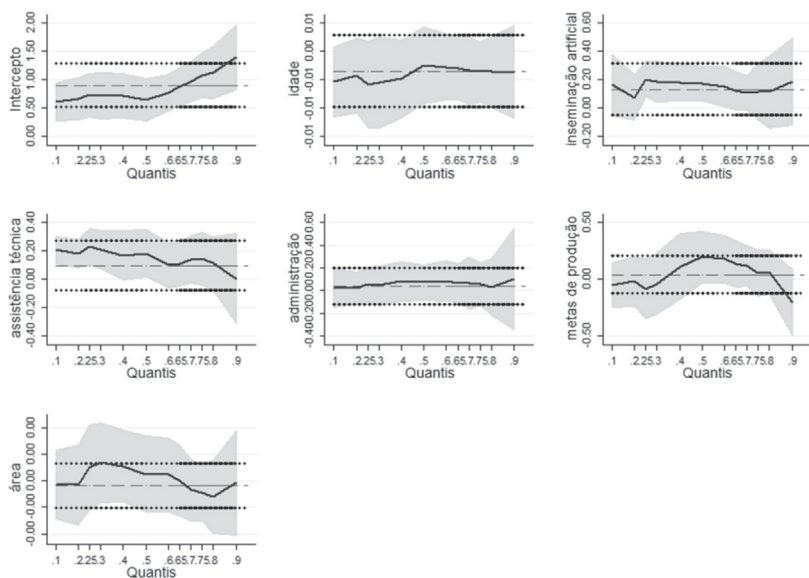
geral podem apresentar tecnologias e estruturas de custos diferenciadas no curto prazo, conforme chamam atenção Blancard *et al.* (2006). Posto isto, os resultados aqui apresentados para inseminação artificial podem servir de base também para a discussão acerca da ampliação de políticas de crédito, visto o acesso desses produtores às tecnologias de produção lhes permitir ampliar as tomadas de decisões de produção no curto prazo e, conseqüentemente, sua eficiência técnica.

A Figura 1 ilustra o comportamento dos fatores explicativos da eficiência técnica dos produtores de leite ao longo dos quantis, linha preta contínua, e como a magnitude dos efeitos difere em relação ao coeficiente do *Ordinary Least Squares-OLS*<sup>12</sup>, mesmo em intervalos de confiança ao redor de cada coeficiente. Observa-se que o efeito parcial das variáveis explicativas varia em relação ao nível de eficiência técnica de curto prazo entre os quantis. O teste de Wald foi feito de forma individual para as variáveis *Inseminação Artificial* e *Assistência Técnica*, entre todos quantis estimados na Figura 1, e suas estatísticas  $F(11;93) = 1,72$  e  $F(11;93) = 2,43$  foram significativas aos níveis de 10% e 5%, respectivamente. Dessa forma, pode-se inferir que existem diferenças significativas entre esses coeficientes ao longo dos quantis para cada uma dessas variáveis.

---

12 Na Figura 1, o coeficiente OLS pode ser identificado pela linha tracejada e o intervalo de confiança pelas linhas pretas pontilhadas.

Figura 1 – Efeitos das variáveis explicativas sobre a eficiência técnica dos produtores de leite da Zona da Mata – MG ao longo dos quantis.



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Nesse sentido, observa-se que as magnitudes dos coeficientes para ambas as variáveis, além de positivos, são pouco maiores entre os quantis de menor eficiência, portanto, sendo mais determinantes para aqueles produtores considerados menos eficientes e menos determinantes à medida que se eleva sua eficiência. No caso da assistência técnica, uma explicação para esse comportamento se deve ao fato de esse serviço ser responsável por transferir informações que permitam aos produtores utilizar mais adequadamente os insumos na produção e, dessa forma, aumentar sua eficiência, conforme afirmam Rodrigues et al. (2011). Gomes et al. (2016) identificaram um ciclo virtuoso na continuidade do processo de assistência técnica na produção de leite. Analisando um grupo de produtores que recebe assistência técnica em diferentes períodos de tempo, os autores concluíram que há forte tendência de aumento de

produção com ganhos de eficiência e produtividade, na medida em que se aumenta o tempo de assistência. Tais ganhos possibilitam expansão na renda dos produtores o que, por sua vez, permite maior capacidade de investimento na atividade, conferindo dinâmica ao processo e dando origem ao ciclo.

Além disso, o trabalho desenvolvido por Silva et al. (2015) confirmou a evolução da produção e dos indicadores de desempenho técnico e econômico de dois produtores localizados na Zona da Mata mineira, que vêm recebendo assistência técnica contínua desde 1988. Os produtores avaliados pelos autores são muito diferentes, tanto do ponto de vista de volume de produção quanto tecnológico. Apesar das diferenças, os resultados foram semelhantes, ou seja, assistência técnica possibilitando expansão da produção e melhorias dos indicadores.

Nesse sentido, pode-se dizer que existe relação direta entre assistência técnica e eficiência, mas é preciso salientar que existem diferenças na intensidade da relação entre os ganhos da assistência técnica e os índices de eficiência. É de se esperar que produtores que recebem assistência técnica há menos tempo tendam a ser menos eficientes. Contudo, a sensibilidade dessa relação é maior, ou seja, o potencial de ganho para esse grupo de produtores é maior do que para aqueles com níveis de eficiência superiores.

## **5. Considerações Finais**

Os escores de eficiência técnica de curto prazo, obtidos pelo método de Análise Envoltória de Dados sob orientação insumo, indicaram que os produtores de leite da mesorregião da Zona da Mata - MG podem reduzir, em média, 26,3% e 10% a utilização de seus insumos quando são admitidos retornos constantes e variáveis à escala, respectivamente. Dessa forma, os produtores de leite podem expandir suas escalas de produção em até 18,3%. Assim, conclui-se que, ao considerar insumos de fluxo financeiro, ou seja, insumos variáveis no curto prazo, os produtores



de leite nessa região apresentam elevado nível de eficiência, sendo o principal problema a escala incorreta de produção.

Além disso, conclui-se que o uso de tecnologia genética na produção de leite por meio da inseminação artificial das matrizes leiteiras, combinado ao acesso à assistência técnica, pode ser considerado fator relevante para explicar as variações no nível de eficiência, independentemente do grau analisado. Nesse sentido, a ineficiência dos produtores de leite da Zona da Mata – MG pode ser reduzida no curto prazo pela adoção de tecnologias avançadas na atividade, combinada ao acesso à assistência técnica na produção e gestão de recursos. Assim, é importante enfatizar que os produtores de leite ineficientes devem tomar como base as técnicas de utilização de insumos dos produtores identificados como eficientes no sentido de ampliar o nível de eficiência produtiva no curto prazo. No entanto, para que os pequenos produtores, com maiores restrições financeiras no curto prazo, ou aqueles considerados ineficientes ampliem seus desempenhos, é necessário que o Estado ofereça esse acompanhamento, de forma contínua e de qualidade, bem como amplie o acesso ao crédito voltado ao investimento em tecnologias de produção.

Cabe ressaltar que, em um processo de assistência técnica, o técnico normalmente recomenda o melhoramento genético do rebanho, principalmente para pequenos produtores mais ineficientes. Esta recomendação faz sentido, visto o processo de maturação do projeto de melhoramento genético demandar mais tempo. Assim, na medida em que o rebanho se torna mais especializado na produção de leite, o produtor tem tempo para outras melhorias, como investir em benfeitorias, máquinas e alimentação adequada. Portanto, isto justifica a significância das variáveis assistência e inseminação, reforçando a importância de programas de assistência técnica efetivos, voltados não somente para a produção, mas também para o gerenciamento da atividade como um todo.

## Referências

ANDERSEN P.; PETERSEN, N. C.A Procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis.**Management Science**.v.39, p. 1261–4, 1993.

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

BARNES, A.P. Does multi-functionality affect technical efficiency? A nonparametric analysis of the Scottish dairy industry.**Journal of Environmental Management**, v. 80, p. 287-294, 2006.

BLANCARD, S.; BOUSSEMART, J. P.; BRIEC, W.; KERSTENS, K..Short-and long-run credit constraints in french agriculture: a directional distance function framework using expenditure-constrained profit functions. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 88, n. 2, p. 351-364, 2006.

BRUNETTA, M. R. **Avaliação da eficiência técnica e de produtividade usando análise por envoltória de dados: um estudo de caso aplicado a produtores de leite**. 2004. 101p. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR.

CAMPOS, S. A. C.; COELHO, A. B.; GOMES, A. P.; MATTOS, L. B de. Eficiência e custos associados à adequação ambiental para a produção láctea em Minas Gerais. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 324-342, 2014

CARNEIRO, A. V. **Evolução dos sistemas de produção de leite na Zona da Mata – MG, no período de 1974-1994**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 109 p. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

**Censo Agropecuário 2006**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Ministério do Desenvolvimento Agrário e Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2006.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. **Data**

**envelopment analysis: theory, methodology, and application.** Dordrecht: Kluwer Academic, 1994.

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

COELLI, T.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis.** Springer: United States of America, 2<sup>a</sup> ed. 1998. 341 p.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver Software.** 3 ed. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2002.

DAGISTAN, E.; KOC, B.; GUL, M.; PARLAKAY, O.; AKPINAR, M. G.. Identifying technical efficiency of dairy cattle management in rural areas through a non-parametric method: A case study for the East Mediterranean in Turkey. **Journal of Animal and veterinary advances**, 8 (5), p. 863-867, 2009.

FAOSTAT **database.** FAO, Rome, 2016. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 05 jan. 2016.

FARRELL, M. J.; The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A, Part 3, p. 253-290, 1957.

FASSIO, L. H.; REIS, R. P.; GERALDO, L. G.. Desempenho técnico e econômico da atividade leiteira em Minas Gerais. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1154-1161, nov./dez., 2006

FERREIRA, A. H.; GOMES, A. P. **Eficiência técnica no curto e no longo prazo em sistemas de produção de leite com gado holandês, mestiço e zebu.** In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 42. Anais: Cuiabá. Sober, 2004.

\_\_\_\_\_. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, modelos e aplicações.** Viçosa, MG: UFV, 2009. 389p.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de Estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

FRASER, I.; GRAHAM, M. Australasian Efficiency measurement of Australian dairy farms: national and regional performance. **Australasian Agribusiness Review**, v. 13, 2005.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. Análise Envoltória de Dados. In: SANTOS, M. L., VIEIRA, W.C., (ed.) **Métodos Quantitativos em Economia**. Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 121-160.

GOMES, A. P.; FERREIRA, C. M. de C. **Cuidados ao calcular a eficiência na produção de leite**. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 45. Anais: Londrina. Sober, 2007.

GOMES, A.P., ERVILHA, G.T., FREITAS, L.F., NASCIF, C. **A importância da assistência técnica para aumentar eficiência e rentabilidade na produção de leite**. Texto para discussão. PDPL, UFV. 19 p. 2016.

GONÇALVES, R. M.L.; VIEIRA, W. C.; LIMA, J. E.; GOMES, T. S..Analysis of technical efficiency of milk-producing farms in Minas Gerais. **Economia Aplicada**, v.12, n.2, p.321-335, 2008.

HAO, L.; NAIMAN, D. Q. **Quantile regression**. Sage Publications, Thousand Daks, 2007.

HUNT, D.; SHIKI, S.; RIBEIRO, R.; BIASI, D.; e FARIA, A. Comparação de indicadores de desempenho de produtores de leite localizados dentro e fora de assentamentos de reforma agrária no Sudeste do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, nº 1, p. 211-248, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal**. 2016.Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 05 de janeiro de 2016.

JACKSON, P. M.; FETHI, M. D. **Evaluating the technical efficiency of Turkish commercial banks: An Application of DEA and Tobit Analysis**. In: International DEA Symposium, University of Queensland, Brisbane, Australia, 2000, 19 p.

KELLY, E.; SHALLOO, L.; GEARY, U.; KINSELLA, A.; THORNE, F.; WALLACE, M. The associations of management and demographic factors with technical, allocative and economic efficiency of Irish dairy farms. **Journal of Agricultural Science**, v. 150, p. 738–754, 2012. doi:10.1017/S0021859612000287

KOENKER, R.; BASSET, G. Regression quantiles. **Econometrica**, v. 46, p.33-50, 1978.

MAIA, G. B. S.; PINTO, A. R.; MARQUES, C. Y. T.; ROITMAN, F. B.; LYRA, D. D.. **Produção Leiteira no Brasil**. BNDES Setorial, v. 37, p. 371-398, 2013.

MENDES, C. C.; SOUSA, M. C. S. Demand for locally provided public services within the median voter's framework: the case of the Brazilian municipalities. **Applied Economics**, v.38, n.3, p.239-251, 2006.

NASCIMENTO, A. C. C.; LIMA, J. E.; BRAGA, M. J.; NASCIMENTO, J.; GOMES, A. P. Eficiência técnica da atividade leiteira em Minas Gerais: uma aplicação de regressão quantílica. **Revista Brasileira de Zootecnia**. vol.41 n.3 Viçosa, 2012.

ROBERTS, D. B.; GOMES A. P. **Eficiência da pequena produção de leite no Estado de Rondônia**. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 42, 2004, Cuiabá. Anais... Cuiabá, UFMT, 2004.

RODRIGUES, M. H. de. S.; SOUZA, M. S.; MENÉNDEZ, T. D.; AGUIAR, I. S.; RODRIGUES, E. F. de. S. Análise de eficiência dos produtores de leite do município de Rolim de Moura, no Estado de Rondônia. **Gestão & Regionalidade**. vol. 27. nº 79. 2011.

SILVA, M.F., PEREIRA, J. C., GOMES, S.T., NASCIF, C., GOMES, A. P. Avaliação dos indicadores zootécnicos e econômicos em sistemas de produção de leite. **Revista de Política Agrícola**, 24, 62-73, 2015.

SOUSA, M. C. S.; CRIBARI-NETO, F.; STOSIC, B. Technical efficiency of the Brazilian municipalities: correcting non parametric frontier measurements for outliers. **Journal of Productivity Analysis**, v. 24, n. 2, p. 157-181, 2005.

VILELA, D.; BRESSAN, M.; GOMES, A. T.; LEITE, J. L. B.; MARTINS, M. C.; NOGUEIRA NETTO, V. **O agronegócio do leite e políticas públicas para o seu desenvolvimento sustentável.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 67-81.

YAMAGUCHI, L. C. T.; CARNEIRO, A. V.; MARTINS, P. do C.; MACHADO, A. D. C. **Custo de Produção do Leite: abrindo a caixa preta.** Embrapa Gado de Leite, 72p, 2002.