

GABRIEL TEIXEIRA ERVILHA

**EFICIÊNCIA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO DE LEITE EM
MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

GABRIEL TEIXEIRA ERVILHA

**EFICIÊNCIA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO DE LEITE EM
MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de julho de 2014.

Roberto Serpa Dias

Newton Paulo Bueno
(Coorientador)

Adriano Provezano Gomes
(Orientador)

Aos eternos Fernanda, Murilo e Vicente.

AGRADECIMENTO

O apoio, a amizade, a confiança, o respeito e o carinho de várias pessoas contribuíram para alcançar esse objetivo. Primeiramente devo agradecer a Deus que sempre está presente em minha vida e é fundamental para que eu tenha a força e a fé necessárias para seguir em frente.

À minha mãe Jovelina pelo modelo de força, coragem e amor. Ao meu pai Geraldo pelo exemplo de trabalho e honestidade. Ao meu irmão Luciano, minha cunhada Maria José e minha bela afilhada Layra, pelo acolhimento e afeto de todos os momentos. À toda minha família, que unida pode superar todos os contratempos.

Ao Professor Adriano Provezano Gomes pela amizade, paciência e orientação neste trabalho. Aos membros da banca de dissertação, os professores Newton Paulo Bueno e Roberto Serpa Dias pelas valiosas sugestões e considerações.

Aos professores e funcionários do Departamento de Economia pelo incentivo dado durante toda essa caminhada. À Coordenação da Pós-Graduação, em especial às coordenadoras Silvia e Elaine que foram e são fundamentais no avanço dado ao Mestrado em Economia da UFV.

À UFV que me acolheu como estudante de graduação e pós-graduação e agora me cede a oportunidade de servi-la como funcionário.

Agradeço imensamente aos meus amigos de curso, pois nada melhor que ter pessoas com quem você pode confiar, sorrir, chorar, compartilhar aflições, buscar conselhos, enfim, aprender juntos. Agradeço também aos sempre amigos de graduação, de Rodeiro e dos congressos Brasil afora que, mesmos distantes fisicamente, sempre tiveram presentes nessa caminhada.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de mestrado durante o curso.

Agradeço também ao Sebrae e a toda equipe do Educampo Leite pela confiança e disponibilização dos dados, bem como a assessoria técnica de Christiano Nascif, fundamentais para a conclusão deste estudo.

Por fim, agradeço a todos que colaboraram para que a realização desta importante fase de minha vida acadêmica e pessoal.

Muito obrigado!

“... escreva sua história pelas suas próprias mãos!”

(Zé Geraldo)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações iniciais	1
1.2 O problema e sua importância	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo geral	4
1.3.2 Objetivos específicos	5
2. O SEGMENTO PRODUTIVO LEITEIRO	6
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 Inovação e difusão tecnológica	11
3.2 Desenvolvimento e extensão rural	13
3.3 Função de produção, produtividade e eficiência	16
4. METODOLOGIA	23
4.1 Medidas de eficiência e <i>benchmarks</i> : análise envoltória de dados	23
4.2 Método de detecção e remoção de <i>outliers</i>	29
4.3 Testes não paramétricos de fronteiras de eficiência	31
4.4 Análise discriminante	32
4.5 Procedimento	35
4.5.1 Obtenção das medidas de eficiência	35
4.5.2 Comparação dos produtores segundo as eficiências pura e de escala	37
4.5.3 Caracterização do desempenho técnico e econômico dos produtores	39
4.5.4 Projeção dos produtores ineficientes para a fronteira de produção	40
4.5.5 Fatores que discriminam as DMUs eficientes e ineficientes	40
4.5.6 A seleção dos agentes eficientes: os principais <i>benchmarks</i>	41
4.6 Base de dados	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 Evidência da presença de <i>outliers</i>	43

5.2 Testes não paramétricos de fronteiras de eficiência	45
5.3 Medidas de eficiência das propriedades produtoras de leite.....	45
5.3.1 Caracterização das propriedades segundo a pura eficiência técnica.....	47
5.3.2 Caracterização das propriedades segundo o retorno à escala	52
5.4 Desempenho técnico e econômico.....	58
5.5 Projeção das propriedades ineficientes na fronteira de produção eficiente	62
5.6 Análise discriminante da eficiência	65
5.7 A seleção de agentes eficientes: os principais <i>benchmarks</i>	70
6. RESUMO E CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da participação das regiões na produção brasileira de leite (1974-2011)	7
Figura 2 - Mapa de isoquantes	17
Figura 3 - Função de produção, produtividade e eficiência	19
Figura 4 - Função de produção, variações da produtividade e da eficiência	20
Figura 5 - Isoquantes e eficiência técnica	21
Figura 6 - Eficiência técnica e eficiência de escala	27
Figura 7 - Histograma da distribuição dos <i>leverages</i> em relação à eficiência das propriedades do segmento produtivo leiteiro	43
Figura 8 - Histograma da distribuição das propriedades produtoras de leite segundo estratos de eficiência técnica	46
Figura 9 - A eficiência técnica das propriedades leiteiras segundo a mesorregião de origem	51
Figura 10 - A eficiência de escala das propriedades leiteiras segundo a mesorregião de origem	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Países com maior produção de leite em 2010	6
Tabela 2 – Produção de leite, número de vacas ordenhadas e produtividade dos cinco maiores estados produtores de leite em 2011	8
Tabela 3 – Produção de leite, número de vacas ordenhadas e produtividade nas mesorregiões mineiras em 2011	8
Tabela 4 – Variáveis inicialmente incluídas na estimativa da análise discriminante	41
Tabela 5 – Valores dos <i>leverages</i> , dos insumos e do produto das DMUs consideradas <i>outliers</i>	44
Tabela 6 - Valores dos testes não paramétricos para os estratos divididos segundo a produção média diária de leite	45
Tabela 7 - Valores médios anuais do produto e dos insumos das propriedades produtoras de leite separadas em grupos segundo a eficiência técnica (valores em R\$ mil)	47
Tabela 8 - Eficiência técnica das propriedades separadas em grupos segundo o estrato de produção	49
Tabela 9 – Localização das propriedades eficientes e ineficientes tecnicamente	50
Tabela 10 - Eficiência técnica das propriedades separadas em grupos segundo o retorno de escala	52
Tabela 11 - Valores médios do produto e dos insumos das propriedades separadas em grupos segundo o retorno à escala (valores em R\$ mil)	54
Tabela 12 - Escala de produção separada em grupos segundo o estrato de produção das propriedades	55
Tabela 13 – Índice médio de eficiência técnica das propriedades segundo o estrato de produção e o retorno de escala	56
Tabela 14 – Localização das propriedades segundo o retorno à escala	56
Tabela 15 - Indicadores de desempenho técnico e econômico, segundo a eficiência técnica	58
Tabela 16 - Indicadores de desempenho técnico e econômico, segundo o tipo de retorno à escala	60
Tabela 17 – Condição de eficiência técnica e ganhos possíveis de renda bruta após a correção das ineficiências (valores em R\$ mil/ano)	63
Tabela 18 – Retorno à escala e ganhos possíveis de renda bruta após a correção das ineficiências (valores em R\$ mil/ano)	64
Tabela 19 – Variáveis que entraram na análise discriminante	66
Tabela 20 – Indicadores de eficiência da função discriminante	66
Tabela 21 – Significância da função (Lambda de Wilks)	67

Tabela 22 – Coeficientes das variáveis da função discriminante	67
Tabela 23 – Classificação inicial dos grupos em relação ao resultado da função discriminante	68
Tabela 24 – Média das variáveis que discriminam os grupos de propriedades eficientes e ineficientes	69
Tabela 25 – Os cinco principais <i>benchmarks</i> e suas características dimensionais	71
Tabela 26 – Produto e insumos das principais propriedades de referência	72
Tabela 27 – Indicadores de desempenho técnico e econômico para as principais unidades de referência	73
Tabela 28 – Variáveis que entraram na análise discriminante dos cinco maiores <i>benchmarks</i>	74

RESUMO

ERVILHA, Gabriel Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2014. **Eficiência e difusão de tecnologia na produção de leite em Minas Gerais.** Orientador: Adriano Provezano Gomes. Coorientador: Newton Paulo Bueno.

A pecuária leiteira é um segmento produtivo de destaque no Brasil, com grande importância como atividade econômica e social. Entretanto, mesmo diante de mudanças consideráveis, esse segmento ainda não encontra o grau de produtividade presente em outros países produtores. A fim de elevar essa produtividade e atingir uma estrutura produtiva mais sólida em termos de custos, preços e qualidade, este estudo propõe identificar as unidades produtoras eficientes, de forma a facilitar o processo de difusão de tecnologia e informação. Para isso, foi utilizada a metodologia não paramétrica da análise envoltória de dados (DEA) pressupondo orientação a produto, com os resultados sendo refinados pela técnica de detecção de *outliers*, pelo método não paramétrico de fronteira de eficiência e pela técnica multivariada de análise discriminante. As informações provêm de 659 propriedades produtoras de leite integrantes do Projeto Educampo Leite. Os resultados obtidos revelam a importância da eficiência técnica e de escala na melhoria dos desempenhos técnico e econômico das propriedades. As 104 propriedades consideradas 100% eficientes (pura eficiência) apresentaram maior renda bruta (*output*) proporcional ao uso dos insumos de fluxo e de estoque (*inputs*), sendo que apenas 50 unidades apresentaram eficiência tanto técnica, quanto de escala. Além disso, não há distinções claras da presença da ineficiência entre os estratos de produção e localização das propriedades, ou seja, essas características não são fatores determinantes para a presença de eficiência. Quanto aos indicadores técnico e econômico, observa-se que nas propriedades eficientes esses indicadores são mais favoráveis, reforçando essa relação de eficiência e ganhos econômicos. Na projeção das DMUs ineficientes para a fronteira de eficiência, os ganhos potenciais nas receitas giram em torno de 28%, ressaltando que tais ganhos são perfeitamente possíveis, uma vez que a projeção é feita com base em produtores que desenvolvem atividades semelhantes, porém de forma mais eficiente. A análise discriminante reforça as análises anteriores identificando a taxa de retorno do capital investido, as produtividades do trabalho, do rebanho e da terra e a relação entre a margem bruta e a renda, como fatores

discriminantes entre propriedades eficientes e ineficientes no segmento produtivo do leite. Por fim observa-se que as principais unidades de referência apresentam resultados superiores às médias das eficientes, principalmente em relação ao retorno do capital investido, indicando que a seleção de agentes difusores deve identificar não apenas a eficiência, mas o grau de referência desses agentes no segmento estudado. Esses resultados demonstram a importância de se trabalhar eficientemente e que práticas eficientes devem ser difundidas no segmento produtivo leiteiro, de forma a garantir a permanência dos produtores no mercado e o atendimento à demanda crescente de leite e derivados. Ainda, de posse dessas observações, pode-se selecionar os agentes considerados eficientes, direcionando-os aos programas de extensão rural e difusão de tecnologia, criando um ciclo virtuoso e benéfico, não somente para o produtor, mas para toda a cadeia produtiva do leite.

ABSTRACT

ERVILHA, Gabriel Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2014. **Efficiency and technology diffusion in dairy production in Minas Gerais.** Adviser: Adriano Provezano Gomes. Co-adviser: Newton Paulo Bueno.

The dairy farming is a productive segment featured in Brazil with great importance as economic and social activity. However, despite considerable changes, this segment still do not find this level of productivity of other producing countries. In order to raise the productivity and achieve a more solid production structure in terms of cost, price and quality, this study proposes to identify the efficient production units in order to facilitate the diffusion of technology and information. For this, was used the nonparametric methodology of data envelopment analysis (DEA) assuming the product orientation, with results refined by outliers detection, nonparametric method of the efficient frontier and the discriminant analysis. The information comes from 659 producing properties of members of the Projeto Educampo Leite. The results show the importance of technical and scale efficiency in improving the technical and economic performance of the properties. The 104 properties considered 100% efficient (pure efficiency) showed greater gross income (output) with proportional use of inputs flow and inventory (inputs) and only 50 units has technical and scale efficiencies. Furthermore, there are no clear distinctions of the presence of inefficiency between different strata of production and location of the properties, i.e., those features are not determinative of the presence of efficiency. As for the technical and economic indicators, it is observed that these efficiency properties present indicators more favorable, reinforcing the relationship of efficiency and economic gains. In the projection of inefficient DMUs to the efficient frontier, the potential gains in revenues revolve around 28%, noting that such gains are possible, since the projection is based on producers who develop similar activities, but so more efficient. The discriminant analysis reinforces the previous analysis, identifying the rate of return on invested capital, the productivity of labor, of the flock and of the earth and the relationship between gross margin and the income as factors discriminating between efficient and inefficient properties in the dairy segment. Finally observe that the main referral units feature superior results to the averages of efficiency properties, especially in relation to the return on invested capital, indicating that the

selection of agents diffusers should identify not only the efficiency, but the degree of reference of these agents in the segment studied. These results demonstrate the importance of producing efficiently and that efficient practices should be disseminated in the dairy production sector, to ensure the permanence of producers in the market and meeting the growing demand dairy products. Still in possession of these observations, one can select the agents considered efficient, directing them to programs for technology diffusion and agricultural extension, creating a virtuous cycle, not only for the producer, but for the entire dairy supply chain.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

O desenvolvimento econômico e social relaciona-se estritamente com o conhecimento e a inovação, desempenhando papéis fundamentais nas sociedades atuais. Essa proposição vem apresentando-se como um modelo internacionalmente adotado, tornando-se necessário rever e promover estratégias que garantam avanços para as diversas atividades produtivas.

Uma dessas estratégias é o estudo das cadeias produtivas, sistemas formados por um conjunto de setores econômicos, que estabelecem relações de mercado entre si, os quais, articulados no processo produtivo, envolvem toda a atividade de produção e comercialização de um produto, de forma que, no decorrer da cadeia, há agregação de valor. A cadeia de produção pode ser entendida também como “*uma sucessão de operações de transformação dissociáveis, capazes de ser separadas e ligadas entre si por um encadeamento técnico*” (BATALHA, 2007, p.6).

Os estudos de cadeias produtivas, que remontam nos estudos de Perroux (1977), têm se caracterizado pela compreensão e explicação à acentuada competição das organizações em ambientes complexos, dinâmicos e incertos. Diversas teorias e metodologias analíticas têm sido fundamentadas e apresentadas, sendo que a maioria delas ratifica a necessidade de uma visão mais sistêmica e encadeada em relação às variáveis que afetam essa competitividade das organizações (ARAÚJO e SILVA, 2014).

Dessa forma, os estudos baseados em sistemas produtivos têm sido amplamente utilizados no intuito de propor políticas e estratégias direcionadas à eficiência desses sistemas. A ideia de cadeia de produção é útil como um método de análise das estratégias das firmas, como espaço de análise das inovações tecnológicas e como um instrumento para elaboração de estratégias (SIMIONI et al., 2007).

No Brasil, uma cadeia produtiva de destaque é a da pecuária leiteira com grande importância como atividade econômica e social e tem experimentado mudanças consideráveis e transformações técnicas, operacionais e institucionais, sobretudo a partir do final da década de 1990, através de inúmeras alterações nas estratégias e políticas

governamentais desenvolvidas e aplicadas para o setor. Todas essas alterações provocaram reações e adaptações no ambiente institucional da cadeia produtiva, interferindo diretamente no contexto comercial, estrutural e organizacional do setor lácteo brasileiro (OLIVEIRA e SILVA, 2012).

A atividade leiteira no Brasil apresenta características próprias, sendo pouco especializada, com trabalho familiar e com pouca disponibilidade de recursos. Contudo, diante da alta complexidade dessa cadeia produtiva, há a necessidade da especialização dos produtores e a incorporação de inovações tecnológicas, justificadas por questões sanitárias e de produtividade (ZOCCAL et al., 2005).

Em 2011, a atividade leiteira ocupou o quinto lugar no Valor Bruto de Produção (VBP) da agropecuária brasileira, colocando o país como o quinto maior produtor de leite fluido e o quarto de leite em pó (IFCN, 2012) e desempenhando uma função relevante no desenvolvimento econômico e social do país. Possui cerca de cinco milhões de pessoas trabalhando com a produção de leite (CNA, 2011), sendo 1,35 milhão de produtores (IBGE, 2012). Cerca de 80% desses estabelecimentos são propriedades com produção de até 50 litros por dia, representando apenas 26% da produção nacional e Minas Gerais é o principal produtor brasileiro (IBGE, 2012).

Apesar do destaque na produção, o Brasil não se inclui entre os países que produzem leite com elevada produtividade. A baixa produtividade pode ser explicada pela característica da estrutura de produção, em sua maior parte formada por pequenos produtores que utilizam fundamentalmente terra e trabalho (NASCIMENTO et al., 2012).

Para atingir resultados satisfatórios, a atividade agropecuária está cada vez mais exposta aos desafios impostos pela globalização da economia de modo que é preciso manter um elevado nível de competitividade em termos de custos, preços e qualidade, condizente com os padrões da dinâmica de mercado, o que, por sua vez, tem tornado cada vez mais necessária a eficiência na gestão dessa atividade (VIANA e FERRAS, 2007).

Nesse contexto e diante da importância da cadeia produtiva do leite no desenvolvimento econômico regional, o Sebrae¹ idealizou o projeto Educampo Leite. Esse projeto de educação, voltado ao empresariado rural, busca, por meio da

¹ Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.

capacitação gerencial e técnica de grupos de produtores rurais, desenvolver todos os aspectos de gestão da propriedade, tornando-os mais eficientes e competitivos.

A orientação e capacitação dos produtores são realizadas por meio do serviço de consultoria gerencial e tecnológica oferecido nas propriedades, conduzidas por técnicos capacitados e com conhecimentos em metodologias que contemplam a assistência gerencial e técnica dos produtores, a partir do desenho de um plano de desenvolvimento, planejado previamente junto com os próprios produtores e os parceiros do projeto em uma determinada região, atendendo às demandas primordiais de cada grupo de produtores a ser desenvolvido.

O grande diferencial do projeto é a abrangência gerencial, monitorada conjuntamente pelos consultores técnicos e os produtores, aferindo os resultados das inovações adotadas na rentabilidade e na lucratividade do negócio, apoiada na tecnologia da informação, que facilita a sistematização e a visualização dos resultados das ações implementadas.

Atualmente, o projeto conta com 27 cooperativas e agroindústrias parceiras, atendendo 1067 produtores em 210 municípios de Minas Gerais. No ano de 2012, seus produtores responderam por 1,22% da produção de leite no Brasil e por 4,71% da produção de leite em Minas Gerais.

1.2 O problema e sua importância

Diante da importância do segmento produtivo leiteiro no desenvolvimento econômico regional, observa-se a necessidade de buscar um novo direcionamento do processo de difusão de tecnologia e informação. Destaca-se, então, a necessidade de apresentar uma metodologia de análise na definição e seleção de fontes e agentes eficientes para esse objetivo, reforçando a necessidade de mudanças técnicas, operacionais e institucionais, a fim de elevar a produtividade do setor e atingir uma estrutura produtiva que atenda aos níveis de competitividade condizentes com o mercado, em termos de custos, preços e qualidade.

Diante disso, questiona-se: Será que todas as novas tecnologias de processamento de informação estão sendo aproveitadas na definição dessas estratégias? Será que as informações disponíveis estão sendo total e eficientemente utilizadas? Será

possível identificar os principais atores da atividade leiteira? Os atores principais são os mais eficientes?

Com o passar dos anos, cresce o interesse nos estudos sobre novas fontes de informações e estratégias, devido às transformações que a tecnologia proporciona através de seus avanços e da rápida difusão tecnológica. Tal tecnologia apresenta-se desde a análise de dados até às estratégias propostas mediante a avaliação das atividades e processos em questão.

Diante das novas soluções na busca da fundamentação para a tomada de decisão, deve ser analisado o quanto está sendo utilizado desse aparato na geração de políticas estratégicas para as diversas atividades fomentadoras da economia.

Assim, uma abordagem baseada na análise de eficiência pode ser uma alternativa promissora no processo de identificação de agentes eficientes e, consequentemente, na construção de políticas sólidas para o segmento produtivo leiteiro.

Na busca por resultados positivos para a atividade em questão, torna-se necessária a aplicação desses mecanismos de análise de dados no monitoramento do desempenho dos produtores, na identificação de redes eficientes de informação e difusão da tecnologia, na maior eficiência da produção e no melhor gerenciamento da atividade, promovendo maior desenvolvimento econômico para as regiões em que se localizam.

Este trabalho pretende verificar os agentes eficientes tecnicamente para direcionar as estratégias de difusão de novas tecnologias e informações. De posse dessas observações, pode-se propor um modelo de seleção eficiente de agentes, direcionando os programas de extensão rural e difusão de tecnologia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho é elaborar uma seleção de agentes eficientes para a difusão de tecnologia e informação para o segmento produtivo leiteiro.

1.3.2 Objetivos específicos

Especificamente pretende-se:

- a) Verificar se os produtores em diferentes estratos de produção diária operam na mesma fronteira de eficiência;
- b) Calcular medidas de eficiência técnica e de escala dos produtores;
- c) Tipificar os produtores segundo as eficiências pura e de escala, separados em grupos segundo a pura eficiência técnica e os retornos à escala;
- d) Caracterizar o desempenho técnico e econômico dos grupos de produtores e verificar se os mais eficientes são aqueles que apresentam melhores resultados;
- e) Identificar os *benchmarks* dos produtores ineficientes;
- f) Projetar os produtores ineficientes para a fronteira de produção;
- g) Identificar variáveis que discriminam o grupo de propriedades eficientes e ineficientes.

Além desta introdução, contendo as considerações iniciais e os objetivos do trabalho, este trabalho está estruturado em mais cinco partes: a parte 2 apresenta uma breve contextualização do setor de análise, a parte 3 nos fornece o arcabouço teórico para a análise, enquanto na parte 4 é estruturada a metodologia utilizada na busca dos resultados. Na parte 5 têm-se os resultados e discussão da pesquisa, sendo que na parte 6 encontram-se o resumo e as conclusões alcançadas.

2. O SEGMENTO PRODUTIVO LEITEIRO

A produção de leite mundial é distribuída por diversos países, sendo o Brasil o quinto maior produtor de leite do mundo em 2010, respondendo por 5,1% da produção mundial de leite. A Tabela 1 apresenta os países produtores com maior participação na produção de leite e suas respectivas produtividades.

Tabela 1 – Países com maior produção de leite em 2010

País	Participação na produção mundial (%)	Produtividade (em toneladas por vaca)
Estados Unidos	14,6	9,59
Índia	9,1	1,28
China	6,0	2,88
Rússia	5,3	3,78
<u>Brasil</u>	<u>5,1</u>	<u>1,34</u>
Alemanha	4,9	7,08
França	3,9	6,24
Nova Zelândia	2,8	3,63
Reino Unido	2,3	7,61
Turquia	2,1	2,85

Fonte: Maia et al. (2013), baseado nos dados extraídos da FAO.

A produção de leite de vaca no Brasil cresceu a uma taxa relativamente constante desde 1974, saindo de 7,1 bilhões de litros de leite produzidos naquele ano e alcançando 32,1 bilhões de litros de leite em 2011, um crescimento superior a 350% (IBGE, 2012). Esse crescimento observado da produção de leite pode ser explicado, tanto pela capacidade produtiva (vacas ordenhadas), quanto pelo crescimento da produtividade dos animais brasileiros.

Contudo, esse volume de produção foi obtido com uma produtividade ainda muito abaixo à produtividade dos demais países produtores, visto o grande contingente de vacas e a baixa produção de leite por vaca. Considerando os dez países com maior produção de leite, o Brasil supera apenas a Índia, onde a produção bovina não se dá, em sua maioria, de forma comercial. O efetivo de bovinos brasileiro foi de 211,279 milhões de cabeças no ano de 2012 (IBGE, 2012).

Cabe ressaltar, ainda, as especificidades da estrutura produtiva brasileira, baseada significativamente por estabelecimentos com pequena escala de produção.

Entretanto, as possibilidades de ampliação da produtividade deste segmento no país são possíveis.

Outro fator agravante da produção de leite brasileira é o exposto em Costa (2011) que apresenta indícios de qualidade inferior do produto brasileiro se comparado a outros países produtores, sendo que a parcela de leite brasileiro exportada tem como origem países com menores exigências qualitativas, como os países africanos e da América Latina.

A região brasileira com maior produção de leite é a Sudeste, contudo essa está perdendo participação ao longo dos anos. A região Nordeste permanece com sua participação estável (13% da produção nacional), enquanto as regiões Norte, Centro-Oeste e Sul ampliaram suas participações. A Figura 1 apresenta a participação das regiões na produção nacional. Cabe ressaltar também que a Região Sul apresenta a maior produtividade do país.

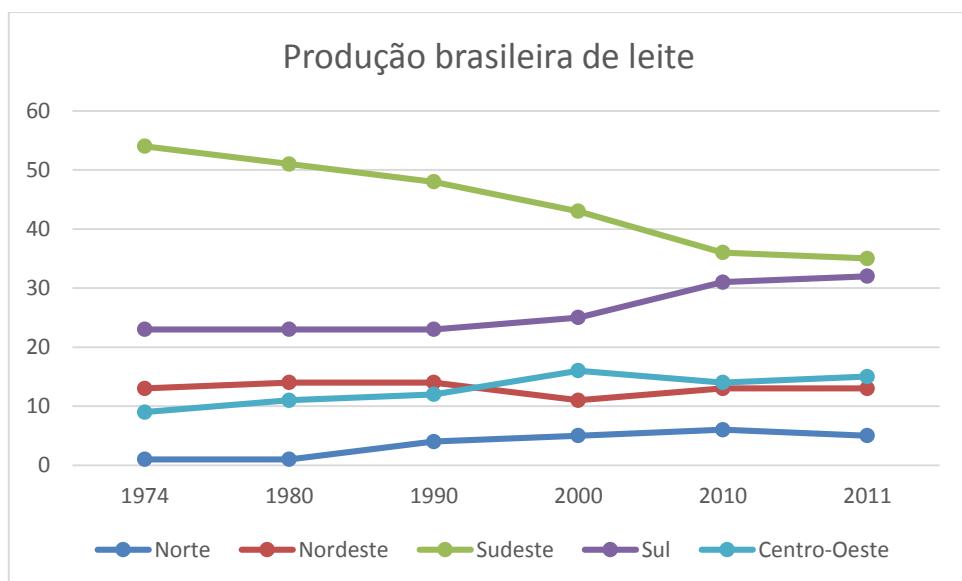


Figura 1 – Evolução da participação das regiões na produção brasileira de leite (1974-2011)

Fonte: Elaboração própria com base em IBGE (2012).

Segundo dados da Pesquisa de Produção Pecuária Municipal (IBGE, 2012), o principal estado brasileiro produtor de leite foi Minas Gerais com 27,6% de participação, produzindo mais de 8,5 bilhões de litros em 2011, tendo ainda o segundo maior efetivo de bovinos (11,3%). Já a produtividade de Minas Gerais foi de 1.555 litros/vaca/ano em 2011, maior do que a obtida em 2010, mas inferior a maior

produtividade de leite do Brasil (Rio Grande do Sul com 2.536 litros/vaca/ano). A Tabela 2 destaca a produção de leite, o número de vacas ordenhadas e a produtividade dos cinco maiores produtores de leite em 2011.

Tabela 2 – Produção de leite, número de vacas ordenhadas e produtividade dos cinco maiores estados produtores de leite em 2011

Estado	Produção (mil litros)	Vacas Ordenhadas	Produtividade (litro/vaca/ano)
Minas Gerais	8.756.114	5.631.067	1.555
Rio Grande do Sul	3.879.455	1.530.014	2.536
Paraná	3.819.187	1.588.638	2.404
Goiás	3.482.041	2.615.611	1.331
São Paulo	1.601.220	1.452.770	1.102

Fonte: Adaptado de IBGE (2012).

A produção em Minas Gerais encontra-se dispersa pelas doze mesorregiões do estado e em todas elas houve crescimento da produção no período de 2002 a 2011. A Tabela 3 apresenta a produção de leite em 2011, bem como fatores referentes a produtividade, das mesorregiões mineiras.

Tabela 3 – Produção de leite, número de vacas ordenhadas e produtividade nas mesorregiões mineiras em 2011

Mesorregião	Produção (mil litros)	Vacas Ordenhadas	Produtividade (litro/vaca/ano)
Triângulo/Alto Paranaíba	2.192.205	1.267.000	1.730
Sul/Sudoeste	1.419.197	852.118	1.665
Zona da Mata	790.411	496.899	1.591
Oeste	712.149	364.504	1.954
Central	709.861	338.420	2.098
Metropolitana	625.361	346.968	1.802
Vale do Rio Doce	640.707	557.659	1.149
Noroeste	518.389	261.276	1.984
Norte	465.087	466.026	998
Campo das Vertentes	352.376	169.627	2.077
Vale do Mucuri	177.414	253.881	699
Jequitinhonha	152.958	256.689	596

Fonte: Adaptado de IBGE (2012).

O Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba apresentou a maior produção, com aproximadamente 25% da produção estadual, e a mesorregião Sul/Sudoeste representa

16,21% da produção mineira. As menores produções concentram-se nos vales do Jequitinhonha e Mucuri, que também apresentam as menores produtividades médias. As produtividades das mesorregiões diferem-se significativamente, destacando como maiores produtividades as regiões Central e Campo das Vertentes.

Retornando a análise do segmento produtivo nacional, outro aspecto relevante a ser caracterizado é a evolução dos estabelecimentos agropecuários produtores de leite. Esses estabelecimentos são heterogêneos, com cerca de 45% produzindo abaixo de dez litros de leite diários, 35% produzindo de dez a cinquenta litros de leite por dia e cerca de 3% dos estabelecimentos com produção diária acima dos duzentos litros (ZOCCAL, 2012). Além disso, as diferenças também podem ser percebidas quanto ao processo de difusão de equipamentos e técnicas nos estabelecimentos produtores de leite, através das técnicas de ordenha mecânica, inseminação artificial, transferência de embriões e processos de resfriamento (MAIA et al., 2013).

Com base nos censos agropecuários de 1996 e 2006, o número de estabelecimento reduziu consideravelmente, onde de aproximadamente 1,8 milhão de estabelecimentos em 1996, 450 mil não produziram leite em 2006. Um dado interessante é que a Região Sul, na qual apresenta o maior crescimento da produção e a maior produtividade, foi a região brasileira onde verificou-se a maior queda nesse número de estabelecimentos produtores de leite, com uma redução aproximada de 32% nesse intervalo (GOMES, 2009).

Essas relações entre crescimento da produção, relativo crescimento da produtividade e redução do número de estabelecimentos sugerem que os estabelecimentos que abandonaram a produção, são, majoritariamente, produtores de pequeno porte (MAIA et al., 2013).

Em projeções que abrangem o período de 2012/13 a 2022/23 para produção, consumo, exportação, importação e área plantada, realizadas através de modelos econôméticos específicos, o leite foi considerado como um dos produtos que apresenta elevadas possibilidades de crescimento. A produção deverá crescer a uma taxa anual de 1,9%, correspondente à uma produção de 41,3 bilhões de litros de leite cru no final do período das projeções, 20,7% maior do que a produção de 2013 (MAPA, 2013).

Entretanto, ainda segundo o mesmo estudo, as taxas de crescimento projetadas para a produção são baixas, devido a produção de leite no Brasil ter crescido mais de 4,0% ao ano nos últimos 4 anos.

Já o consumo deve crescer a uma taxa anual de 1,9%, acompanhando, portanto a produção do país, mas colocando o consumo num nível pouco acima da produção nacional, o que exigirá certo volume de importações, previsto próximo de 1,0 bilhão de litros em 2023, a menos que políticas públicas específicas para o setor sejam implantadas (MAPA, 2013).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Inicialmente o referencial teórico procura abordar, brevemente, os conceitos referentes à difusão tecnológica, principalmente no setor agrícola, e ao processo de desenvolvimento rural e importância da extensão rural. Em seguida apresentam-se as questões referentes aos conceitos básicos de eficiência na utilização dos insumos para geração do produto.

3.1 Inovação e difusão tecnológica

As abordagens sobre inovação tecnológica são partes importantes das discussões ligadas principalmente à evolução das firmas e a organização da indústria, expandindo-se também para a discussão do desenvolvimento e organização de outras atividades econômicas. Contudo Rogers (1976) aponta que os estudos referentes à dinâmica da difusão tecnológica tenham sido iniciados a partir da observação de eventos ligados ao agronegócio. O artigo considerado seminal é de Ryan e Gross (1943) sobre difusão de sementes de milho híbrido entre produtores em Iowa nos Estados Unidos, sendo um paradigma revolucionário dentro da pesquisa sobre difusão tecnológica. As sementes híbridas eram mais resistentes e de mais fácil colheita mecânica e, dessa forma, tinham certa vantagem sobre sementes normais, levando ao maior rendimento do produto. Contudo, as sementes híbridas não se reproduziam e os agricultores teriam de comprar as novas sementes híbridas a cada safra. Uma das principais conclusões foi que os primeiros a adotar as novas sementes tendiam a ser os agricultores com maiores fazendas e os agricultores mais educados, já que fazendas maiores são mais capazes de assumir riscos e os mais educados podem contribuir para uma melhor compreensão do retorno potencial.

Ryan e Gross (1943) deram uma significativa contribuição à literatura ao caracterizar os tipos de tomadores de decisão. Eles distinguiram cinco categorias entre os adotantes da inovação: (i) os inovadores; (ii) os primeiros adotantes; (iii) a maioria inicial; (iv) a maioria tardia; e (v) os retardatários. Os autores identificaram que as diferenças entre cada uma das categorias davam-se em função de onde o adotante ouviu sobre a semente híbrida, ou seja, a adoção da nova tecnologia dependia de onde a informação procedia.

Em estudos de Rogers (1976), Dosi (1982), Nelson e Winter (1982) e Cassiolato (1994) também observa-se que o processo de difusão tecnológica não se limita à

indústria, mas pode ser percebido em várias áreas, incluindo a agricultura. Possas, Salles-Filho e Silveira (1996) argumentam que o conceito de trajetórias tecnológicas pode ser ampliado para o entendimento dos setores agrícolas, desde que este seja considerado de forma mais ampla do que o de ser simplesmente um fornecedor dominado de insumos.

De acordo com as ideias de Schumpeter (1961) é a inovação tecnológica que aciona o mecanismo que provoca mudanças no comportamento dos agentes econômicos, realoca recursos, destrói métodos de produção tradicionais e muda, qualitativamente, a estrutura econômica. Nesse sentido, a inovação pode provocar mudanças paradigmáticas.

As muitas áreas que utilizam a teoria da difusão convergem suas conclusões em dois pontos: a importância dos líderes de opinião e a distribuição da adoção da inovação seguindo a forma de S , em que a adoção se dá lentamente, atinge um determinado número de indivíduos e então ocorre uma rápida ascensão da taxa de adoção, voltando a crescer lentamente após o ápice da difusão (ROGERS, 2003).

Com base nessa última conclusão geral, a distribuição da adoção das inovações na forma de S , o padrão cumulativo de difusão segue um modelo de crescimento dado aproximadamente por uma função logística de um parâmetro:

$$y_t = \frac{K}{1 + e^{-(\alpha + \beta t)}} \quad (01)$$

na qual y é a proporção de adotantes no tempo t , K é o valor máximo de adoção ($K \leq 1$), α é uma medida da difusão inicial, β mensura a velocidade da difusão e t é o tempo. Este modelo é usado para comparar diferentes taxas de crescimento de várias inovações, contudo é considerado um modelo limitado e pouco aplicável, diante de um problema fundamental, a inicialização da difusão (VALENTE, 2005).

De forma a sanar o problema da inicialização da difusão, Bass (1969) elabora um modelo de dois parâmetros, sendo um de inovação e outro de imitação, assumindo que os potenciais adotantes tomam conhecimento da inovação através de informações externas. Diante disso, o denominado “Modelo de Bass” incorpora a porcentagem de

adotantes em cada ponto do tempo e, portanto, faz uma melhor estimativa do crescimento atribuível à persuasão da rede pessoal².

As influências externas, agora incorporadas no processo de difusão, fazem com que uma fração constante de população adotante potencial adote a inovação a cada período de tempo. A adoção via “boca-a-boca” (imitação) é formulada exatamente como no modelo de difusão da inovação logística, onde os agentes que adotaram a tecnologia recentemente entram em contato com os agentes que ainda não adotaram, expondo estes à inovação, fazendo com que a população de adotantes aumente (ROGERS, 2003).

O conceito de difusão de tecnologia tem-se modificado, principalmente com os trabalhos desenvolvidos pela pesquisa agropecuária e pela assistência técnica e extensão rural. Desta forma cria-se um processo comunicativo amplo, envolvendo, conjuntamente, pesquisadores, extensionista, produtores, dentre outros agentes sociais, órgãos de política e de desenvolvimento agropecuário.

3.2 Desenvolvimento e extensão rural

De acordo com Veiga (2000), não existe o “desenvolvimento rural” como fenômeno concreto e separado do desenvolvimento urbano. O desenvolvimento é um processo complexo, por isso, muitas vezes, recorre-se à solução da simplificação, estudando separadamente o “desenvolvimento econômico”, como, por exemplo, o “lado rural do desenvolvimento”.

Dentro do marco teórico do desenvolvimento rural podem-se destacar quatro orientações importantes para tal análise: a teoria das Etapas de Crescimento de Rostow, a teoria do Dualismo Econômico de Lewis, a teoria da Agricultura de Altos Insumos de Schultz e a teoria da Mudança Tecnológica Induzida de Ruttan e Hayami.

A teoria de Rostow (1959) define que as nações superariam diferentes etapas, passando de uma sociedade tradicional para uma sociedade de alto consumo em massa. Tais etapas apresentariam diferentes níveis de produtividade e tecnologia, tanto na produção industrial quanto agrícola, além de apresentar diferenças quanto à distribuição de renda, consumo, poupança e investimento entre os diversos setores da economia.

² Para informações adicionais sobre as estimativas do Modelo de Bass, correção de vieses e análise estrutural no modelo de difusão, ver Bass (1969; 1980).

Para Lewis (1969), a divisão da economia podia ser realizada em estático e dinâmico e para se obter o crescimento econômico seriam necessárias mudanças estruturais em toda a economia. A agricultura, considerada estática, deveria fornecer a força de trabalho para o setor industrial moderno, considerado dinâmico e onde o produto marginal é elevado e crescente.

Já para Schultz (1965), os agricultores tradicionais eram racionais e eficientes na obtenção dos recursos e os problemas do desenvolvimento rural poderiam ser atribuídos à falta de oportunidades técnicas e às dificuldades econômicas por eles enfrentadas. A agricultura deveria sair do tradicional para se transformar em uma agricultura moderna.

Na Teoria da Mudança Tecnológica Induzida, defendida por Ruttan e Hayami (1984), o progresso técnico seria o propulsor de novas tecnologias na substituição de fatores escassos por fatores abundantes. Além disso, as instituições públicas e privadas deveriam orientar suas atividades na identificação, geração e difusão de novas tecnologias, pois o desenvolvimento rural poderia ser atingido diante de uma revolução tecnológica institucional induzida.

Esta questão desenvolvimentista provocou o debate a respeito do desenvolvimento rural integrado e sistêmico, englobando a ideia da sustentabilidade e crescimento das atividades relacionadas (CAPORAL, 1998). Dessa forma, o termo extensão rural apresenta-se como fator crucial no atendimento às demandas então propostas.

Desde a implantação do modelo cooperativo de extensão americano foram muitas as iniciativas de conceituação de extensão rural. Os conceitos evoluíram com o tempo, juntamente com as mudanças conjunturais e particularidades da dinâmica e estrutura socioeconômica e cultural de cada país. Na literatura internacional sobre o tema não adota-se uma separação entre os termos assistência técnica e extensão rural. Em inglês o termo mais usado é *agricultural extension*, mas também são empregados os termos *rural extension* ou *agricultural advisory services* (PEIXOTO, 2008).

O modelo clássico de extensão, oficializado pelo governo norte americano, funcionava como elo entre as estações de pesquisa experimentais, comumente universitárias, e as populações rurais. A extensão rural proporciona novos conhecimentos aos agricultores que os aplicam e retorna às estações experimentais os problemas levantados na produção. Os serviços de extensão rural, neste modelo, trabalhavam sobre a ótica da corrente teórica neoclássica, na qual o progresso técnico

era visto como o único caminho para promover o desenvolvimento e o processo de modernização em si, levando a um fator de mudanças sociais (LIMA, 2001).

O modelo difusionista-inovador, segundo Fonseca (1985), foi uma adequação do modelo clássico ao mundo subdesenvolvido, combinando as teorias sobre sistemas e estruturas sociais e a capacidade individual de inovar. O conceito de capacidade de inovar é o processo mental por onde passa o indivíduo desde a primeira notícia da inovação até decidir adotá-la ou rejeitá-la (ROGERS e SHOEMAKER, 1971).

O difusionismo trouxe a preocupação em se conseguir, em menor prazo possível, que os agentes modificassem seus comportamentos pela adoção de práticas consideradas cientificamente válidas para a solução de seus problemas e, assim, atingir o desenvolvimento socioeconômico (FONSECA, 1985). Esperava-se do agricultor, neste modelo, um receptor de condutas desejáveis, a partir de ações propostas pelo extensionista e implementadas por meio de técnicas de estímulo, indução, persuasão e condicionamento do receptor, de forma a atingir os objetivos concebidos pelo agente de difusão (RUAS, 2006).

Para Peixoto (2008), o termo extensão rural pode ser conceituado de três formas diferentes: como *processo*, como *instituição* e como *política*. Como *processo*, extensão rural significa, em um sentido literal, o ato de estender, levar ou transmitir conhecimentos de sua fonte geradora ao receptor final, o público rural. Entretanto, como *processo*, em um sentido amplo e atualmente mais aceito, extensão rural pode ser entendida como um processo educativo de comunicação de conhecimentos de qualquer natureza, sendo conhecimentos técnicos ou não. No segundo sentido, a expressão extensão rural é entendida como a *instituição*, entidade ou organização pública prestadora de serviços. O termo extensão rural também pode ser entendido como uma *política pública*, referindo-se, neste caso, às políticas de extensão rural, traçadas pelos governos ao longo do tempo, através de dispositivos legais ou programáticos, mas que podem ser executadas por organizações públicas e/ou privadas.

Grande parte dos estudos que versam sobre o tema extensão rural concentram-se esforços na compreensão da trajetória histórica das instituições, na análise da ação extensionista e a fim de propor perfis desejáveis e modelos de ação. Contudo, atualmente, os estudos acerca do processo de extensão rural convergem aos estudos relacionados à transferência de informação e tecnologia, destacando-se os estudos sobre os denominados líderes de opinião, ou seja, membros de um sistema que recebem o

maior número de escolhas positivas (isto é, que estão envolvidos no maior número de contatos e ligações).

Rogers (2003) apresenta que além da transferência de informação, os líderes de opinião devem buscar sempre a expansão de sua influência, fornecendo um quadro favorável ao fluxo de comunicação. Tal líder apresenta características fundamentais como ter facilidade de comunicação externa, ser acessível (participação social), possuir influência socioeconômica, ser inovador, possuir opinião de liderança, contudo, sem desrespeitar as normas do sistema no qual está inserido.

Dessa forma, identificar os líderes de opinião e quão eficientes os mesmos apresentam-se na atividade por eles exercida é fundamental na execução de políticas de extensão rural, sejam elas de cunho público ou privado.

3.3 Função de produção, produtividade e eficiência

Este estudo baseia-se nos princípios da teoria da produção, especificamente no conceito de função de produção, que indica a relação técnica entre a produção máxima obtida em determinada unidade de tempo e os fatores utilizados no processo de produção, caracterizando a produção como um processo de transformação de recursos (*inputs*) usados no processo em saídas (*outputs*) correspondentes às quantidades de bens e/ou serviços produzidos.

Segundo Ferguson (2008) na análise microeconômica, de forma genérica, uma função de produção pode ser representada, algebricamente, por:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (02)$$

em que Y é a variável dependente e indica a quantidade produzida por unidade de tempo, e x_i são variáveis independentes, que representam os fatores utilizados na produção.

No caso mais simples, trabalhando com dois insumos, pode-se ter uma isoquanta, uma curva que representa combinações possíveis de insumos que geram o mesmo volume de produção. Pindyck e Rubinfeld (2005) adotaram a premissa de que existem apenas dois insumos: o trabalho (L) e o capital (K), definindo uma função de

produção onde quanto de um determinado produto Q pode-se obter a partir de uma dada quantidade desses fatores.

$$Q = F(K, L) \quad (03)$$

Um modo alternativo de descrever a função de produção é através do denominado mapa de isoquantes, um conjunto de isoquantes onde cada uma delas possui o volume máximo de produção que pode ser obtido para quaisquer conjuntos específicos de insumos. Cada nível diferente de produção é representado por uma isoquanta e o nível de produção aumenta à medida que se move para cima e para direita na Figura 2 (PINDYCK e RUBINFELD, 2005).

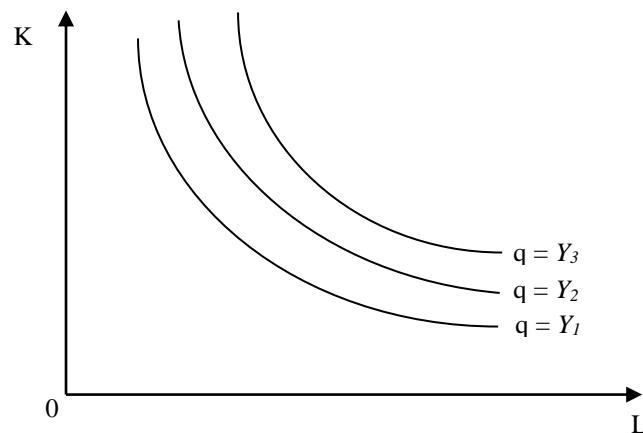


Figura 2 - Mapa de isoquantes
Fonte: Pindyck e Rubinfeld (2005).

Pindyck e Rubinfeld (2005) ressaltam também a importância do grau de substitutibilidade existente entre os fatores para determinar a forma ou o perfil de uma isoquanta. Quando o grau de substitutibilidade entre os fatores de produção é perfeito, a isoquanta é representada por uma linha reta e em caso não perfeito, a isoquanta é representada por uma linha curvilínea, normalmente convexa em relação à origem dos eixos cartesianos. Quando não há substitutibilidade entre os insumos, a isoquanta é representada por linhas em ângulo reto.

Segundo Ferguson (2008), um outro aspecto geralmente analisado no estudo de produção é a natureza dos retornos à escala. E é de acordo com a variação dos insumos que se tem os diferentes tipos de rendimentos de escala: constantes, crescentes ou

decrescentes. A função apresenta retornos constantes à escala se, ao aumentar os fatores de produção, a produção aumentar na mesma proporção. Haverá retornos crescentes quando o aumento na produção for maior do que o proporcional ao aumento nos fatores; caso contrário, haverá retornos decrescentes.

Outro conceito relacionado à função de produção é a fronteira de produção. Essa é conceituada como os limites da produtividade máxima que uma unidade de produção pode alcançar, transformando insumos em produtos (VARIAN, 2006).

Produtividade, segundo Ferreira e Gomes (2009), é a taxa de produto agregado sobre insumo agregado. A produtividade mede a eficiência com que uma unidade de produção converte insumos em produtos, ou seja, é a avaliação do rendimento dos recursos utilizados na produção. Esse indicador muitas vezes é utilizado para analisar o desempenho de firmas, constatando quais unidades produtoras estão tendo melhores resultados em relação às quantidades de insumos utilizadas (FERREIRA e GOMES, 2009).

É através das comparações e diferenças de produtividade que são estabelecidas as causas de ineficiências de determinadas firmas, sendo estas diferenças relacionadas às mudanças de eficiência produtiva, às mudanças tecnológicas e às diferenças no ambiente econômico (ALVES, 2009).

Dentro desse contexto, a busca pela eficiência produtiva, de forma a utilizar o insumo da melhor maneira possível, apresenta-se o conceito de eficiência relativa. Segundo Ferreira e Gomes (2009), uma medida de eficiência relativa pode ser determinada através da comparação do produto observado de um dado conjunto de insumos ao produto ótimo com os mesmos níveis de insumos. Na teoria da produção paramétrica, este produto ótimo é calculado pela função de produção teórica, onde requer explicitar a formulação da relação funcional, muitas vezes complexas, entre insumos e produtos.

Seguindo o enfoque de eficiência, Farrell (1957), precursor desse formato de análise, divide o conceito de medidas de eficiência através de dois componentes: eficiência técnica e eficiência alocativa. A primeira reflete a capacidade de obter o máximo de produção para uma quantidade de insumos fornecida, ou seja, uma unidade produtora é tecnicamente eficiente se, dada certa quantidade de insumos, ela somente consegue aumentar a produção de um produto quando diminui a produção de outro, isto é, quando não há desperdícios de insumos. Já a eficiência alocativa é a capacidade em

usar os insumos em proporções ótimas, considerada a diferença de preços. Um processo produtivo é alocativamente eficiente se não existir outro processo alternativo, ou a combinação de processos, que produza a mesma quantidade, a menor custo ou maior lucro. Diante disso, verifica-se que enquanto a eficiência técnica está preocupada com o aspecto físico da produção, a eficiência alocativa é uma extensão da eficiência técnica, que se preocupa com o aspecto monetário da produção.

Em relação à eficiência técnica, esse conceito compara o que foi produzido por unidade de insumo utilizado com o que poderia ser produzido. Esta definição é utilizada de forma comparativa entre dois ou mais setores de atividades produtivas relacionando a produção de um bem ou serviço com a menor utilização possível de recursos, de forma que possibilite eliminar os desperdícios desses setores, chamados aqui de folgas (FERREIRA e GOMES, 2009).

De forma a caracterizar os conceitos de função de produção, eficiência e produtividade, a Figura 3 mostra uma função de produção representada por uma equação matemática que utiliza um insumo para produzir um determinado produto.

$$Q_y = f_y(X_i) \quad (04)$$

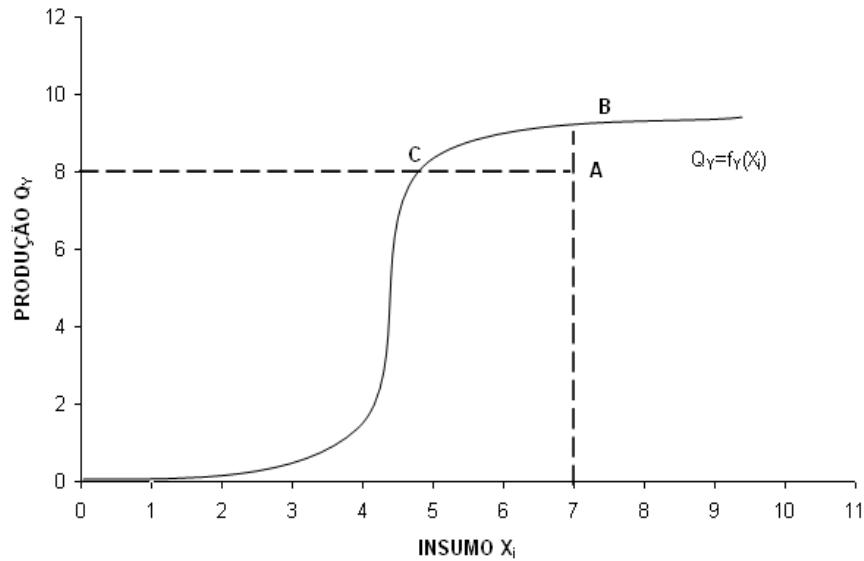


Figura 3 - Função de produção, produtividade e eficiência
Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

Observa-se que os pontos *C* e *B* na função de produção apresentam eficiência técnica, dado que apresentam as produções máximas de Q_y , com as utilizações

adequadas de X_i . Porém, o ponto C tem maior produtividade do que o ponto B , pois para produzir Q_B no ponto B é necessário aumentar a quantidade do insumo X_i , representada por \overline{CA} . Como o aumento da produção \overline{AB} é menor que o aumento dos insumos \overline{CA} , verifica-se uma produtividade marginal $\overline{AB}/\overline{CA} < 1$.

Dessa forma, a produtividade média em C é maior do que no ponto A . De forma relativa, constata-se que A é uma produção ineficiente, já que com a mesma quantidade de insumo X_i é possível produzir maior quantidade do produto Q_y .

De posse dos mesmos conceitos, a Figura 4 apresenta graficamente a função de produção e as variações de produtividade.

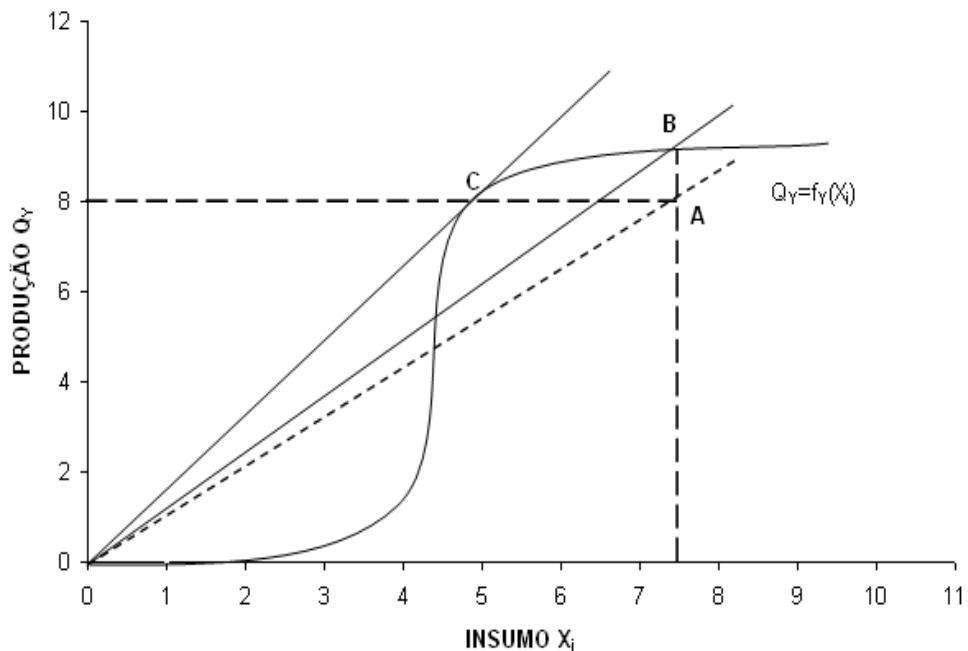


Figura 4 - Função de produção, variações da produtividade e da eficiência
Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

Analizando a produção no ponto C , para obter a produtividade média desse ponto, tangencia-se o segmento \overline{OC} na função de produção passando no ponto C . Esta inclinação de \overline{OC} é a produtividade média, equivalente à relação Q_y/X_i . Verifica-se que essa produtividade é crescente até o ponto C e tanto a produtividade média quanto a marginal decrescem rapidamente a partir desse ponto. A produção no ponto A acontece de forma ineficiente e sua produtividade média é menor que nos pontos C e B , existindo, assim, duas formas de se buscar a eficiência:

i) Deslocando o ponto A para o ponto C , de forma a reduzir a quantidade do insumo utilizado de X_A para X_C . Esta estratégia é denominada de orientação para insumo e a produção permanece no mesmo patamar anterior.

ii) Deslocando o ponto A para o ponto B , de maneira que aumente a quantidade produzida de Q_A para Q_B . Esta estratégia é denominada de orientação para produto e é mantida a mesma utilização anterior do insumo, X_A .

Assim na orientação para insumo, a eficiência técnica mede a fração da quantidade de insumos que pode ser reduzida proporcionalmente, sem reduzir a quantidade de produtos, e orientação para produtos, a eficiência técnica mede a fração da quantidade de produtos que pode ser aumentada proporcionalmente sem aumentar a quantidade de insumos (FERREIRA e GOMES, 2009).

A Figura 5 busca apresentar as medidas de eficiência técnica com base nas isoquantes, diferenciando a orientação insumo e a orientação produto. Os eixos coordenados são representados por razões entre os insumos e o produto.

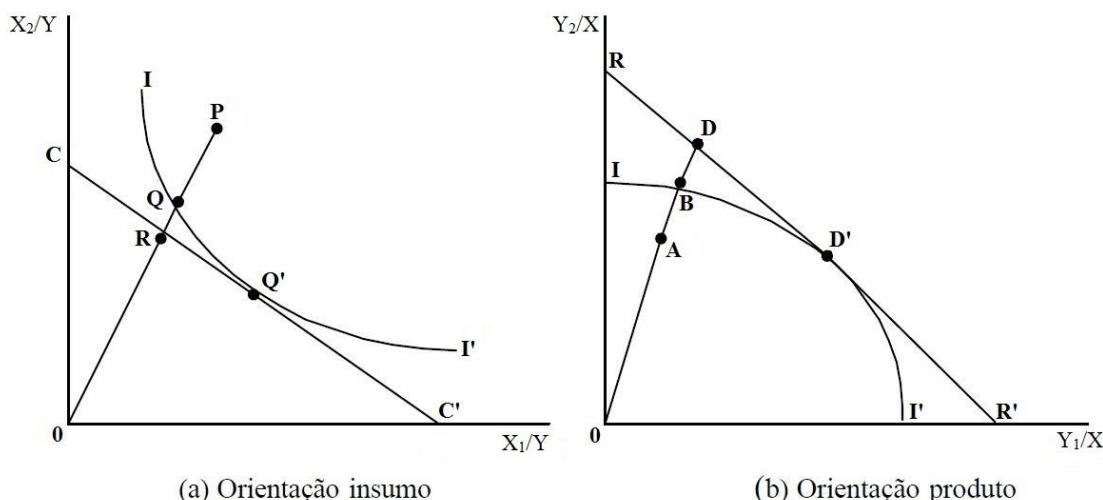


Figura 5 – Isoquantes e eficiência técnica
Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

Na Figura 5a, a distância \overline{QP} representa a ineficiência técnica da DMU_P, visto que o ponto P não está sobre a isoquanta. A produção no ponto Q é tecnicamente eficiente, porém ineficiente do ponto de vista da alocação de recursos. Somente o ponto Q' mantém as eficiências técnica e alocativa. De forma similar, na Figura 5b, a distância \overline{AB} representa a ineficiência técnica da DMU A, uma vez que o ponto A não está sobre a

isoquanta. O ponto D representa a produção eficiente alocativamente, enquanto o ponto D' apresenta a eficiência alocativa e técnica.

Dessa forma, segundo Baptista (2002), o nível de eficiência técnica de uma unidade de produção é caracterizado pela relação entre produção observada e produção potencial. A medida da eficiência das unidades baseia-se nos desvios da produção observada em relação à fronteira de produção. Quanto mais próximo da fronteira, melhor será a eficiência relativa das unidades; se estiver sobre a fronteira, será eficiente, caso contrário, ineficiente.

4. METODOLOGIA

Os procedimentos empíricos deste estudo seguem os objetivos específicos apresentados. A análise envoltória de dados será o método para o cálculo das medidas de eficiência e a definição dos *benchmarks*, sendo refinada pelo método de detecção de *outliers* e testes não paramétricos de fronteira de eficiência. Na identificação de quais são as variáveis/indicadores que efetivamente discriminam os grupos de propriedades em relação à condição de eficiência utilizar-se-á a técnica multivariada de análise discriminante.

4.1 Medidas de eficiência e *benchmarks*: análise envoltória de dados

A técnica da análise envoltória de dados (DEA³) é uma abordagem não paramétrica, envolvendo programação matemática em sua estimação, desenvolvida pelos autores Charnes, Cooper e Rhodes (1978) para a análise de eficiência relativa de firmas com múltiplos insumos e múltiplos produtos.

Os modelos DEA são baseados em uma amostra de dados observados para diferentes unidades produtoras, também conhecidas como DMUs (*decision making unit*), uma vez que desses modelos provém uma medida para avaliar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão. Por unidade produtora entende-se qualquer sistema que transforme insumos em produtos, que no presente trabalho representa os produtores de leite.

A base para as estimativas de modelos DEA é relativa a problemas de programação linear. O objetivo é construir um conjunto de referência convexo a partir dos próprios dados das DMUs, e então classificá-las em eficientes ou ineficientes, tendo como referencial essa superfície formada, diferentemente dos métodos econométricos que analisam uma unidade produtora em relação a uma unidade produtora média. Assim, a análise envoltória de dados visa encontrar a melhor unidade produtora, ou seja, aquela que combina os recursos de maneira mais eficiente, de modo que atinja o nível ótimo de produção. Esta análise pressupõe que, se uma propriedade produtora de leite

³ Data Envelopment Analysis.

eficiente A puder produzir α unidades do produto, outras propriedades também poderão, caso passem a operar eficientemente.

Considerando que existam k insumos e m produtos para cada n DMUs. São construídas duas matrizes: a matriz X de insumos, de dimensões $(k \times n)$ e a matriz Y de produtos, de dimensões $(m \times n)$, representando os dados de todas as n DMUs. Na matriz X , cada linha representa um insumo e cada coluna representa uma DMU. Já na matriz Y , cada linha representa um produto e cada coluna uma DMU:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \cdots & x_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{k1} & x_{k2} & x_{k3} & \cdots & x_{kn} \end{bmatrix}_{k \times n} \quad (05)$$

e

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & \cdots & y_{2n} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} & \cdots & y_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & y_{m3} & \cdots & y_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (06)$$

Para a matriz X , é necessário que os coeficientes sejam não negativos e que cada linha e cada coluna contenham, pelo menos, um coeficiente positivo, isto é, cada DMU consome ao menos um insumo e cada DMU, pelo menos, consome o insumo que está em cada linha, ou seja:

$$\sum_{i=1}^k x_{ij} > 0, \sum_{j=1}^n x_{ij} > 0, x_{ij} \geq 0 \quad \forall ij \quad (07)$$

O mesmo raciocínio aplica-se para a matriz Y :

$$\sum_{i=1}^m y_{ij} > 0, \sum_{j=1}^n y_{ij} > 0, y_{ij} \geq 0 \quad \forall ij \quad (08)$$

Assim, para a i -ésima DMU, são representados os vetores x_i e y_i , respectivamente para insumos e produtos. Para cada DMU, pode-se obter uma medida de eficiência, que é a razão entre todos os produtos e todos os insumos. Para a i -ésima DMU tem-se:

$$\text{Eficiência da DMU } i = \frac{u^T y_i}{v^T x_i} = \frac{u_1 y_{1i} + u_2 y_{2i} + \dots + u_m y_{mi}}{v_1 x_{1i} + v_2 x_{2i} + \dots + v_k x_{ki}} \quad (09)$$

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

A pressuposição inicial é que esta medida de eficiência requer um conjunto comum de pesos que será aplicado em todas as DMUs. Entretanto, existe certa dificuldade em obter um conjunto comum de pesos para determinar a eficiência relativa de cada DMU. Isto ocorre, pois as DMUs podem estabelecer valores para os insumos e produtos de modos diferentes, e então adotarem diferentes pesos. É necessário, então, estabelecer um problema que permita que cada DMU possa adotar o conjunto de pesos que for mais favorável, em termos comparativos com as outras unidades. Para selecionar os pesos ótimos para cada DMU, especifica-se um problema de programação matemática. Para a i -ésima DMU, tem-se:

$$\begin{aligned} & \text{MAX}_{u,v} \quad (u^T y_i / v^T x_i), \\ & \text{sujeito a:} \\ & \quad u^T y_j / v^T x_j \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \\ & \quad u, v \geq 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Essa formulação envolve a obtenção de valores para u e v , de tal forma que a medida de eficiência para a i -ésima DMU seja maximizada, sujeita à restrição de que as medidas de eficiência de todas as DMUs sejam menores ou iguais a um.

Linearizando e aplicando-se a dualidade em programação linear, pode-se derivar uma forma envoltória do problema anterior. Com isso, a eficiência da i -ésima DMU, considerando-se a pressuposição de retornos constantes à escala, é dada por:

$$\begin{aligned} & \text{MIN}_{\theta, \lambda} \quad \theta, \\ & \text{sujeito a:} \\ & \quad -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \quad \lambda \geq 0, \end{aligned} \quad (11)$$

em que θ é um escalar, cujo valor será a medida de eficiência da i -ésima DMU. Caso o valor de θ seja igual a um, a DMU será eficiente; caso contrário será ineficiente. O parâmetro λ é um vetor ($n \times 1$), cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para uma DMU ineficiente, os valores de λ serão os pesos utilizados na combinação linear de outras DMUs eficientes, que influenciam a projeção da DMU ineficiente sobre a fronteira calculada. Isto significa que, para uma unidade ineficiente, existe pelo menos uma unidade eficiente, cujos pesos calculados fornecerão a DMU virtual da unidade ineficiente, mediante combinação linear.

A hipótese de retornos constantes à escala é bastante apropriada quando todas as DMUs estão operando em escala ótima. O modelo de retornos variáveis foi proposto por Banker, Charnes e Cooper em 1984 a partir daquele com retornos constantes à escala (CCR), sendo uma nova metodologia de fronteira de eficiência que admite retornos variáveis de escala, ou seja, substitui o axioma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* pela máxima da convexidade. Esse novo modelo, em homenagem aos seus idealizadores, é conhecido como modelo BCC. Estabelecendo a convexidade da fronteira, ele permite que DMUs que operam com baixos valores de *inputs* tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala.

Dessa forma, o problema de programação linear com retornos constantes pode ser modificado para atender à pressuposição de retornos variáveis, adicionando-se a restrição de convexidade, em que N_1 é um vetor ($n \times 1$) de algarismos unitários:

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN}_{\theta, \lambda} \quad \theta, \\
 & \text{sujeito a:} \\
 & \quad -y_i + Y\lambda \geq 0, \\
 & \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
 & \quad \lambda \geq 0, \\
 & \quad N_1' \lambda = 1.
 \end{aligned} \tag{12}$$

Essa abordagem forma uma superfície convexa de planos em interseção, a qual envolve os dados de forma mais compacta do que a superfície formada pelo modelo com retornos constantes. Isto quer dizer que o ponto projetado para cada DMU ineficiente será uma combinação convexa das propriedades eficientes observadas. As medidas de eficiência com retornos constantes são compostas pelas medidas de

eficiência com retornos variáveis (a pura eficiência), bem como pela eficiência de escala, fazendo com que os valores obtidos para eficiência técnica, com a pressuposição de retornos variáveis, sejam maiores ou iguais aos obtidos com retornos constantes.

A eficiência de escala é obtida pela razão entre a eficiência com retornos constantes e a eficiência com retornos variáveis. Quando a medida for igual a um, a DMU estará operando com retornos constantes, entretanto, se os valores forem inferiores à unidade, não se sabe se a DMU estará realizando sua produção com retornos crescentes ou decrescentes. Para resolver tal limitação, admite-se a pressuposição de retornos não-crescentes, alterando a pressuposição de retornos variáveis no modelo DEA, substituindo-se a restrição $N_1'\lambda = 1$ em (16) por $N_1'\lambda \leq 1$.

Dessa forma, caso a medida de eficiência com retornos variáveis seja igual à medida de eficiência com retornos não-crescentes, a DMU estará operando com retornos decrescentes; caso contrário, estará operando com retornos crescentes. A hipótese de retornos não-decrescentes também pode ser admitida, bastando substituir a restrição $N_1'\lambda \leq 1$ por $N_1'\lambda \geq 1$.

A Figura 6 ilustra uma situação que envolve um insumo e um produto. Podem-se traçar as fronteiras eficientes calculadas pelo DEA, isto é, a fronteira obtida com retornos constantes (RC) e a obtida com retornos variáveis (RV), sendo essa última descrita pela linha pontilhada.

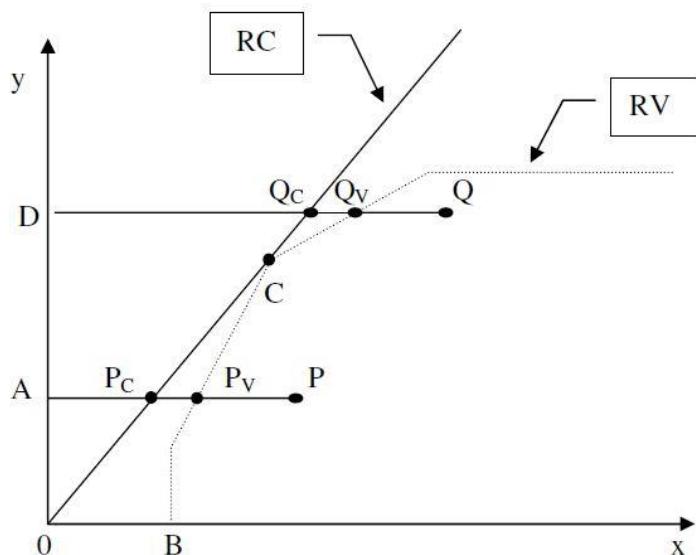


Figura 6 – Eficiência técnica e eficiência de escala
Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

Considerando o ponto P na Figura 6, sob a pressuposição de retornos constantes, a ineficiência técnica da firma P é dada pela distância PP_c, enquanto a ineficiência técnica é dada pela distância PP_v, sob a pressuposição de retornos variáveis. A diferença entre essas duas, P_cP_v, fornece a ineficiência de escala.

O modelo até então apresentado busca identificar a ineficiência técnica das propriedades mediante redução proporcional na utilização dos insumos, ou seja, são modelos com orientação a insumo. Entretanto, pode-se também obter medidas de eficiência técnica, baseadas no aumento do produto, no caso, a renda bruta da atividade leiteira, também conhecido como orientação produto.

A equação (13) descreve um problema de orientação produto:

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN}_{u,v} \quad (\nu x_i / \mu^* y_i), \\
 & \text{sujeito a:} \\
 & \quad \nu x_j / \mu y_j \geq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \\
 & \quad u, v \geq 0.
 \end{aligned} \tag{13}$$

Essa formulação envolve a obtenção de valores para μ e ν , de tal forma que o inverso da medida de eficiência para a i -ésima DMU seja minimizado, sujeita à restrição de que o inverso das medidas de eficiência de todas as DMUs sejam maiores ou iguais a um. Tais parâmetros são tratados como incógnitas.

Linearizando e aplicando-se a dualidade em programação linear, pode-se derivar uma forma alternativa do problema anterior. Com isso, a eficiência da i -ésima DMU, considerando-se a pressuposição de retornos variáveis à escala, é dada por:

$$\begin{aligned}
 & \text{MAX}_{\varphi, \lambda} \quad \varphi, \\
 & \text{sujeito a:} \\
 & \quad -\varphi y_i + Y\lambda \geq 0, \\
 & \quad x_i - X\lambda \geq 0, \\
 & \quad \lambda \geq 0, \\
 & \quad N_1' \lambda = 1,
 \end{aligned} \tag{14}$$

em que $1 \leq \varphi < \infty$ corresponde ao aumento proporcional no produto considerado, mantendo-se constante a utilização dos insumos em questão. O parâmetro λ é um vetor ($n \times 1$), cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para uma DMU eficiente, o valor de λ_k será igual a um, e todos os demais valores de λ serão zero,

enquanto que para uma DMU ineficiente, os valores serão os pesos utilizados na combinação linear de outras DMUs eficientes, que influenciam a projeção da ineficiente sobre a fronteira calculada.

Para cada unidade ineficiente, os modelos DEA fornecem seus respectivos *benchmarks*, determinados pela projeção dessas unidades na fronteira de eficiência. Essa projeção é feita de acordo com a orientação do modelo. Pode ser orientação a insumos quando se deseja minimizar os recursos, mantendo-se os valores dos produtos constantes, ou orientação a produtos quando se deseja maximizar os produtos sem diminuir os insumos.

O modelo escolhido para esse estudo foi o de retornos variáveis à escala uma vez que este permite a separação dos resultados em relação a pura eficiência técnica e a eficiência de escala. Além disso, foi utilizada a orientação a produto, em que as propriedades da atividade leiteira buscam maximizar o produto, mantendo os insumos constantes. O uso da orientação produto deveu-se à dificuldade em se reduzir alguns tipos de gastos, como mão de obra familiar, e de capital estocado, como terra, quantificando tal ineficiência.

Verifica-se que, como em qualquer técnica empírica, o modelo DEA é baseado em suposições, necessitando serem reconhecidas: (i) sendo determinístico, produz resultados que são particularmente sensíveis a erros de medida; (ii) DEA só mede a eficiência relativa da melhor prática entre um exemplo particular. Portanto, não é significativo comparar os escores de eficiência entre diferentes estudos, porque a melhor prática entre os estudos é desconhecida; e (iii) é sensível à especificação dos fatores e ao tamanho do grupo sob análise.

Existem vários outros modelos e pressuposições que podem ser incorporados na formulação dos problemas de programação utilizados pela DEA. Para descrições mais detalhadas da metodologia recomenda-se a consulta de livros-textos como, por exemplo, Cooper, Seiford e Tone (2004), Coelli et al. (2007) e Ferreira e Gomes (2009).

4.2 Método de detecção e remoção de *outliers*

Dado o fato de que um problema crítico do método DEA é a grande sensibilidade na presença de *outliers* e erros amostrais, o presente trabalho utilizou a metodologia desenvolvida por Sousa e Stosic (2003) para detectar a presença desses

possíveis *outliers* que poderiam afetar a fronteira de eficiência. O estudo de Sousa e Stosic (2003) idealizou uma combinação de duas metodologias de reamostragem, de modo a proceder com uma análise específica para o DEA. A partir dos métodos *jackknife* (determinístico) e *bootstrap* (estocástico), os autores deram origem ao procedimento denominado “*jackstrap*”. Em um primeiro momento, o *jackknife* é utilizado por meio de um algoritmo, que mensura a influência de cada DMU no cálculo das eficiências, isto é, cada DMU é removida isoladamente da amostra para que as eficiências sejam então calculadas sem sua presença. Em um segundo instante, é utilizado o método *bootstrap* de reamostragem estocástica, levando em consideração a informação das influências obtidas pelo *jackknife*.

O estimador obtido desta maneira é denominado *leverage*, e possibilita uma análise automática da amostra, dispensando uma análise manual que, além de imprecisa, é inviável em grandes amostras. Formalmente, o *leverage* de Sousa-Stosic pode ser definido como o desvio padrão das medidas de eficiência antes e depois da remoção de cada DMU do conjunto amostral. Assim, o *leverage* da j -ésima DMU pode ser definido como:

$$\ell_j = \sqrt{\sum_{k=1, k \neq j}^K (\theta_{kj}^* - \theta_k)^2 / K - 1} \quad (15)$$

onde o índice k são as DMUs, variando de 1 até K , o índice j representa a DMU removida e θ são os indicadores de eficiência. Assim, $\{\theta_k | k = 1, \dots, K\}$ representa o conjunto de eficiências originais, sem alteração na amostra, e $\{\theta_{kj}^* | k = 1, \dots, K; k \neq j\}$ representa o conjunto de eficiências recalculado após a remoção individual de cada DMU.

Presume-se que as DMUs caracterizadas como *outliers* possuam um *leverage* consideravelmente acima da média global. Desta maneira, caso ℓ_j esteja muito acima dessa média, há a suspeita de que a DMU em questão seja uma *outlier*. Quando a DMU j está localizada dentro da fronteira eficiente, ocorre que $\theta_{kj}^* - \theta_k = 0$, e então $\ell_j = 0$, o que significa que a observação em questão não é influente. Por outro lado, no caso crítico de uma DMU cuja influência seja extrema, sua remoção faz com que pelo menos uma das unidades remanescentes apresente um valor de eficiência igual a 1, isto é,

$\sum(\theta_{kj}^* - \theta_k)^2 = K - 1$, e então $\ell_j = 1$. Assim, o índice de *leverage* encontra-se dentro do intervalo [0,1].

Com a informação dada pelo *leverage* é possível então identificar e eliminar observações *outliers*. Para tanto, é necessário utilizar um critério específico relacionado ao desvio do índice em relação à sua média global. Sousa e Stosic (2005) sugerem um múltiplo da média global, $\tilde{\ell}_0 = c\tilde{\ell}$, onde $\tilde{\ell}$ representa a média global do *leverage* e c é uma constante que assume valor de 2 ou 3 de modo geral, ou, alternativamente, adota-se $\tilde{\ell}_0 = 0,02$ como critério de corte. Desta forma, DMUs com um *leverage* acima desse valor seriam caracterizadas como *outliers* e então removidas da amostra.

4.3 Testes não paramétricos de fronteiras de eficiência

Antes de executar os modelos para cálculo das medidas de eficiência, é preciso verificar se as propriedades leiteiras, mesmo com estratos de produção diferentes, fazem parte de uma mesma fronteira de eficiência ou se cada estrato de produção gera sua própria fronteira. Para verificar se há diferenças entre as fronteiras de eficiência das propriedades de leite quando separados por estratos de produção, procedeu-se com o teste não paramétrico U de Mann-Whitney. O teste avalia se, dentre dois grupos de variáveis aleatórias, uma delas é estocasticamente maior que outra, sendo assim aplicado para verificar se duas amostras independentes pertencem ou não a uma mesma população (BANKER, ZHENG e NATARAJAN, 2010). No caso da medida de eficiência ser relativa e obtida por comparação, deve-se recorrer ao teste W de Wilcoxon, recomendado para amostras dependentes. Geralmente, ambos os testes fornecem os mesmos resultados em termos de aceitação ou rejeição da hipótese nula. No presente caso, as propriedades leiteiras foram divididas em três estratos de acordo com a produção diária de leite em litros: até 500 litros/dia (propriedades pequenas), entre 500 e 1000 litros/dia (propriedades médias) e mais de 1000 litros/dia (propriedades grandes).

Segundo Siegel e Castellan Jr. (2006), os testes de Mann-Whitney e de Wilcoxon são dois dos mais robustos métodos estatísticos não paramétricos, e constituem-se em alternativas extremamente úteis da prova paramétrica t , quando se deseja desviar das suposições exigidas por esse teste paramétrico. Como não exigem mensuração tão forte quanto às provas paramétricas, esses testes não paramétricos

aplicam-se a dados em escala ordinal e nominal. As vantagens das provas estatísticas não paramétricas são, segundo Siegel e Castellan Jr. (2006): (i) As afirmações probabilísticas decorrentes da maior parte das provas estatísticas não paramétricas são probabilidades exatas, independente da forma de distribuição da população; (ii) Diferente das estatísticas paramétricas, há provas estatísticas não paramétricas adequadas para o tratamento de amostras constituídas de observações de várias populações diferentes; (iii) Os métodos não paramétricos aplicam-se ao tratamento de dados simplesmente classificativos, mensurados em escala nominal, diferente de qualquer técnica paramétrica; e (iv) São essencialmente mais fáceis de aprender e de se aplicar do que as provas paramétricas.

4.4 Análise discriminante

Com o objetivo de verificar quais fatores possuem maior capacidade de discriminar os produtores de leite entre eficientes e ineficientes, utilizar-se-á da análise discriminante. Tal análise consiste num método de estatística multivariada que possibilita a classificação de elementos de uma dada amostra de acordo com grupos previamente conhecidos, sendo também possível elaborar uma regra de classificação a ser utilizada para enquadrar eventuais novas observações nos grupos existentes (MINGOTI, 2005).

De acordo com Malhotra (2011), a análise discriminante é uma técnica de análise de dados em que a variável dependente tem natureza categórica (separa os elementos em dois ou mais grupos de categoria) e as variáveis independentes têm natureza métrica (medidas em uma escala de razão).

Malhotra (2011) apresenta como objetivos da análise discriminante: (i) Estabelecer funções discriminantes, ou combinações lineares das variáveis independentes, que melhor discriminem entre as categorias da variável dependente (grupos); (ii) Verificar se existe diferenças significativas entre os grupos, em termos das variáveis independentes; (iii) Determinar as variáveis independentes que mais contribuem para a diferença entre os grupos; (iv) Classificar os casos em um dos grupos com base no valor das variáveis independentes; e (v) Avaliar a precisão da classificação.

Dependendo do número de categorias da variável dependente, a técnica de análise discriminante pode ser de dois grupos, onde é deduzida somente uma função discriminante, ou múltipla, onde pode ser estimada mais de uma função. Neste estudo a técnica utilizada será a de dois grupos.

Segundo Gomes, Baptista e Wendling (2005), a análise discriminante reduz o número de variáveis para um número menor de parâmetros, que são funções discriminantes linearmente dependentes das variáveis originais. Os coeficientes da função discriminante indicam a contribuição da variável original para a função. O modelo é dado de acordo com a equação:

$$D = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \cdots + \beta_n X_n \quad (16)$$

em que D é o valor da função discriminante; β_i são os coeficientes discriminantes; e X_i são os valores das variáveis independentes.

Os coeficientes β_i serão estimados de modo a diferenciar os grupos ao máximo, ou seja, os coeficientes do mesmo grupo serão os mais parecidos possíveis, e estes serão os mais diferentes possíveis dos coeficientes do outro grupo.

O processo estatístico da análise discriminante pode ser dividido em seis estágios: (i) Definição dos objetivos, ou seja, definir quais os objetivos que a análise deve alcançar; (ii) Pesquisa para a análise discriminante, onde compreende-se a seleção das variáveis dependentes e das variáveis independentes, a escolha do tamanho da amostra e a divisão dessa amostra; (iii) Hipóteses da análise discriminante, sendo a hipótese básica da análise discriminante a existência de multivariadade entre as variáveis independentes e a dependente, além de uma desconhecida, mas igual estrutura de variância e covariância para os grupos formados, supondo ainda a existência de normalidade das variáveis; (iv) Estimação do modelo de análise discriminante, isto é, a estimação dos parâmetros da função discriminante e a obtenção da função Z correspondente; (v) Interpretação dos resultados, de forma a interpretar os parâmetros e dividir os grupos determinados pela função discriminante; e (vi) Validação dos resultados, ou seja, a verificação do poder de explicação da análise, fazendo uma análise crítica dos resultados encontrados.

Um método comum na análise discriminante é o *stepwise*, que seleciona as variáveis para entrar na análise, baseando-se nas suas capacidades de discriminação. O

processo inicia-se selecionando a variável que apresenta maior valor de discriminação. Esta variável é pareada com as demais variáveis, uma de cada vez, e o critério de seleção é novamente comparado. A variável que, em conjunto com a primeira selecionada, produzir o melhor valor para o critério é a segunda variável escolhida para entrar na análise. Estas duas variáveis selecionadas são combinadas com as demais remanescentes e a combinação que apresentar o maior valor para o critério de seleção determinará a terceira variável a entrar na equação. Do mesmo modo, todas as demais variáveis são testadas através do critério de seleção, até que todas sejam ordenadas pelas suas capacidades de discriminação.

Segundo Gomes, Baptista e Wendling (2005), o método de decisão estatística para o caso de dois grupos classifica uma observação no Grupo 1 se:

$$Z \geq \frac{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2}{2} + \ln \left[\frac{p_2 C(1/2)}{p_1 C(2/1)} \right] \quad (17)$$

e outra observação será classificada no Grupo 2 se:

$$Z < \frac{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2}{2} + \ln \left[\frac{p_2 C(1/2)}{p_1 C(2/1)} \right] \quad (18)$$

em que Z é o valor discriminante para uma dada observação; \bar{Z}_j é valor discriminante médio para o grupo j ; p_j é a probabilidade prévia do grupo j ; e $C(1/2)$ é o custo de classificação incorreta dentro do grupo i de uma observação que pertence ao grupo j .

Para a determinação da significância da função de discriminação, de acordo com Malhotra (2011), pode-se testar estatisticamente a hipótese nula, de que as médias de todas as funções discriminantes em todos os grupos sejam iguais. Para Hair et al. (2009), um dos métodos mais utilizados para identificar o poder discriminatório de uma variável é o teste Lambda de Wilks (L^*). Este teste considera como critério de seleção de variáveis o valor da Estatística F Multivariada, para o teste da diferença entre os centróides dos grupos. A variável que maximiza o valor da estatística F também minimiza o L^* , que é uma medida de discriminação entre os grupos.

Posteriormente, é realizada a interpretação dos resultados, em que o valor do coeficiente β_i para uma determinada variável independente depende das outras variáveis independentes que fazem parte da função discriminante. Por fim, procede-se com a

avaliação da validade da análise discriminante, em que os coeficientes β_i estimados são multiplicados pelos valores das variáveis independentes na amostra retida, a fim de gerar valores discriminantes para os casos nessa amostra (MALHOTRA; 2011).

Para consultas mais detalhadas sobre a análise discriminante, recomenda-se referências como Hair et al. (2009), Malhotra (2011) e Mingoti (2005).

4.5 Procedimento

O desenvolvimento empírico deste estudo é constituído de seis partes. Na primeira, utilizou-se os testes de detecção de *outliers*, de forma a garantir a credibilidade dos *scores* de eficiência e em seguida proceder a retirada desses *outliers* dos procedimentos seguintes. Na segunda etapa procedeu-se com os testes não paramétricos de fronteiras de eficiência, de forma a considerar os diferentes volumes de produção nesse estudo. Em seguida, utilizou-se da análise envoltória de dados (DEA), para se obterem as medidas de eficiência. Na parte seguinte, separaram-se os produtores em eficientes e ineficientes, de acordo com os valores das medidas de eficiência técnica e de escala, comparando os grupos de produtores com base em características quantitativas e qualitativas. Na quarta parte foi comparado os grupos de produtores, segundo alguns indicadores de desempenho técnico e econômico, avaliando diferenças existentes entre esses produtores e quantificando as ineficiências na utilização dos insumos, por parte dos produtores ineficientes. Na quinta etapa procedeu-se a projeção das DMUs ineficientes, baseado em seus respectivos *benchmarks*. Por fim, utilizou-se da análise multivariada de forma a determinar indicadores que discriminam propriedades eficientes e ineficientes.

4.5.1 Obtenção das medidas de eficiência

Para execução dos modelos foi necessário construir duas matrizes de dados, uma contendo os insumos utilizados pelos produtores e outra relacionada ao produto. Neste trabalho foram utilizados seis insumos (*inputs*), sendo três insumos de fluxo e três insumos de estoque, na geração de um produto (*output*), sendo que todas as variáveis estão em valores monetários, a preços de fevereiro de 2014. São elas:

Insumos (*inputs*)

a) Insumos de fluxo

X_1 : Gasto com concentrado na atividade leiteira, medido em reais (R\$);

X_2 : Gasto com mão de obra permanente na atividade leiteira, medido em reais (R\$). Incluem os gastos com mão de obra contratada e mão de obra familiar;

X_3 : Outros gastos da atividade leiteira, medidos em reais (R\$). Em outros gastos são incluídas todas as saídas provenientes da atividade leiteira, com exceção dos gastos com concentrado e mão de obra. São despesas com pastagem, canavial e capineira, silagem, medicamentos, hormônios, material de ordenha, transporte, energia e combustível, inseminação, reparos de máquinas e benfeitorias, impostos, taxas e serviços, dentre outros gastos de custeio.

b) Insumos de estoque

X_4 : Estoque de capital em terra, medido em reais (R\$);

X_5 : Estoque de capital em animais, medido em reais (R\$);

X_6 : Estoque de capital em máquinas, benfeitorias e forrageiras, medido em reais (R\$).

Produto (*output*)

Y_1 : Renda bruta da atividade leiteira, medida em reais (R\$). A renda bruta é composta pela soma das receitas provenientes da venda e do autoconsumo de leite e de animais. Optou-se por medir o produto em termos de valor da produção ao invés da produção física, uma vez que o valor unitário de venda dos produtos difere muito. Com isso, a utilização de quantidades físicas pode distorcer a realidade dos sistemas de produção, quando o objetivo é compará-los.

Após a organização das matrizes de dados, procedeu-se à execução dos modelos. Em todos os modelos utilizou-se a orientação produto para o cálculo das medidas de eficiência. Isto significa que objetivou-se encontrar o produto máximo possível, mantendo o uso atual dos insumos. O uso da orientação produto deveu-se à dificuldade

em se reduzir alguns tipos de gastos, como mão de obra familiar, e de capital estocado, como terra.

Inicialmente, formulou-se o problema de programação linear, pressupondo-se retornos constantes à escala, com o objetivo de obter medidas de eficiência técnica para cada produtor analisado. Essa medida de eficiência técnica, sob a pressuposição de retornos constantes, compreende dois componentes: uma medida de eficiência de escala e uma medida de pura eficiência técnica.

Ao construir outro problema de programação linear, pressupondo retornos variáveis, ou seja, adicionando uma restrição de convexidade ao modelo com retornos constantes, pode-se definir uma base de cálculo que define a influência da escala de produção na ineficiência técnica dos produtores. Assim,

$$EE = \frac{ET_{RC}}{ET_{RV}}, \quad (19)$$

em que EE é a medida de eficiência de escala, ET_{RC} é a medida de eficiência técnica no modelo com retornos constantes e ET_{RV} é a medida de eficiência técnica no modelo com retornos variáveis.

Para saber se determinado produtor, que possui eficiência de escala menor que um, está operando na faixa de retornos crescentes ou decrescentes à escala, um terceiro problema de programação linear foi formulado. Nesse problema, consideraram-se retornos não-crescentes à escala. Assim, conforme a medida de eficiência técnica encontrada nesse modelo, pode-se determinar qual o tipo de retorno à escala em que esses produtores estão operando, pela comparação desse resultado com aquele encontrado no modelo com retornos variáveis, isto é, caso a medida de eficiência técnica, no modelo com retornos não-crescentes for igual àquela do modelo com retornos variáveis, têm-se retornos decrescentes à escala. Caso contrário, têm-se retornos crescentes.

4.5.2 Comparação dos produtores segundo as eficiências pura e de escala

Este procedimento consistiu em separar os produtores em grupos de eficientes e ineficientes, de acordo com a medida de eficiência técnica obtida no modelo com

retornos variáveis à escala. A utilização do modelo com retornos variáveis à escala deve-se ao fato de se querer realizar, inicialmente, uma análise separada da pura eficiência técnica e da eficiência de escala, ou seja, analisando primeiramente o uso adequado dos insumos na geração do produto e, em seguida, a definição da escala de produção.

Um produtor foi considerado tecnicamente eficiente se atingisse medida de eficiência técnica igual a 1,0, sendo aqueles cuja medida de eficiência técnica fosse inferior a 1,0, denominado de ineficientes.

Após a separação dos grupos, compararam-se os produtores, segundo informações quantitativas e qualitativas. São elas:

- Renda bruta, ou seja, o *output* analisado;
- Insumos de fluxo e insumos de estoque;
- Estratos de produção, medida em litros de leite diários. Os estratos de produção selecionados foram até 500 litros, de 500 a 1000 litros e superior a 1000 litros diários.
- Localização, baseado na mesorregião mineira onde a unidade produtiva está localizada.

Após a avaliação quanto a pura eficiência técnica, procedeu-se com a separação dos produtores em grupos segundo o retorno de escala. Foi realizada a separação dos produtores em três grupos, sendo o primeiro grupo formado pelos produtores que apresentaram retornos crescentes de escala, ou seja, o aumento da produção se dá a custos médios decrescentes, caracterizando-se como economia de escala. O segundo grupo é composto pelos produtores em escala ótima de produção, isto é, possuem retornos constantes, onde um aumento percentual nos insumos utilizados resulta no aumento em mesma proporção da produção. O terceiro e último grupo encontra-se as unidades produtoras que possuem retornos à escala decrescentes, sendo que o aumento da produção processa-se a custos médios crescentes, conceituado como deseconomia de escala.

Um produtor foi considerado eficiente quanto a escala de produção atingisse medida de eficiência de escala (EE) igual a 1,0, sendo aquele cujo essa medida fosse inferior a 1,0, denominado de ineficiente quanto à escala de produção.

Após a separação dos grupos referentes à escala de produção, compararam-se os produtores, segundo informações quantitativas e qualitativas, sendo as mesmas analisadas com os grupos segundo a pura eficiência técnica.

4.5.3 Caracterização do desempenho técnico e econômico dos produtores

Esta etapa consiste em verificar se as eficiências técnica e de escala proporcionam melhores indicadores técnicos e econômicos, ou seja, se os padrões de eficiência também são verificados nos desempenhos técnico e econômico das DMUs estudadas. Os indicadores analisados foram os seguintes:

- Produtividade do rebanho, baseado no volume médio diário de leite produzido por vaca em lactação;
- Produtividade do rebanho, baseado no volume médio diário de leite produzido por vaca do rebanho;
- Produtividade da mão de obra permanente, seja ela contratada ou familiar, medida em litros por dia-homem trabalhado;
- Produtividade da terra, medida em litros anuais produzidos por hectare dedicado à pecuária leiteira;
- Renda bruta da atividade, medida em reais (R\$) por litro produzido;
- Custo operacional efetivo (COE), referente aos gastos diretos, tais como mão de obra contratada, concentrados, pastagens, silagem, minerais, medicamentos, energia e combustível, inseminação artificial, serviços mecânicos dentre outros gastos de custeio da atividade leiteira, medido em R\$ por litro de leite;
- Custo operacional total (COT), composto do COE mais os valores correspondentes à mão de obra familiar e à depreciação de máquinas, benfeitorias, animais de serviço e forrageiras, medido em R\$ por litro de leite;
- Margem bruta unitária, referente à diferença entre a renda bruta e o custo operacional efetivo, de forma a representar o fluxo de caixa da propriedade, medida em R\$ por litro de leite produzido;
- Margem líquida unitária, ou seja, a remuneração do proprietário e do capital investido em terra, benfeitorias, máquinas e animais, medida em R\$ por litro de leite;

- Retorno do capital sem terra, isto é, a taxa de retorno sobre o capital investido, desconsiderando o estoque de capital em terra, medida em valor percentual ao ano (% a.a.);
- Retorno do capital com terra, ou seja, a taxa de retorno sobre todo o estoque de capital investido na atividade leiteira, medida em % ao ano.

4.5.4 Projeção dos produtores ineficientes para a fronteira de produção

Após a comparação dos grupos de produtores, calculou-se, para os produtores ineficientes, o percentual de aumento possível no produto, mantendo constante o uso dos insumos. Nesse cálculo consideraram-se os produtores eficientes que serviram de *benchmark* para os ineficientes, ou seja, os aumentos possíveis correspondem à projeção dos produtores ineficientes para a fronteira eficiente calculada. Assim, para cada produtor ineficiente, existe, pelo menos, outro produtor eficiente que delimitou o ponto na fronteira no qual o ineficiente será projetado. Tais projeções foram realizadas com base na correção da ineficiência técnica, da ineficiência de escala e na correção dos dois problemas em conjunto.

4.5.5 Fatores que discriminam as DMUs eficientes e ineficientes

Diante da identificação das DMUs eficientes e ineficientes, cabe verificar quais possíveis fatores e indicadores que combinados apresentam maior poder de discriminação entre os dois grupos de análise (eficientes e ineficientes). Tal combinação, denominada função discriminante, tem a função de minimizar as probabilidades de má classificação. A variável dependente será a condição de eficiência e as demais variáveis serão independentes. Foi utilizado o método “passo-a-passo” (*stepwise*), por assegurar a maximização da distinção entre os grupos e um grande percentual de casos classificados corretamente. Algumas variáveis, por não representarem influência para o agrupamento, foram retiradas da análise para não causar viés nos resultados.

A Tabela 4 resume as variáveis utilizadas na estimativa das variáveis discriminantes.

Tabela 4 – Variáveis inicialmente incluídas na estimação da análise discriminante

Variáveis independentes
Vacas em lactação / total de vacas (%)
Vacas em lactação / rebanho (%)
Vacas em lactação / área para pecuária (Cab/ha)
Produção / vaca em lactação (L/dia)
Produção / total de vacas (L/dia)
Produção / mão-de-obra permanente (L/dh)
Produção / área para pecuária (L/ha/ano)
COE do leite / preço do leite (%)
COT do leite / preço do leite (%)
CT do leite / preço do leite (%)
Gasto com mão de obra na atividade / renda bruta do leite (%)
Gasto com concentrado na atividade / renda bruta do leite (%)
Margem bruta unitária (R\$/L)
Margem bruta / Área (R\$/ha)
Margem bruta / vaca em lactação (R\$/cab)
Margem líquida unitária (R\$/L)
Lucro unitário (R\$/L)
Renda do leite / Renda atividade (%)
Taxa de remuneração do capital sem terra (% aa)
Taxa de remuneração do capital com terra (% aa)
Estoque de capital médio por litro de leite (R\$/L/dia)

Fonte: Elaboração própria.

4.5.6 A seleção dos agentes eficientes: os principais *benchmarks*

Além da identificação dos agentes eficientes, cabe destacar quais desses agentes são *benchmarks* para as DMUs ineficientes, ou seja, as unidades de produção eficientes que atuam como referência para as ineficientes na obtenção de eficiência, projetando essas unidades na fronteira.

Dessa forma, procedeu-se com a análise pormenorizada das cinco unidades tomadoras de decisão que mais foram identificadas como referência para o grupo das propriedades ineficientes, verificando suas características dimensionais, locacionais e de desempenho técnico e econômico.

Essa etapa garante a elaboração de um processo virtuoso de difusão de informações, tecnologias e práticas eficientes, direcionando tal processo para os entes

que mais proporcionam a difusão dessas práticas e os ganhos para todo o segmento produtivo.

4.6 Base de dados

Os dados utilizados neste trabalho são referentes aos produtores de leite do estado de Minas Gerais. Os dados foram coletados pelo Projeto Educampo Leite do Sebrae. Foram 659 propriedades de leite, distribuídas em nove das doze mesorregiões do estado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Evidência da presença de *outliers*

Devido à sensibilidade da metodologia DEA no que se refere à presença de *outliers* e de forma a garantir a credibilidade dos *scores* de eficiência, procedeu-se com a análise dos dados com o objetivo de verificar a presença dessas observações com valores considerados atípicos. A Figura 7 apresenta o histograma de distribuição dos *leverages* para detecção de *outliers*. Cabe ressaltar que, como apresentado na metodologia, o ponto de corte utilizado é 0,02, conforme sugerido por Sousa e Stosic (2005).

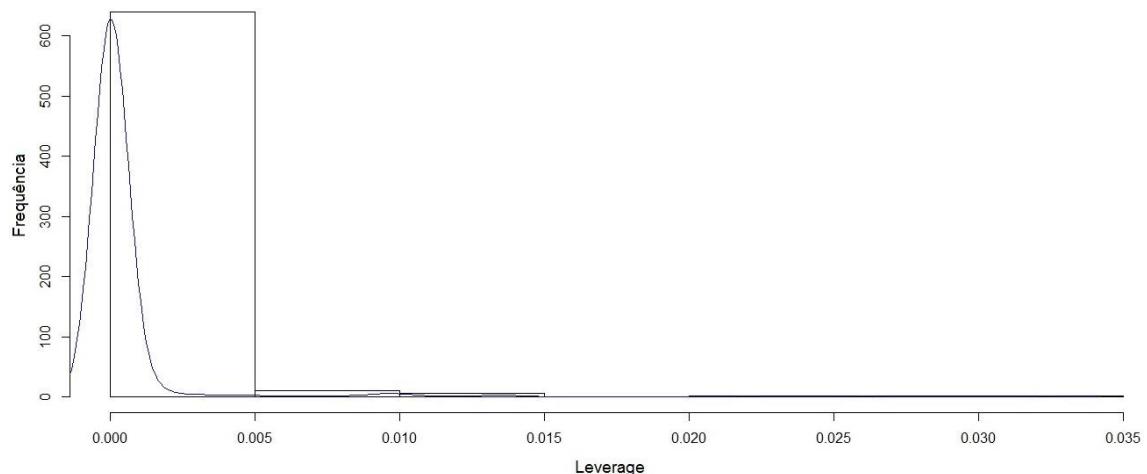


Figura 7 - Histograma da distribuição dos *leverages* em relação à eficiência das propriedades do segmento produtivo leiteiro

Fonte: Resultados da pesquisa.

Como apresentado na Figura 7, a maioria das propriedades apresentaram valor zero de *leverage*, demonstrando que não influenciam a fronteira de eficiência. Contudo, quatro propriedades analisadas apresentaram-se influentes, ou seja, com valores superiores ao ponto de corte 0,02. Os valores dos *leverages*, das variáveis de insumos e produto são destacados na Tabela 5. Os valores relativos a insumos e produto estão em unidades monetárias por litro de leite produzido (R\$/litro).

Tabela 5 – Valores dos *leverages*, dos insumos¹ e do produto¹ das DMUs consideradas *outliers*

Especificação	<i>Outlier 1</i>	<i>Outlier 2</i>	<i>Outlier 3</i>	<i>Outlier 4</i>	Média Geral
Índice <i>Leverage</i>	0,026	0,022	0,032	0,021	0,001
Renda bruta	1,01	<u>2,14</u>	1,33	1,17	1,17
Gasto com concentrado	0,29	0,31	0,40	0,35	0,40
Gasto com mão de obra	0,14	0,20	<u>0,08</u>	0,12	0,17
Outros gastos	0,49	0,68	<u>0,25</u>	<u>0,21</u>	0,43
Estoque de capital em terra	<u>0,28</u>	1,75	<u>0,50</u>	<u>0,68</u>	2,04
Estoque de capital em animais	0,78	0,94	0,72	<u>0,35</u>	1,02
Estoque (benf.+maq.+forr.)	<u>0,19</u>	0,57	<u>0,28</u>	<u>0,35</u>	0,67

¹ Valores em R\$/litro

Fonte: Resultados da pesquisa.

Pode-se observar que em todas as DMUs consideradas *outliers* há pelo menos um produto ou insumo que apresenta diferença significativa das médias relativas do grupo em estudo⁴. A propriedade denominada por *Outlier 2*, mesmo observando valores semelhantes de gastos se comparado com a média geral, apresenta uma renda bruta por litro de leite produzido 82,91% maior que a média da amostra. Os demais *outliers* apresentam diferenças significativas quanto ao uso de insumos selecionados. Destaca-se os estoques de capital como os principais responsáveis pela definição desses *outliers*.

Quanto à localização dos *outliers*, esses encontram-se localizados nas mesorregiões mais ao sul de Minas Gerais. Observa-se que o *Outlier 1* está na mesorregião Oeste de Minas, o *Outlier 2* na região Sul/Sudoeste, enquanto os *outliers* 3 e 4 localizam-se no Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba.

Esta ocorrência de observações discrepantes em relação à média é suficiente para deslocar a fronteira e aumentar o nível médio dessa eficiência de forma artificial, comprometendo o nível de eficiência das demais DMUs.

Diante da detecção dos quatro *outliers* apresentados, os mesmos foram excluídos da amostra para evitar possíveis prejuízos na fronteira de eficiência e, consequentemente, nos resultados do estudo.

⁴ Na Tabela 5 os insumos e produto que apresentam as maiores diferenças comparativas com a média geral estão sublinhados.

5.2 Testes não paramétricos de fronteiras de eficiência

Antes de iniciar a caracterização das propriedades segundo a eficiência das mesmas e de forma a considerar os diferentes volumes de produção nesse estudo sobre a eficiência das propriedades leiteiras, procedeu-se com o teste não paramétrico U de Mann-Whitney, que visa verificar se há diferenças entre as fronteiras de eficiência das propriedades quando separadas por estratos de produção. As propriedades leiteiras foram divididas em três estratos de acordo com a produção diária de leite em litros: até 500 litros/dia, entre 500 e 1000 litros/dia e mais de 1000 litros/dia. Os resultados do teste de U de Mann-Whitney são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores dos testes não paramétricos para os estratos, divididos segundo a produção média diária de leite

Estratos*	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Significância
1 e 2	21008	43799	-0,499	0,618
1 e 3	24794	47585	-0,476	0,634
2 e 3	24084	52764	-0,130	0,896

* Estrato 1: propriedades com produção até 500 l/dia

Estrato 2: propriedades com produção entre 500 e 1000 l/dia

Estrato 3 propriedades com produção acima de 1000 l/dia

Fonte: Resultados da pesquisa.

Como se verifica, a hipótese nula, de que os grupos em consideração pertencem a uma mesma população, não é rejeitada nas três comparações realizadas. Desta forma, não há diferenças significativas nas fronteiras de eficiência dos grupos em questão, uma vez que o tamanho da produção média diária de leite não afeta a eficiência calculada.

Diante disso, as análises seguintes serão apresentadas em uma única fronteira de eficiência, independente do volume de produção existente.

5.3 Medidas de eficiência das propriedades produtoras de leite

Com base nos objetivos específicos deste trabalho, a Figura 8 apresenta a distribuição das propriedades do segmento leiteiro que se encontram na amostra segundo os estratos de eficiência técnica, pressupondo tanto retornos constantes, quanto retornos variáveis à escala.

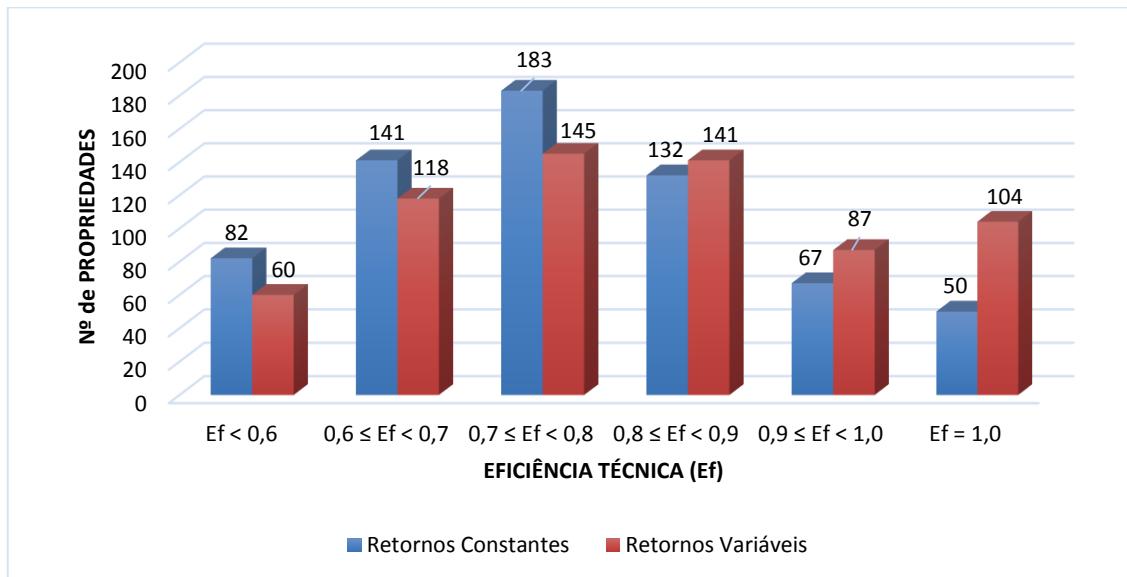


Figura 8 - Histograma da distribuição das propriedades produtoras de leite segundo estratos de eficiência técnica

Fonte: Elaboração própria.

Sob a pressuposição de retornos constantes à escala, verifica-se que 50 produtores da amostra obtiveram máxima eficiência técnica. O nível médio de ineficiência técnica é de 0,24, significando que os produtores podem, em média, ampliar em 24% sua renda bruta, mantendo o mesmo nível de insumos. Nota-se que os produtores que alcançaram máxima eficiência técnica não podem ampliar seu produto, contudo, os demais produtores podem fazê-lo, tendo como referência aqueles com 100% de eficiência técnica.

Considerando somente os produtores que apresentam algum grau de ineficiência, nota-se que há uma distribuição normal desses produtores, sendo a medida de eficiência técnica média em torno de 0,74.

Admitindo a pressuposição de retornos constantes, as fontes de ineficiência podem incluir àquelas decorrentes de escala de produção incorreta. Dessa forma, ao adicionar uma restrição de convexidade, possibilita-se a obtenção das medidas de eficiência pressupondo retornos variáveis⁵.

⁵ Para as demais análises incluídas nessa seção serão utilizados os resultados da eficiência técnica baseada nos retornos variáveis à escala, exceto em casos onde se especificar a pressuposição de retornos constantes.

Com base na pressuposição de retornos variáveis à escala, verifica-se que 104 das 655 propriedades investigadas são consideradas eficientes tecnicamente, ou seja, 15,88% dos produtores analisados. Contrapondo às eficientes, 60 propriedades (9,16%) apresentam o indicador de eficiência menor que 0,6, sendo 33,9% o menor índice de eficiência apresentado. Isso mostra que apesar do produto ser homogêneo, há muita variação quando trata-se da eficiência técnica do segmento produtivo leiteiro. A eficiência média dos produtores avaliados é 79,8%, sendo que grande parte da amostra (44%) encontra-se com eficiência entre 0,7 e 0,9 e o desvio padrão da eficiência é de aproximadamente 0,15. Considerando apenas os produtores com algum nível de ineficiência, ou seja, os que apresentaram grau de eficiência diferente de 1,0, a medida de eficiência técnica média é reduzida a 76%.

5.3.1 Caracterização das propriedades segundo a pura eficiência técnica

De posse das medidas de eficiência, as propriedades foram separadas em dois grupos: o primeiro, denominado “eficientes”, composto por 104 propriedades que alcançaram máxima eficiência técnica; e o segundo, denominado “ineficientes”, composto pelas 551 propriedades cuja medida de eficiência foi inferior a 100%. Na Tabela 7, encontram-se os valores médios do produto e dos insumos utilizados para calcular as medidas de eficiência das propriedades do segmento do leite.

Tabela 7 - Valores médios anuais do produto e dos insumos das propriedades produtoras de leite separadas em grupos segundo a eficiência técnica (valores em R\$ mil)

Especificação	Eficiente	Ineficiente	Média Geral
Renda bruta	517,80	428,50	442,68
Gasto com concentrado	165,17	147,60	150,39
Gasto com mão de obra	60,72	65,82	65,01
Outros gastos	165,53	164,38	164,56
Estoque de capital em terra	653,72	798,28	775,33
Estoque de capital em animais	382,93	388,70	387,78
Estoque de capital (benf.+maq.+forr.)	217,27	262,97	255,71

Fonte: Resultados da pesquisa.

Diante dos resultados apresentados na Tabela 7, observa-se que a renda bruta das propriedades eficientes é aproximadamente 20,84% maior que a das ineficientes e

16,97% acima da média geral, determinando o poder que a alocação correta dos insumos proporciona na otimização do produto almejado.

Com relação aos insumos de fluxo, o gasto médio com concentrado dos produtores eficientes é 11,9% superior ao dos produtores ineficientes. Contudo, o fato de apresentar maior gasto com concentrado, não implica em ineficiência dessas propriedades, pois há um nível de produção proporcionalmente maior e, consequentemente, são mais produtivas. Esse nível de produção deve-se não necessariamente ao volume de concentrado utilizado e sim à qualidade desse insumo. No caso da mão de obra os eficientes gastam, em média, 7,75% menos se comparados aos ineficientes, principalmente devido à adequada alocação da mão de obra contratada e familiar entre as culturas produtivas paralelas ao leite. Os gastos inseridos no insumo “Outros gastos” apresentaram variação mínima entre produtores eficientes e ineficientes (0,7%).

No que tange aos insumos de estoque, observa-se uma diferença considerável entre eficientes e ineficientes, sendo a principal delas no uso da terra. Isso reforça o maior retorno sobre o capital estocado em terra, animais, benfeitorias, maquinário e forrageiras. No caso do estoque de capital em terra, a diferença entre propriedades ineficientes e eficientes é de 22,11%, ampliando as possibilidades do uso de terras para uma maior produção de leite, através da ampliação dos demais fatores de produção, ou no uso dessas terras para o cultivo de outras atividades produtivas. Quanto às máquinas, benfeitorias e forrageiras, o capital investido nas DMUs consideradas ineficientes é 21,03% superior ao capital médio investido nas eficientes, o que proporciona a alocação desse capital subutilizado para aquisição de outras demandas da propriedade produtora. No caso do estoque de capital em animais, a diferença entre ineficientes e eficientes atinge 1,5%. Todas essas diferenças no estoque de capital das propriedades mostram que o excessivo uso do fator de produção terra e a subutilização das benfeitorias e maquinarias faz com que uma DMU seja caracterizada como eficiente ou não.

A Tabela 8 apresenta a relação existente entre a eficiência técnica e a quantidade produzida diária de leite nas propriedades estudadas.

Tabela 8 - Eficiência técnica das propriedades separadas em grupos segundo o estrato de produção

Estrato de produção	Eficientes		Ineficientes		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Até 500 l/dia	42	20,79	160	79,21	202	30,84
De 500 a 1000 l/dia	25	12,02	183	87,98	208	31,76
Acima de 1000 l/dia	37	15,10	208	84,90	245	37,40
Total	104	15,88	551	84,12	655	100,00

Fonte: Resultados da pesquisa.

De acordo com os resultados, grande parte das propriedades com menor produção de leite diária (até 500 l/dia) encontra-se ineficiente tecnicamente (79,21%), apesar dessas também apresentarem o maior número de DMUs eficientes (42 propriedades). Em relação às propriedades de produção intermediária (de 500 a 1000 l/dia) e com produção acima de 1000 l/dia verifica-se que estas também apresentam, em sua maioria, algum grau de ineficiência (87,98% e 84,90%, respectivamente). Esse resultado demonstra que o estrato de produção diária não tem relevância considerável na definição da propriedade ser eficiente ou não. Contudo, ao analisar o grau de eficiência média, verifica-se que o mesmo é superior em propriedades com produção acima de 1000 l/dia com média de 84% de eficiência, seguido pelas propriedades com produção intermediária com índice de eficiência de 0,78 e, por último as propriedades com estratos de produção até 500 l/dia (76% de eficiência).

Este maior índice médio de eficiência das propriedades com maior produção deve-se à maior capacidade de negociação, tanto na aquisição de insumos, uma vez que compram e produzem em maior quantidade, quanto na venda do produto, podendo garantir ganhos relacionados ao armazenamento e distribuição do mesmo.

Após as análises apresentadas, cabe verificar se a localização das propriedades influencia no grau de eficiência das mesmas. A Tabela 9 apresenta o número de propriedades eficientes e ineficientes em cada mesorregião de Minas Gerais. Cabe ressaltar que as mesorregiões Norte, Vale do Jequitinhonha e Zona da Mata não tiveram propriedades analisadas.

Tabela 9 – Localização das propriedades eficientes e ineficientes tecnicamente

Mesorregião	Eficiente	Ineficiente	Total
Campo das Vertentes	0	3	3
Central	4	38	42
Metropolitana	8	56	64
Noroeste	2	27	29
Oeste	8	40	48
Sul/Sudoeste	11	111	122
Triângulo/Alto Paranaíba	56	239	295
Vale do Mucuri	4	8	12
Vale do Rio Doce	11	29	40

Fonte: Resultados da pesquisa.

Aqui pode-se observar que o maior número de propriedades analisadas encontra-se na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (295 propriedades), seguido pela região Sul/Sudoeste com 122 propriedades analisadas. Contudo, as mesorregiões Vale do Mucuri e Vale do Rio Doce são as que apresentam a maior proporção de DMUs eficientes, 33,33% e 27,50%, respectivamente.

Além do número de unidades produtoras, deve-se levar em conta a eficiência média de cada região, pois nem sempre onde há o maior número de propriedades 100% eficientes é onde encontra-se a maior eficiência média. Na Figura 9 encontra-se as mesorregiões de Minas Gerais, bem como as médias de eficiência técnica das propriedades nelas localizadas.

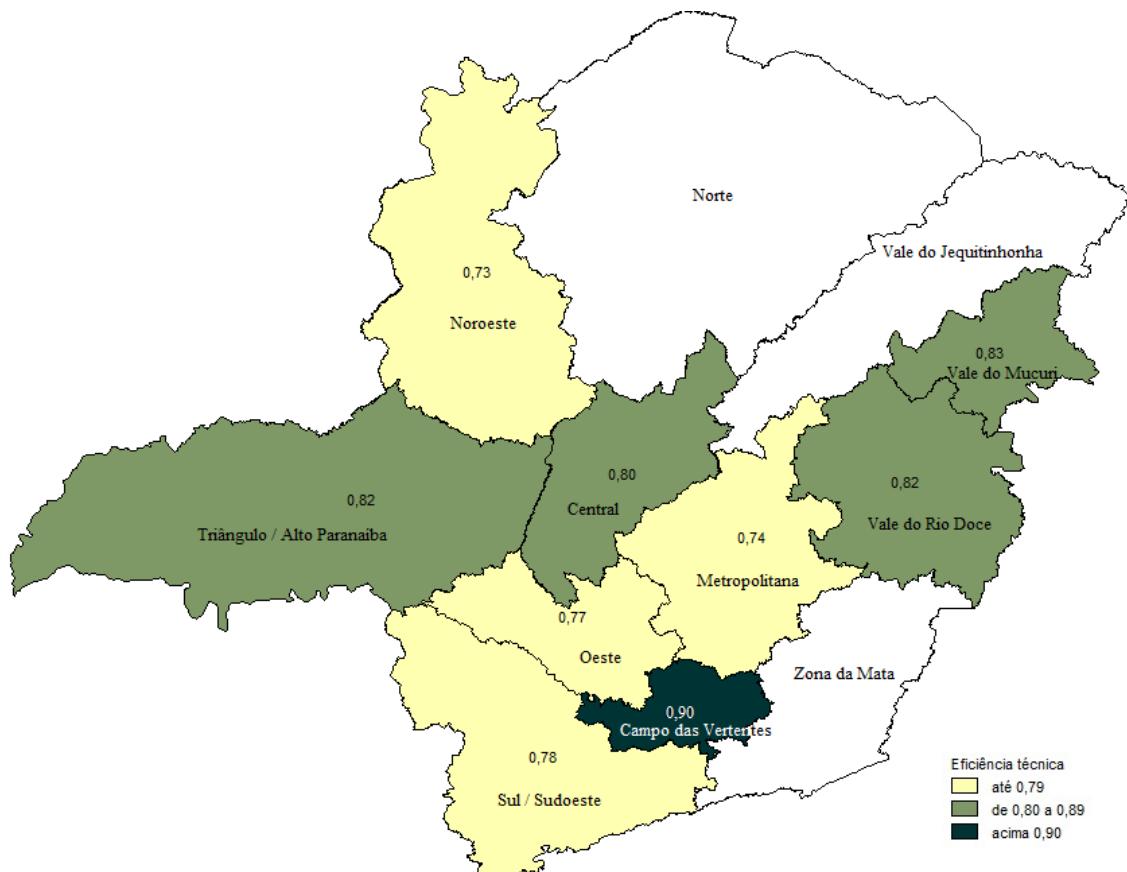


Figura 9 – A eficiência técnica das propriedades leiteiras segundo a mesorregião de origem

* As mesorregiões Norte, Vale do Jequitinhonha e Zona da Mata não apresentam nenhuma propriedade na amostra

Fonte: Elaboração própria.

Pode-se observar na figura acima que a região com maior média de eficiência técnica é a região do Campo das Vertentes com índice médio de 0,90. Contudo, essa região não apresenta nenhuma das suas propriedades analisadas com 100% de eficiência. As outras mesorregiões com eficiência média superior ou igual a 80% são: Vale do Mucuri (0,83), Vale do Rio Doce (0,82), Triângulo / Alto Paranaíba (0,82) e região Central (0,80).

A região do Campo das Vertentes apresentou a maior média em todos os seis insumos analisados, contudo também apresentou a maior renda bruta média das mesorregiões do estudo. As propriedades do Vale do Mucuri apresentaram as menores médias dos três insumos de fluxo⁶, enquanto as menores médias dos estoques em terras, em animais e em máquinas, benfeitorias e forrageiras foram, respectivamente, as propriedades do Noroeste mineiro, da região Metropolitana e do Triângulo / Alto

⁶ Gasto com concentrado, gasto com mão de obra permanente e outros gastos.

Paranaíba. O menor produto médio foi o das propriedades do Vale do Rio Doce, contudo, essa renda bruta média mais baixa foi compensada pela média dos insumos muito próximo dos mínimos encontrados, colocando, assim, essa região como a que apresentou o terceiro maior grau médio de eficiência.

Diante dessa análise, pode-se dizer que não houve uma região ou conjunto de regiões predominantemente eficiente, visto que as médias de eficiência técnica não são tão discrepantes e que as regiões com as maiores médias encontram-se dispersas pelo estado.

5.3.2 Caracterização das propriedades segundo o retorno à escala

Após ser apresentada a análise da pura eficiência técnica das propriedades produtoras de leite, essa seção dos resultados tem como objetivo caracterizar as DMUs de acordo com suas escalas de produção. A Tabela 10 apresenta a distribuição das propriedades eficientes e ineficientes segundo o retorno de escala.

Tabela 10 - Eficiência técnica das propriedades separadas em grupos segundo o retorno de escala

Retorno de Escala	Eficientes		Ineficientes		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Crescente	43	15,14	241	84,86	284	43,36
Constante	50	53,76	43	46,24	93	14,20
Decrescente	11	3,96	267	96,04	278	42,44
Total Geral	104	15,88	551	84,12	655	100,00

Fonte: Resultados da pesquisa.

Observa-se na Tabela 10 que 43,36% das propriedades possuem retornos de escala crescentes, ou seja, o aumento da produção se dá a custos médios decrescentes, caracterizando-se como economia de escala. Outros 42,44% das propriedades possuem retornos à escala decrescentes, sendo que o aumento da produção processa-se a custos médios crescentes, conceituado como deseconomia de escala. As demais 93 propriedades (14,20%) possuem retornos constantes, onde um aumento percentual nos insumos utilizados resulta no aumento em mesma proporção da produção, apresentando que tais propriedades estão operando na chamada escala ótima de produção.

Caracterizando o grupo de DMUs que possuem retornos à escala constante, verifica-se que 53,76% delas são eficientes, ou seja, as propriedades assim analisadas são consideradas eficientes, tanto no que tange à escala de produção quanto na alocação de seus recursos. Essa é melhor situação para uma DMU, visto a ausência de desperdícios e sua operação em escala ótima, ou seja, em caso de aumento da produção, esse deve ocorrer mantendo-se a proporção de uso dos fatores.

Também pela Tabela 10 verifica-se que das propriedades que possuem retornos de escala crescentes, 84,86% (241 propriedades) apresentam algum tipo de pura ineficiência técnica, ou seja, não estão alocando de forma correta seus recursos, enfrentando, dessa forma, dois problemas: a ineficiência técnica, em que apresenta uso excessivo de insumos, e a ineficiência na escala de produção, pelo fato da DMU produzir abaixo da escala ótima. Para corrigir a ineficiência técnica, a propriedade deve eliminar possíveis desperdícios na utilização dos insumos, verificando se a mão de obra contratada ou familiar está utilizando os insumos de forma adequada e se o produto está passando pelos procedimentos corretos, de forma a evitar perdas. Para solucionar o problema de escala, é necessário aumentar a produção da propriedade ou expandir o tamanho da mesma, de maneira que a produção evolua mais que proporcionalmente aos gastos com insumos. Isso é possível, pois a propriedade está operando com retornos crescentes, isto é, a expansão da produção ocorrerá a custos médios decrescentes.

Quanto às propriedades que possuem retornos decrescentes de escala (278 propriedades), verifica-se que 96,04% são consideradas ineficientes. Nesta situação, as DMUs operam em escala além da ótima e têm ineficiência na alocação dos recursos, necessitando também da correção de ambos os problemas. Com relação ao problema de escala, uma vez que a propriedade opera acima da escala ótima, a expansão da produção ocorrerá a custos médios crescentes. Com isso, para reduzir os custos médios o ideal seria segmentar a produção em outras unidades produtivas, ou aprimorar a tecnologia empregada no processo produtivo, aumentando a produtividade dos fatores de produção.

Dessa forma, observa-se que apenas 7,63% das propriedades produtoras de leite em estudo apresentam a melhor situação possível, onde a DMU utiliza os recursos sem desperdícios e opera em escala ótima, enquanto as demais apresentam pelo menos um problema quanto a eficiência, seja ela técnica ou de escala.

Prosseguindo a análise das propriedades leiteiras quanto à escala de produção, a Tabela 11 apresenta os valores médios do produto e dos insumos utilizados para cada categoria.

Tabela 11 - Valores médios do produto e dos insumos das propriedades separadas em grupos segundo o retorno à escala (valores em R\$ mil)

Especificação	Crescente	Constante	Decrescente	Média Geral
Renda bruta	230,67	513,52	635,56	442,68
Gasto com concentrado	76,12	169,18	219,98	150,39
Gasto com mão de obra	38,15	61,31	93,68	65,01
Outros gastos	88,42	166,26	241,78	164,56
Estoque de capital em terra	450,91	653,56	1.147,48	775,33
Estoque de capital em animais	222,05	382,21	558,96	387,78
Estoque (benf.+maq.+forr.)	146,64	222,41	378,28	255,71

Fonte: Resultados da pesquisa.

Verifica-se que, em relação ao produto analisado, a renda bruta da atividade leiteira, o grupo de propriedades com retornos crescentes apresenta a menor média, fato que se repete com os gastos de todos os insumos e de forma considerável, pois todas as variações em relação às médias gerais atingem valores acima de 40%. Este resultado pode ser consequência do tamanho das propriedades pertencentes a esse grupo que têm necessidade de utilização de toda capacidade produtiva, uma vez que o aumento da produção provoca a redução dos custos médios dos fatores, isto é, economia de escala.

Apesar do grupo de propriedades que possui retornos decrescentes à escala apresentar a maior média de renda bruta na atividade leiteira, os gastos com concentrado, mão de obra, outros gastos e estoques de capital apresentam-se proporcionalmente superiores se comparados às propriedades com retornos constantes. Isso reforça a importância de se trabalhar em uma escala ótima de produção.

Prosseguindo com a caracterização das propriedades quanto à escala de produção, a Tabela 12 apresenta a relação dos estratos de produção segundo à eficiência de escala.

Tabela 12 - Escala de produção separada em grupos segundo o estrato de produção das propriedades

Estrato de produção	Crescente (%)	Constante (%)	Decrescente (%)
Até 500 l/dia	71,78	8,42	19,80
De 500 a 1000 l/dia	52,40	14,90	32,69
Acima de 1000 l/dia	12,24	18,37	69,39
Total	43,36	14,20	42,44

Fonte: Resultados da pesquisa.

Conforme apresentado na Tabela 12, apenas 8,42% das propriedades com produção até 500 l/dia encontram-se em estágio constante na função de produção. Verifica-se que 19,80% delas operam em escala decrescente e a maioria, 71,78%, possuem retornos crescentes de escala. Desta forma, a maioria das propriedades com menor nível de produção entre as estudadas possuem a necessidade de ampliar sua produção, de maneira que essa aumente a custos médios decrescentes, diante da economia de escala presente.

Nas propriedades de produção leiteira intermediária (de 500 a 1000 l/dia), a maioria das DMUs (52,40%) também apresentam retornos crescentes de escala, sendo 32,69% com retornos à escala decrescentes e 14,90% das propriedades desse estrato de produção trabalham em escala ótima.

Quando analisa-se o estrato de produção acima de 1000 l/dia, como já era esperado, a proporção de DMUs com retornos decrescentes de escala torna-se maior, atingindo 69,39%, ou seja, o aumento da produção se dará a custos crescentes. Uma alternativa, nesse caso, é reduzir o volume de produção da DMU, mantendo a mesma relação entre produto e insumos ou adotar políticas qualitativas de forma que o aumento da produtividade dos fatores possibilite o crescimento da produção sem a necessidade de se utilizar mais insumos.

Após analisar a proporção de DMUs localizadas em cada estrato de produção e seus respectivos retornos à escala, a Tabela 13 apresenta a eficiência técnica média desses estratos em cada tipo de retorno encontrado. Observa-se que as propriedades com escala ótima de produção apresentam-se também com maior média de eficiência técnica em todos os estratos de produção, seguido pelas DMUs de retornos crescentes.

No que tange aos estratos de produção, as propriedades com produção acima de 1000 l/dia apresentam os maiores índices médios de eficiência em todos os tipos de

retorno à escala. Já o estrato de menor produção (até 500 l/dia) apresenta os menores índices médios de eficiência.

Tabela 13 – Índice médio de pura eficiência técnica das propriedades segundo o estrato de produção e o retorno de escala

Estrato de produção	Crescente	Constante	Decrescente	Total Geral
Até 500 l/dia	0,79	0,86	0,62	0,76
De 500 a 1000 l/dia	0,80	0,87	0,71	0,78
Acima de 1000 l/dia	0,87	0,90	0,82	0,84
Total	0,80	0,88	0,76	0,80

Fonte: Resultados da pesquisa.

Do mesmo modo que realizado para a eficiência técnica, procedeu-se com a análise da eficiência de escala com base na localização das propriedades de leite. A Tabela 14 apresenta o número de propriedades por região em cada categoria de retorno à escala, enquanto a Figura 10 apresenta os índices médios de eficiência de escala em cada mesorregião mineira. Novamente, deve-se atentar que as mesorregiões Norte, Vale do Jequitinhonha e Zona da Mata não apresentam propriedades leiteiras em estudo.

Tabela 14 – Localização das propriedades segundo o retorno à escala

Região	Crescente	Constante	Decrescente	Total
Campo das Vertentes	0	0	3	3
Central	15	5	22	42
Metropolitana	28	7	29	64
Noroeste	13	4	12	29
Oeste	16	10	22	48
Sul/Sudoeste	50	11	61	122
Triângulo/Alto Paranaíba	139	47	109	295
Vale do Mucuri	6	2	4	12
Vale do Rio Doce	17	7	16	40

Fonte: Resultados da pesquisa.

Observa-se que a mesorregião com maior proporção de propriedades com escala ótima de produção é a Oeste (20,83%), seguida da região do Vale do Rio Doce (17,50%). A região do Vale do Mucuri e Triângulo Mineiro apresentaram maior proporção de DMUs com retornos crescentes de escala, 50% e 47,12% respectivamente. Já as três propriedades estudadas da região do Campo das Vertentes apresentaram

retornos decrescentes de escala e 52,38% das propriedades da região Central também apresentaram deseconomia de escala.

Em geral, todas as regiões apresentaram problemas de escala, necessitando, assim, recorrer aos métodos já apresentados nesse estudo. Mas, para verificar o grau médio dessa ineficiência, pode-se recorrer aos índices médios de eficiência de escala para as nove mesorregiões mineiras que apresentam propriedades nesse estudo.

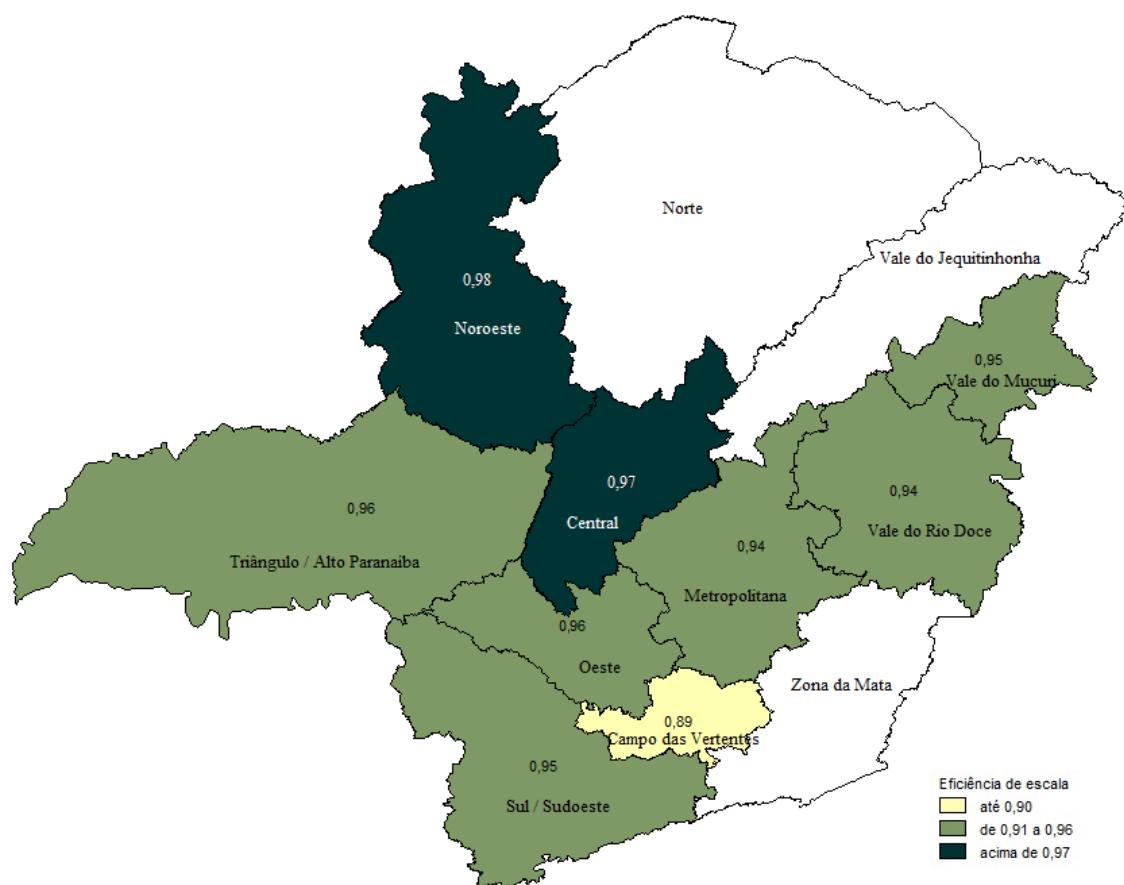


Figura 10 – A eficiência de escala das propriedades leiteiras segundo a mesorregião de origem

* As mesorregiões Norte, Vale do Jequitinhonha e Zona da Mata não apresentam nenhuma propriedade na amostra

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 10 destaca as regiões Noroeste e Central como as que apresentam, em média, menores níveis de ineficiência de escala, com índices de eficiência de 0,98 e

0,97, respectivamente. De outro lado, o menor grau médio de eficiência de escala está presente na região do Campo das Vertentes⁷ com nível de 89%.

5.4 Desempenho técnico e econômico

Após analisar as eficiências técnicas e de escala e observar suas relações quanto ao uso dos insumos, geração de produto, estratos de produção e localização, cabe verificar se os padrões de eficiência também são verificados nos desempenhos técnico e econômico das DMUs em estudo.

A análise a seguir é baseada no desempenho técnico e econômico das propriedades em estudo segundo a eficiência técnica. A Tabela 15 apresenta esses indicadores de desempenho separados pela condição de eficiência.

Tabela 15 - Indicadores de desempenho técnico e econômico, segundo a eficiência técnica

Especificação	Eficiente	Ineficiente	Média Geral
Produtividades			
Vacas em lactação (L/dia)	14,18	14,34	14,32
Total de vacas (L/dia)	11,11	11,04	11,05
Mão de obra permanente (L/dh)	331,17	314,06	316,77
Terra (L/ha/ano)	6075,13	4886,28	5075,05
Desempenho econômico			
Renda bruta da atividade (R\$/L)	1,23	1,16	1,17
Custo operacional efetivo (R\$/L)	0,68	0,81	0,79
Custo operacional total (R\$/L)	0,82	0,94	0,92
Margem bruta unitária (R\$/L)	0,35	0,17	0,20
Margem líquida unitária (R\$/L)	0,19	0,02	0,05
Retorno do capital s/ terra (% a.a.)	15,14	5,69	7,19
Retorno do capital c/ terra (% a.a.)	7,72	2,61	3,42

Fonte: Resultados da pesquisa.

Com relação às produtividades médias, observa-se que a maior diferença entre DMUs eficientes e ineficientes é com base na produtividade da terra, apresentando nas unidades eficientes um resultado 24,33% superior ao das ineficientes. Com relação à

⁷ É importante salientar que, pelo fato da região do Campo das Vertentes apresentar somente três propriedades em estudo, os índices das mesmas influenciam muito tais médias.

produtividade da mão de obra observa-se uma variação de 5,45% entre propriedades eficientes e ineficientes. Já a produtividade quanto ao total do rebanho apresentou variação quase nula e com relação ao volume de litro diários por vacas em lactação as propriedades ineficientes apresentaram ligeira vantagem se comparado às eficientes. Esse último fato pode ser explicado pelas técnicas de manejo que controlam o volume de leite ordenhado, mantendo a qualidade e produtividade do animal, que podem ser diferentes entre unidades eficientes e ineficientes.

A partir do desempenho econômico das DMUs, também apresentado na Tabela 15, pode-se traçar planos e metas na relação entre receita e despesas do segmento produtivo leiteiro.

Observa-se que a renda bruta média por unidade produzida nas propriedades consideradas eficientes tecnicamente é R\$0,07 superior às unidades produtoras ineficientes. Esse valor é significativo, visto o preço médio do leite e de seus derivados no mercado consumidor. Além disso, os custos operacionais efetivo e total são inferiores nas DMUs eficientes, agravando ainda mais as condições econômicas das propriedades de leite consideradas ineficientes. O custo operacional efetivo (COE) das propriedades ineficientes é praticamente o custo operacional total (COT) das propriedades eficientes.

A presença de renda bruta média superior e custos operacionais inferiores nas DMUs eficientes reflete nas margens bruta e líquida das propriedades, colocando-as muito superiores às margens unitárias das propriedades ineficientes. Essas diferenças chegam a 105,88% para a margem bruta e de mais de nove vezes para a margem líquida. Em valores globais, essas margens apresentam diferenças significativas entre eficientes e ineficientes, que atingem mais que duas vezes na margem bruta e quase quatro vezes na margem líquida.

A avaliação das propriedades com base na eficiência técnica também identifica a diferença com base nos retornos sobre o capital investido, sendo, para as DMUs eficientes, de 15,14% ao ano se não for considerado o capital em terra e de 7,72% ao ano no caso de considerar todo o capital investido, incluindo a terra. Em contraponto, para as propriedades ineficientes, os retornos com capital investido com e sem incluir o capital em terra são de 5,69% a.a. e 2,61% a.a., respectivamente, valores esses inferiores a investimentos básicos, como a poupança.

De forma a ampliar a caracterização do perfil dos produtores, a Tabela 16 apresenta informações relacionadas aos desempenhos técnico e econômico da atividade leiteira em cada tipo de retorno à escala.

Tabela 16 - Indicadores de desempenho técnico e econômico, segundo o tipo de retorno à escala

Especificação	Tipo de retorno			Média Geral
	Crescente	Constante	Decrescente	
Produtividades				
Vacas em lactação (L/dia)	13,59	14,95	14,84	14,32
Total de vacas (L/dia)	10,48	11,85	11,36	11,05
Mão de obra permanente (L/dh)	270,86	368,94	346,23	316,77
Terra (L/ha/ano)	4820,29	5999,96	5.025,90	5.075,05
Desempenho econômico				
Renda bruta da atividade (R\$/L)	1,15	1,22	1,17	1,17
Custo operacional efetivo (R\$/L)	0,77	0,72	0,82	0,79
Custo operacional total (R\$/L)	0,93	0,83	0,94	0,92
Margem bruta (R\$/L)	0,18	0,32	0,18	0,20
Margem líquida (R\$/L)	0,00	0,19	0,04	0,05
Retorno do capital s/ terra (%) a.a.)	5,83	14,72	6,06	7,19
Retorno do capital c/ terra (%) a.a.)	2,78	7,50	2,71	3,42

Fonte: Resultados da pesquisa.

Diante das produtividades parciais - relação entre a produção de leite e o uso de fatores - observa-se que, em média, estas são maiores nos produtores que operam na escala ótima. Todos os indicadores de produtividade são menores nos produtores com retornos crescentes e nas DMUs com retornos decrescentes as produtividades aproximam-se da média geral.

Apesar da produção e o uso dos fatores crescerem com o tipo de retorno, o fato dos indicadores de produtividades parciais médias serem superiores nas propriedades com escala ótima de produção, reforça a importância do uso eficiente desses fatores de produção, ou seja, maior produção e maior uso dos fatores não é sinônimo de maior produtividade. A alocação eficiente dos fatores influencia diretamente as produtividades parciais, sejam elas relacionadas à mão de obra, rebanho ou terra.

Visando identificar algumas relações entre receita e custo de produção, os indicadores de desempenho econômico também encontram-se na Tabela 16.

A renda bruta da atividade leiteira sobre o volume de produção apresenta a receita média da atividade. Apesar de não haver uma diferença muito grande dessa renda bruta unitária entre os tipos de retornos à escala, percebe-se que essa é superior em escala ótima de produção. Em média, os produtores analisados recebem R\$ 1,17 por litro de leite produzido⁸.

Com relação ao custo operacional efetivo (COE) percebe-se que o gasto direto médio dos produtores que operam com retornos decrescentes é maior, visto à provável utilização de uma tecnologia mais intensiva desses produtores. O menor COE é observado nas propriedades com retornos constantes, sendo esse desembolso corrente do produtor de R\$0,72/litro.

Quando analisado o custo operacional total (COT) tem-se que esse é maior no estrato de produtores que operam com retornos decrescentes. Contudo a diferença entre o COT desse estrato com o estrato de produtores com retornos crescentes difere-se em R\$0,01/litro. Essa diferença bem inferior à analisada no COE pode ser reflexo do uso mais intensivo da mão de obra familiar nas propriedades com retornos crescentes de escala e com menores estratos de produção.

Quanto à margem bruta pode-se perceber que em todos os estratos não há prejuízos contábil e a maior margem bruta está presente nos produtores com escala ótima de produção (R\$0,32 por litro ou aproximadamente R\$ 132 mil/ano). Ao comparar as propriedades com algum grau de ineficiência de escala, observa-se que a margem bruta do estrato dos produtores com retornos decrescentes é igual à registrada no estrato com retornos crescentes.

As margens líquidas, em média, são todas não negativas, observando ainda as discrepâncias quantitativas entre os tipos de retorno à escala, que se tornam ainda maiores em tal análise. Pode-se perceber também que, nas escalas de produção com retornos constantes e decrescentes, há uma remuneração ao capital investido, garantindo, assim, a permanência do produtor na atividade produtiva leiteira, caso esta situação se sustente. No caso das propriedades com retornos crescentes à escala, tal retorno é nulo, demandando maior atenção no que diz respeito ao denominado custo de oportunidade.

⁸ Esse valor não refere-se ao preço médio do litro do leite, mas à renda bruta por unidade de leite. Pode haver derivados do leite que se inserem na renda bruta da atividade leiteira.

Por fim, as taxas de retorno sobre o capital investido, expressas em percentual ao ano, ilustram como o capital investido está sendo remunerado. As taxas de retorno média das propriedades com retornos constantes de escala são mais que o dobro das médias gerais, seja a análise desse retorno considerando ou não o capital investido em terra. Para os grupos das propriedades com ineficiência de escala, as médias desses retornos são semelhantes e/ou abaixo de rentabilidades presentes no mercado.

Dessa forma, observar as DMUs com escala ótima de produção e seus respectivos níveis de desempenho econômico e produtividade, podem contribuir na correção dos problemas relacionados à escala de produção nas propriedades ineficientes neste aspecto.

Diante das análises realizadas, pode-se observar que a eficiência, seja ela pura ou de escala, e os desempenhos técnico e econômico estão diretamente relacionados, reforçando a necessidade de se aplicar procedimentos que direcionem as propriedades ineficientes para a fronteira eficiente.

5.5 Projeção das propriedades ineficientes na fronteira de produção eficiente

A medida de eficiência obtida para cada DMU ocorre de forma comparativa, pois na metodologia DEA uma unidade de decisão somente não possui eficiência técnica máxima se existir pelo menos outra DMU, ou uma combinação de DMUs, que está utilizando de forma mais eficiente os insumos e produzindo, no mínimo, a mesma quantidade de produto. Dessa forma, é possível detectar as propriedades eficientes responsáveis pelo fato de determinada organização ter sido considerada ineficiente.

As unidades de produção eficientes que atuam como referências para as ineficientes na obtenção de eficiência são denominadas *benchmarks*. A técnica de análise envoltória de dados apresenta-se também como a metodologia capaz de identificar os pontos ineficientes, de forma que as propriedades os identifiquem e, assim, consigam eliminá-los.

Esta seção apresenta as projeções para que as DMUs que possuem algum tipo de ineficiência na alocação dos recursos se transformem em propriedades eficientes. Pelo fato do estudo trabalhar com orientação produto, as projeções são realizadas através do

quanto de produto, ou seja, a renda bruta da atividade leiteira, pode ser ampliada, mantendo os insumos utilizados de forma que uma DMU ineficiente atinja à eficiência.

Baseado nos *benchmarks* para cada propriedade ineficiente, a Tabela 17 mostra os ganhos possíveis de renda bruta após a correção das ineficiências.

Tabela 17 – Condição de eficiência técnica e ganhos possíveis de renda bruta após a correção das ineficiências (valores em R\$ mil/ano)

Especificação	Eficiente	Ineficiente	Total Geral
Renda bruta (RB) original (R\$ mil)	517,80	428,50	442,68
RB projetada corrigindo pela ET ¹	517,80	545,37	540,99
Possibilidade de ganho (%)	0,00	27,27	22,21
RB projetada corrigindo Pela EE ²	549,94	449,94	465,82
Possibilidade de ganho (%)	6,21	5,00	5,23
RB projetada corrigida por ET e EE	549,94	570,85	567,53
Possibilidade de ganho (%)	6,21	33,22	28,20

¹ Eficiência técnica

² Eficiência de escala

Fonte: Resultados da pesquisa.

Como as possibilidades de ganhos corrigindo a eficiência técnica só ocorrem para as propriedades ineficientes, visto que as eficientes já se encontram na fronteira de produção ótima, os ganhos percentuais médios possíveis são zero para as eficientes, independente do retorno à escala de produção. Contudo, a possibilidade de ganho das DMUs eficientes, mas que não trabalham na escala ótima de produção é de 6,21%.

Mesmo a análise sendo feita via os ganhos percentuais possíveis no produto, observa-se a má alocação dos insumos e a possível subutilização dos mesmos nas unidades ineficientes. Os ganhos possíveis são significativos, apresentando uma média de 27,27% no caso da correção da ineficiência técnica e de 33,22% no caso de ajustes tanto técnicos, quanto de escala, superando a renda bruta média das propriedades originalmente consideradas eficientes.

Cabe destacar também que os ganhos médios que as correções técnica e de escala proporcionam são superiores à soma dos ganhos projetados corrigindo apenas a ineficiência técnica ou apenas a ineficiência de escala. Esse fato apresenta a importante relação entre a utilização adequada dos insumos e o volume de produção, ou seja, não

basta ser somente eficiente tecnicamente, mas para obter todos os ganhos possíveis, deve-se também atentar à escala de produção.

O uso da orientação produto deveu-se à dificuldade em se reduzir alguns tipos de gastos, como mão de obra familiar, e de capital estocado, como terra. Assim, o uso de especialização e de novas técnicas de manejo podem auxiliar na projeção das propriedades consideradas ineficientes para a fronteira de eficiência.

De qualquer forma, mesmo incluindo os produtores eficientes nos cálculos das médias, nota-se que a possibilidade de aumentar a receita mediante correção dos problemas é considerável. Os ganhos potenciais nas receitas giram em torno de 28%. Ressalta-se que tais ganhos são perfeitamente possíveis, uma vez que a projeção é feita com base em produtores que desenvolvem atividades semelhantes, porém de forma mais eficiente.

Do mesmo modo que apresentado na análise anterior, a Tabela 18 apresenta, com base na escala de produção, os ganhos possíveis de produto após a correção das eficiências técnica e de escala.

Tabela 18 – Retorno à escala e ganhos possíveis de renda bruta após a correção das ineficiências (Valores em R\$ mil/ano)

Especificação	Crescente	Constante	Decrescente
Renda bruta (RB) original (R\$ mil)	230,67	513,52	635,56
RB projetada corrigindo pela ET ¹	290,10	572,90	786,62
Possibilidade de ganho (%)	25,76	11,56	23,77
RB projetada corrigindo pela EE ²	240,47	513,52	680,06
Possibilidade de ganho (%)	4,25	0,00	7,00
RB projetada corrigida por ET e EE	301,40	572,90	837,59
Possibilidade de ganho (%)	30,66	11,56	31,79

¹ Eficiência técnica

² Eficiência de escala

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os ganhos nas propriedades com escala ótima de produção são os menores se comparados às DMUs que não apresentam retornos constantes a escala. Esse aspecto reforça a relação direta entre a possibilidade de ganhos técnicos e de escala. Ainda em relação aos ganhos corrigindo a eficiência técnica, observa-se uma possibilidade de

ganho suavemente superior nas propriedades com retornos crescentes, mas em valores monetários o maior ganho refere-se às propriedades com retornos decrescentes (ganho médio de R\$ 151,06 mil).

Com base nos ganhos projetados, ao corrigir os problemas de escala de produção, os maiores ganhos percentuais ficam com as DMUs em deseconomia de escala. Cabe ressaltar, que as propriedades com retornos constantes não apresentam ganhos referentes à escala, pois elas operam em escala ótima de produção, garantindo todos os ganhos possíveis nesse aspecto.

Após as correções das ineficiências técnica e de escala, os maiores ganhos percentuais são das DMUs em deseconomia de escala (31,79%), seguido bem próximo das possibilidades de ganho médio das propriedades com retornos crescentes a escala (30,66%).

Tais projeções reforçam a importância de se trabalhar eficientemente e que práticas eficientes devem ser difundidas no segmento produtivo leiteiro, de forma a garantir a permanência dos produtores no mercado e o atendimento à demanda crescente de leite e derivados.

5.6 Análise discriminante da eficiência

Essa seção apresenta a análise discriminante de forma a identificar quais são as variáveis que efetivamente discriminam os grupos de propriedades em relação à condição de eficiência. Para realizar a análise discriminante, as propriedades foram separadas em dois grupos, eficientes e ineficientes, sendo a condição de eficiência a variável dependente e as demais variáveis serão independentes. Foi utilizado o método *stepwise* (passo-a-passo), por assegurar a maximização da distinção entre os grupos e um grande percentual de casos classificados corretamente. Algumas variáveis, por não representarem influência alguma para o agrupamento, foram retiradas da análise para não causar viés nos resultados. A Tabela 19 apresenta as variáveis que entraram na análise a cada etapa.

Tabela 19 – Variáveis que entraram na análise discriminante

Variáveis discriminantes
Taxa de remuneração do capital com terra (% a.a.)
Produção / mão de obra permanente (L/dh)
Produção / vaca em lactação (L/dia)
Produção / área de pecuária (L/ha/ano)
Gasto com mão de obra / renda bruta do leite (%)
Margem bruta / área de pecuária (R\$/ha)

Fonte: Resultados da pesquisa.

A variável Taxa de remuneração do capital com terra foi incluída na primeira etapa da análise, ou seja, essa variável é a que mais discrimina as propriedades dos dois grupos. Na segunda etapa, foi incluída a variável referente à produtividade da mão de obra, seguida das produtividades do rebanho e da terra. Em seguida cabem destaque o percentual de gasto com mão de obra na renda bruta do leite e a margem bruta média por hectare destinado à pecuária leiteira. É possível afirmar, portanto, que essas variáveis são as que distinguem melhor os grupos de propriedades eficientes e ineficientes.

Na Tabela 20 são apresentados alguns indicadores da qualidade de ajustamento da função discriminante. Os resultados mostram a capacidade de discriminação para a função.

Tabela 20 – Indicadores de eficiência da função discriminante

Função	Eigenvalue	% da variância	% acumulado	Correlação canônica
1	318,904	100	100	1,000

Fonte: Resultados da pesquisa.

Diante da presença de dois grupos na análise, foi gerada apenas uma função discriminante. Na segunda coluna é mostrado o valor *eigenvalue*, que é a razão da variância entre os grupos e a variância dentro dos grupos, ou seja, quanto maior o *eigenvalue* maior parte da variância da variável dependente é explicada pela função. Na terceira coluna, é apresentado o percentual da variância explicado pela função e, na quarta, o percentual acumulado de variância explicada. É possível observar o valor de associação das variáveis independentes e a variável dependente através da correlação

canônica na última coluna, em que o quadrado dessa correlação é o percentual de variância da variável dependente discriminado pelas variáveis independentes.

De forma a testar a significância do *eigenvalue* para a função, a Tabela 21 apresenta o Lambda de Wilks. O Lambda de Wilks é a proporção do total da variância na função discriminante que não é explicada pelas diferenças entre grupos. Valores próximos de zero significam que as médias do grupo são significativamente diferentes, portanto, quanto menor o valor do Lambda de Wilks, melhor é a função. O nível de significância comprova que a probabilidade de se cometer o erro estatístico Tipo II⁹ é zero.

Tabela 21 – Significância da função (Lambda de Wilks)

Teste da função	Lambda de Wilks	Qui-Quadrado	GL	Significância
1	0,076	179,681	6	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa.

De forma a sintetizar os resultados da análise, a Tabela 22 apresenta os coeficientes obtidos para as variáveis que compõem a função discriminante. Segundo o teste Lambda de Wilks, as variáveis da função são estatisticamente significativas a 1%, sendo possível especificar a função discriminante através dos valores desses coeficientes, que indicam a capacidade relativa da variável independente em prever o comportamento da variável dependente.

Tabela 22 – Coeficientes das variáveis da função discriminante

Variável	Coeficiente
Taxa de remuneração do capital com terra (% a.a.)	1,216
Produção / mão de obra permanente (L/dh)	-0,382
Produção / vaca em lactação (L/dia)	-0,520
Produção / área de pecuária (L/ha/ano)	0,520
Gasto mão de obra / renda bruta do leite (%)	-0,350
Margem bruta / área de pecuária (R\$/ha)	-0,414

Fonte: Resultados da pesquisa.

De forma a verificar a taxa de sucesso dessa previsão das propriedades de cada grupo, a função discriminante procede com a identificação do número de propriedades

⁹ Probabilidade de se aceitar a hipótese nula quando na verdade ela é falsa.

classificadas corretamente. Ou seja, usando os escores discriminantes individuais, pode-se prever se uma propriedade faz parte do grupo de eficientes ou do grupo de ineficientes. Após a previsão, compara-se o grupo indicado pela função discriminante com o verdadeiro grupo ao qual a propriedade pertence.

Diante das tabelas apresentadas anteriormente, a Tabela 23 mostra o resultado da função discriminante em relação à confiabilidade dos resultados originais quanto à condição de eficiência.

Tabela 23 – Classificação inicial dos grupos em relação ao resultado da função discriminante

Especificação dos grupos	Resultado da Função Discriminante		Total de Casos
	Eficientes	Ineficientes	
Número de casos	Eficientes	61	43
	Ineficientes	96	455
% dos casos	Eficientes	58,7	41,3
	Ineficientes	17,4	82,6
78,8% dos casos agrupados inicialmente foram corretamente classificados.			

Fonte: Resultados da pesquisa.

Como pode ser verificado, nas propriedades classificadas originalmente como eficientes, a taxa de sucesso da função discriminante foi de 58,7%, enquanto 41,3% tem a probabilidade de pertencer ao grupo de propriedades ineficientes. Da mesma forma, das propriedades ditas ineficientes, 82,6% foram consideradas ineficientes pela função discriminante, enquanto 17,4% tem a probabilidade de pertencer ao grupo de propriedades eficientes.

Consequentemente, pode-se inferir que dos resultados originais quanto à eficiência das propriedades, 78,8% foram considerados satisfatórios para a pesquisa pela função discriminante, sendo um valor relativamente alto frente à quantidade de variáveis inseridas na função.

Diante dos resultados da análise discriminante apresentados, a Tabela 24 apresenta a média das respectivas variáveis que discriminam os grupos de eficientes e ineficientes. Como já apresentado, verifica-se que as variáveis taxa de remuneração do capital com terra, produtividade da mão de obra, produtividade do rebanho em lactação, produtividade da terra, proporção da renda bruta do leite despendida com mão de obra e a relação entre margem bruta e área de pecuária são as que discriminam os grupos em relação à condição de eficiência.

Tabela 24 – Média das variáveis que discriminam os grupos de propriedades eficientes e ineficientes

Especificação	Unidade	Eficientes	Ineficientes
Taxa de rem. do capital c/ terra	% a.a.	7,72	2,61
Produção/mão de obra permanente	L/dh	331,17	314,06
Produção/vaca em lactação	L/dia	14,18	14,34
Produção/área de pecuária	L/ha/ano	6075,13	4886,28
Gasto mão de obra/renda bruta do leite	%	10,91	15,57
Margem bruta / área de pecuária	R\$/ha	1816,45	807,65

Fonte: Resultados da pesquisa.

A taxa de remuneração do capital com terra, como foi apresentado anteriormente, mede o retorno sobre todo o estoque de capital investido na atividade leiteira, medida em % ao ano. Percebe-se que a média desse indicador para as propriedades eficientes é muito superior à das propriedades ineficientes. Como quanto mais alto o valor do índice, maior o grau de retorno sobre o investimento, pode-se inferir que as propriedades ineficientes devem alterar, se possível, suas políticas de investimento.

Outro resultado importante foi a consideração das produtividades da mão de obra, do rebanho e da terra como variáveis discriminantes pela análise. Verifica-se que as propriedades eficientes tendem a apresentar maiores produtividades médias dos fatores de produção utilizados pela pecuária de leite. Contudo, a média da produtividade do rebanho em lactação é levemente superior no caso das propriedades ineficientes devido à presença de produtores assim considerados que apresentam alta produtividade nesse fator de produção e produtividades muito baixas nos demais fatores (por isso considerados ineficientes), sendo esses os possíveis casos de insucesso na classificação da análise discriminante¹⁰.

A proporção da renda bruta do leite gasta com mão de obra também foi considerado um fator discriminante entre DMUs eficientes e ineficientes. Enquanto as propriedades eficientes têm um dispêndio médio de 10,91% da renda bruta, as ineficientes superam os 15% dessa razão.

¹⁰ Como apresentado em análise anterior, o fato da produtividade média do rebanho em lactação das propriedades ineficientes apresentar ligeira vantagem se comparado às eficientes pode ser explicado pelas técnicas de manejo que controlam o volume de leite ordenhado, mantendo a qualidade e produtividade do animal.

A razão entre a margem bruta e a área destinada a pecuária leiteira conclui as variáveis consideradas discriminantes na análise realizada, representando um distanciamento comparativo entre eficientes e ineficientes e reforçando o papel da também discriminante produtividade da terra.

Os resultados dos fatores discriminantes reforçam as análises anteriores e dão respaldo para o uso desses indicadores econômicos e de produtividades no segmento produtivo do leite, proporcionando assim a manutenção da eficiência e a projeção das propriedades ineficientes para a fronteira eficiente.

5.7 A seleção de agentes eficientes: os principais *benchmarks*

De forma a identificar os agentes eficientes para o processo de difusão de informação e tecnologia também eficiente, devem-se destacar as unidades tomadoras de decisão que mais servem de referências para as demais, de forma utilizar-se de suas características e práticas eficientes na construção de um ciclo virtuoso para todo o segmento produtivo leiteiro.

Neste estudo, das 104 propriedades eficientes, 86 foram consideradas *benchmarks* para pelo menos uma propriedade ineficiente, sendo que apenas 45 são referência para dez ou mais DMUs. Contudo, cinco propriedades destacam-se dentre as unidades eficientes, apresentando-se como referências para um grande número de entes ineficientes.

A Tabela 25 apresenta os cinco principais *benchmarks* dentre as propriedades analisadas, bem como suas características quanto à dimensão da produção diária e da área utilizada para a pecuária leiteira.

Tabela 25 – Os cinco principais *benchmarks* e suas características dimensionais

Especificação	<i>Benchmark</i> 1	<i>Benchmark</i> 2	<i>Benchmark</i> 3	<i>Benchmark</i> 4	<i>Benchmark</i> 5
Nº de vezes <i>benchmarks</i>	230	206	182	163	149
Eficiência técnica	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Eficiência de escala	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Produção média (L/dia)	1.439	191	833	1.739	2.142
Área para a pecuária (ha)	73,6	60,3	425,0	67,0	95,5

Fonte: Resultados da pesquisa.

Observa-se que o *Benchmark* 1 é referência para 41,74% das propriedades com algum grau de ineficiência (230/551), sendo que 86,75% das propriedades ineficientes têm pelo menos uma dessas cinco DMUs como *benchmarks*. Percebe-se também que os *benchmarks* apresentados apresentam 100% de eficiência tanto técnica¹¹ quanto de escala.

Cabe destacar que tais propriedades diferenciam-se quanto às dimensões produtivas e área disponível para a pecuária em estudo. A produção média dos *benchmarks* apresentados varia de 191 (*Benchmark* 2) a 2.142 litros diários (*Benchmark* 5), enquanto a área da pecuária varia de 60,3 (*Benchmark* 2) a 425 hectares (*Benchmark* 3). Essas informações mostram que as propriedades de referência não apresentam características específicas, podendo ser pequenas, médias e grandes propriedades, com tamanhos de produção também distintos.

Outro fator importante na análise é que as principais unidades de referência encontram-se dispersas pelas mesorregiões de Minas Gerais, sendo que duas encontram-se no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (*Benchmarks* 1 e 5), uma na Região Metropolitana (*Benchmark* 2), uma no Vale do Rio Doce (*Benchmark* 3) e uma na Região Sul/Sudoeste (*Benchmark* 4).

De forma a ampliar a caracterização das cinco principais unidades de referência, a Tabela 26 apresenta o produto e os insumos utilizados na análise de eficiência.

¹¹ Toda unidade de referência (*benchmark*) deve apresentar uma pura eficiência técnica igual a 1 (100%).

Tabela 26 – Produto e insumos das principais propriedades de referência

<i>Output/inputs</i>	<i>Benchmark</i>	<i>Benchmark</i>	<i>Benchmark</i>	<i>Benchmark</i>	<i>Benchmark</i>
	1	2	3	4	5
Renda bruta	813,42	129,71	531,17	<u>1211,65</u>	1024,76
Gasto - concentrado	187,53	13,16	<u>32,42</u>	337,81	267,57
Gasto - mão de obra	93,60	17,58	54,52	<u>88,52</u>	109,09
Outros gastos	285,09	<u>30,19</u>	145,73	301,79	243,40
Est. capital - terra	470,68	192,81	905,97	2142,36	<u>534,45</u>
Est. capital - animais	<u>286,39</u>	94,07	625,31	737,66	704,66
Est. (benf.+maq.+forr.)	<u>177,70</u>	115,00	368,15	424,90	383,44

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os *benchmarks* apresentam características diferentes quanto às proporções de cada insumo em relação ao produto. Nota-se que cada DMU apresentada tem, pelo menos, uma proporção considerada a menor dentre as unidades de referência aqui estudadas. Por exemplo, o *Benchmark* 3 apresenta a menor proporção de gasto com concentrado em relação à renda bruta (6,10%), enquanto a menor proporção de gasto com mão de obra foi do *Benchmark* 4 (7,31%)¹². Tais proporções diversas entre os insumos e o produto em cada unidade de decisão reforça que os *benchmarks* apresentam proporções de usos diferentes e garantem um maior número de ajustes possíveis nas unidades consideradas ineficientes.

Outro fato que pode ser reforçado é que diferentes proporções de insumos e até volumes maiores dos mesmos podem proporcionar eficiência, desde que os mesmos sejam bem alocados e, consequentemente, gerem uma maior renda bruta (*output*).

De forma a caracterizar as principais DMUs de referência frente às suas produtividades e desempenho técnico, a Tabela 27 apresenta tais indicadores para cada uma das cinco propriedades em estudo.

¹² As menores proporções entre cada insumo e o produto, bem como o maior produto encontram-se sublinhados na Tabela 26.

Tabela 27 – Indicadores de desempenho técnico e econômico para as principais unidades de referência

Especificação	Benchmark 1	Benchmark 2	Benchmark 3	Benchmark 4	Benchmark 5
Produtividades					
Vacas em lactação (L/dia)	17,26	10,09	7,02	17,70	19,62
Total de vacas (L/dia)	13,61	7,75	4,08	13,70	16,49
Mão de obra (L/dh)	515,07	126,62	178,88	423,11	550,91
Terra (L/ha/ano)	7.138,15	1.154,94	715,51	9.472,63	8.189,40
Desempenho econômico					
Renda bruta (R\$/L)	1,55	1,86	1,75	1,91	1,31
COE (R\$/L)	0,66	0,33	0,34	0,59	0,56
COT (R\$/L)	0,74	0,51	0,41	0,64	0,66
Margem bruta (R\$/L)	0,54	1,10	0,99	0,79	0,57
Margem líquida (R\$/L)	0,43	0,80	0,87	0,70	0,45
Ret. do cap. s/ terra (% a.a.)	48,90	26,48	26,48	38,37	32,58
Ret. do cap. c/ terra (% a.a.)	24,28	13,78	13,85	13,50	21,85

Fonte: Resultados da pesquisa.

Quanto as produtividades das propriedades apresentadas, observa-se uma variação considerável dentre as unidades de referência, sendo que a propriedade com maior volume de produção das cinco citadas (*Benchmark 5*) apresenta as maiores produtividades com relação ao rebanho e a mão de obra e a segunda maior produtividade em relação a terra. Já o *Benchmark 3*, com a segunda maior produção média diária e apenas a quarta maior dimensão em área, apresenta a maior produtividade da terra dentre as unidades apresentadas.

Essas diferenças consideráveis entre as produtividades do rebanho, do trabalho e da terra mostram que uma única unidade normalmente não pode ser a referência para um conjunto de unidades ineficientes com características dimensionais, locacionais e de práticas diferentes. Dessa forma, diante da heterogeneidade das 655 propriedades analisadas, cabe também uma diversidade dentre as unidades de referência, o que foi constatado nesse estudo.

Ainda na Tabela 27, deve ser observado o desempenho econômico das cinco principais unidades de referência, constatando que em todos os indicadores apresentados tais unidades apresentam resultados mais favoráveis se comparados às médias do conjunto de propriedades e também do grupo das eficientes¹³.

A renda bruta unitária dos cinco principais *benchmarks* varia de R\$1,31 a R\$1,91 por litro de leite, enquanto a média desse indicador dentre o conjunto de todas

¹³ As médias gerais dos indicadores, bem como separadas para as propriedades eficientes e ineficientes, encontram-se na Tabela 15.

as unidades eficientes é de R\$1,23 por litro. Os indicadores de custo (COE e COT) dessas propriedades também são melhores que a média das DMUs eficientes, sendo ambos inferiores aos COE e COT do conjunto das unidades eficientes. As margens bruta e líquida unitárias das cinco DMUs aqui analisadas também superam as margens médias das 104 unidades eficientes do estudo.

Contudo, o que cabe maior destaque nessa análise são as diferenças consideráveis nas taxas de retorno entre as cinco principais propriedades de referência e as médias dessas taxas nas unidades 100% eficientes. A menor taxa de remuneração do capital sem terra dentre as cinco propriedades supracitadas é dos *Benchmarks* 2 e 3 (26,48% a.a.), sendo esse valor 74,90% superior à média dessa taxa dentre as unidades eficientes. O mesmo ocorre com a taxa de remuneração do capital considerando o estoque de capital em terra, onde essa diferença é de 74,87%. Esse resultado demonstra o quanto importante é o uso de técnicas eficientes na geração de ganhos econômicos consideráveis, garantindo o retorno adequado ao capital investido no segmento leiteiro.

Prosseguindo a análise das principais unidades de referência, a Tabela 28 resume os indicadores considerados na análise multivariada como os que mais discriminam os grupos de eficientes e ineficientes. Alguns desses indicadores já foram analisados nessa seção, contudo são reapresentados de forma a reforçar sua importância.

Tabela 28 – Variáveis que entraram na análise discriminante dos cinco maiores *benchmarks*

Variável	Benchmark 1	Benchmark 2	Benchmark 3	Benchmark 4	Benchmark 5
Remuneração do capital com terra (% a.a.)	24,28	13,78	13,85	13,50	21,85
Produção/mão de obra (L/dh)	515,07	126,62	178,88	423,11	550,91
Produção/vaca em lactação (L/dia)	17,26	10,09	7,02	17,70	19,62
Produção/área de pecuária (L/ha/ano)	7.138,15	1.154,94	715,51	9.472,63	8.189,40
Gasto com mão de obra/renda bruta (%)	9,87	12,99	16,44	10,78	8,28
Margem bruta/área de pecuária (R\$/ha)	3.879,66	1.268,88	708,75	7.484,06	4.646,80

Fonte: Resultados da pesquisa.

Inicialmente, como já destacado anteriormente, a remuneração do capital investido na atividade leiteira pode ser superior às aferidas pelas unidades ineficientes

caso elas pratiquem técnicas mais eficientes, seguindo suas propriedades de referência. O mesmo ocorre no caso das produtividades do trabalho, do rebanho e da terra. Cabe ressaltar que a produtividade elevada em somente um dos fatores de produção não garante a eficiência da propriedade e muito menos a caracterização da mesma como unidade de referência. É fundamental que o conjunto de fatores de produção tenham um grau de produtividade considerável, de forma a ampliar a remuneração desses fatores ao seu proprietário. O mesmo é válido no processo de discriminação entre eficientes e ineficientes, devendo tais produtividades, bem como os outros indicadores considerados discriminantes, serem analisados conjuntamente.

Ao analisar a proporção da renda despendida em mão de obra permanente, tem-se que a mesma varia de 8,28% a 16,44%, reforçando que os diferentes *benchmarks* apresentam intensidades e combinações diferentes no uso de fatores. A relação entre margem bruta e área de uso da pecuária leiteira reforça o papel da produtividade da terra na manutenção de um fluxo de caixa consistente.

Diante dessa análise dos cinco principais *benchmarks* do conjunto de propriedades de leite em estudo, observa-se o quanto é importante a identificação e difusão de práticas, informação e tecnologia, desde que essas sejam eficientes, mas sempre considerando as diferenças locacionais, dimensionais e de intensidade no uso dos fatores de produção. Apesar da análise de apenas cinco dos 86 *benchmarks* encontrados, observa-se o quanto diferentes propriedades podem tornar-se eficientes e difundirem tais técnicas para outras unidades com características semelhantes, contudo ineficientes.

6. RESUMO E CONCLUSÃO

No Brasil, um segmento produtivo de destaque é o da pecuária leiteira, com grande importância como atividade econômica e social e tem experimentado mudanças consideráveis. Entretanto, o Brasil não se inclui entre os países que produzem leite com elevada produtividade. Dessa forma, existe a necessidade de uma metodologia de análise na definição e seleção de fontes e agentes eficientes para o processo de difusão de tecnologia e informação, reforçando a necessidade de mudanças técnicas, operacionais e institucionais, a fim de elevar a produtividade do setor e atingir uma estrutura produtiva que atenda aos níveis de competitividade condizentes com o mercado, em termos de custos, preços e qualidade.

Este trabalho pretende verificar os agentes eficientes tecnicamente para direcionar as estratégias de difusão de novas tecnologias e informações. Para isso utilizou-se a metodologia da análise envoltória de dados e as técnicas de detecção de *outliers*, de forma a garantir a credibilidade dos *scores* de eficiência, técnicas não paramétrica de fronteira de eficiência, verificando se os produtores em diferentes estratos de produção diária operam na mesma fronteira de eficiência e a análise discriminante, identificando fatores que diferenciam propriedades eficientes e ineficientes. As informações utilizadas referem-se a 659 produtores de leite do estado de Minas Gerais, integrantes do Projeto Educampo Leite do Sebrae, restando 655 produtores após aplicada a técnica de detecção e retirada de *outliers*.

Após verificar que a análise poderia ser realizada em uma única fronteira de eficiência, independente do volume de produção presente, procedeu à análise de eficiência. Sob a pressuposição de retornos constantes à escala, verificou-se que 50 produtores da amostra obtiveram máxima eficiência técnica e o nível médio de ineficiência técnica é de 0,24. Já ao considerar a pressuposição de retornos variáveis à escala, verifica-se que 104 das 655 propriedades investigadas são consideradas 100% eficientes tecnicamente, contrapondo às 60 propriedades que apresentam o indicador de eficiência menor que 0,6.

Na análise da pura eficiência técnica observa-se uma renda bruta 20,84% superior nas propriedades eficientes se comparada às ineficientes, enquanto todos os gastos inerentes aos insumos foram menores nas unidades eficientes, exceto no insumo

denominado “Outros gastos”, que apresentou variação mínima entre esses dois grupos. Quanto ao estrato de produção, tem-se que as propriedades com maior produção apresentaram maior índice médio de eficiência, apesar da ineficiência encontrar-se presente em todos os estratos estudados. Quanto a localização das propriedades eficientes e ineficientes nas mesorregiões mineiras, pode-se dizer que não houve uma região ou conjunto de regiões predominantemente eficiente, visto que as médias de eficiência técnica não são tão discrepantes e que as regiões com as maiores médias encontram-se dispersas pelo estado.

A análise da eficiência de escala reforça a importância da eficiência tanto técnica, quanto de escala. Apesar do grupo de propriedades que possui retornos decrescentes à escala apresentar a maior média de renda bruta na atividade leiteira, os gastos com insumos apresentam-se proporcionalmente superiores, se comparados às propriedades com retornos constantes. Observa-se que apenas 14,20% das propriedades estão operando na chamada escala ótima de produção e que 53,76% delas também são eficientes tecnicamente.

Outro ponto observado foi que os padrões de eficiência também são verificados nos desempenhos técnico e econômico das DMUs em estudo. As produtividades médias das propriedades eficientes superam as das ineficientes, principalmente na produtividade da terra e da mão de obra. Quanto a produtividade do rebanho, observa-se que as mesmas são semelhantes, contudo, técnicas de manejo que controlam o volume de leite ordenhado, mantendo a qualidade e produtividade do animal podem ser responsáveis por essa semelhança temporária entre unidades eficientes e ineficientes. As avaliações quanto ao desempenho técnico também destacam a importância da eficiência nesse processo, com todos os indicadores de desempenho favoráveis às unidades produtivas eficientes.

Com relação à escala de produção, observa-se que as produtividades parciais, em média, são maiores nos produtores que operam na escala ótima. Todos esses indicadores de produtividade são menores nos produtores com retornos crescentes e nas DMUs com retornos decrescentes, as produtividades aproximam-se da média geral. O mesmo ocorre com os indicadores de desempenho técnico, ou seja, as DMUs com escala ótima de produção e seus respectivos níveis de desempenho econômico e de produtividade, podem contribuir na correção dos problemas relacionados à escala de produção nas propriedades ineficientes neste aspecto.

Diante das vantagens observadas na presença de eficiência técnica e de escala, foi realizada as projeções para que as DMUs que possuem algum tipo de ineficiência na alocação dos recursos transformem-se em propriedades eficientes. Os ganhos potenciais nas receitas giram em torno de 28%, ressaltando que tais ganhos são perfeitamente possíveis, uma vez que a projeção é feita com base em produtores que desenvolvem atividades semelhantes, porém de forma mais eficiente.

A análise discriminante apresentou a taxa de remuneração do capital, as produtividades do trabalho, do rebanho e da terra, bem como a margem bruta em relação a renda como fatores discriminantes entre propriedades eficientes e ineficientes, reforçando as análises anteriores e dando respaldo para o uso dos indicadores econômicos e técnicos na manutenção da eficiência e na projeção das propriedades ineficientes para a fronteira eficiente.

Por fim, observa-se que as cinco principais unidades de referência apresentam resultados superiores às médias das eficientes, principalmente em relação ao retorno do capital investido e às produtividades dos fatores de produção, indicando que a seleção de agentes difusores de informação e tecnologia deve identificar não apenas a eficiência em si, mas o grau de referência desses agentes no segmento estudado.

Esses resultados demonstram a importância de se trabalhar eficientemente e que práticas eficientes devem ser difundidas no segmento produtivo leiteiro, de forma a garantir a permanência dos produtores no mercado e o atendimento à demanda crescente de leite e derivados. Ainda, de posse dessas observações, pode-se selecionar os agentes considerados eficientes, direcionando os programas de extensão rural e difusão de tecnologia, criando um ciclo virtuoso e benéfico, não somente para o produtor, mas para toda a cadeia produtiva do leite.

Com a identificação dos agentes eficientes, cabe agora traçar métodos para a difusão de técnicas e práticas que melhorem o desempenho técnico e econômico dos agentes ineficientes. Propõem-se estudos futuros relacionados ao processo de difusão de tecnologia no segmento produtivo leiteiro e a identificação de redes sociais que facilitem tal processo. Contudo, deve-se sempre levar em consideração a eficiência das unidades produtivas, de forma que a difusão existente seja de técnicas e práticas também eficientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, G. D. P. **Eficiência produtiva e indicadores financeiros das empresas moveleiras de Ubá - MG**. Viçosa: UFV, 2009. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade Federal de Viçosa, 2009. 89f.
- ARAÚJO, L. S.; SILVA, S. P. Agricultura familiar, dinâmica produtiva e estruturas de mercado na cadeia produtiva do leite: elementos para o desenvolvimento territorial no Noroeste de Minas. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. v. 10, n. 1, p. 52-79, 2014.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; 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.
- BANKER, R. D.; ZHENG, Z.; NATARAJAN, R. DEA-based hypothesis tests for comparing two groups of decision making units. **European Journal of Operation Research**, n. 206, p. 231-238, 2010.
- BAPTISTA, A. J. M. S. **Progresso Tecnológico, mudanças na eficiência e produtividade na pesca artesanal em Cabo Verde, na década de 90**. Viçosa: UFV, 2002. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Universidade Federal de Viçosa, 2002. 89 f.
- BASS, F. M. A new product growth for model consumer durables. **Management Science**, v. 15, n. 5, p. 215-227, 1969.
- BASS, F. M. The relationship between diffusion rates, experience curves, and demand elasticities for consumer durable technological innovations. **Journal of Business**, p. S51-S67, 1980.
- BATALHA, M. O. **Gestão agroindustrial**. Vol. 1. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2007. 800p.
- CAPORAL, F. R. **La extensión agraria del sector público ante los desafíos del desarrollo sostenible: el caso de Rio Grande do Sul, Brasil**. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes, 1998.
- CASSIOLATO, J. E. **Ciência, tecnologia e competitividade da indústria brasileira**. Brasília: IPEA, 1994.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, n. 2, 1978.
- COELLI, T. J., RAO, D. S. P., O'DONNELL, C. J., BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**, 2 ed. New York: Springer, 2007. 349 p.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA - CNA. **Estimativa do Valor Bruto da Produção Agropecuária.** CNA, 2011. Disponível em: <http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/VBP_jan12.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2013.

COOPER, W. W., SEIFORD, L. M., TONE, K. **Handbook on data envelopment analysis.** Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2004. 592 p.

COSTA, G. Brasil se adapta às normas de controle sanitário para aumentar exportação de laticínios. **Agência Brasil.** Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2011-12-30/brasil-se-adapta-normas-de-controle-sanitario-para-aumentar-exportacao-de-laticinios>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research policy**, v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982.

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

FERGUSON, C. E. **The neoclassical theory of production and distribution.** Cambridge Books, 2008. 404p.

FERREIRA, C. M. C., GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações.** Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 389 p.

FONSECA, M. T. L. **A Extensão Rural no Brasil, um projeto educativo para o capital.** São Paulo: Loyola, 1985.

GOMES, A. P., BAPTISTA, A. J. M., WENDLING, L. L. Fatores Discriminantes do Desempenho Regional da Produção de Leite. XLIII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural (SOBER). **Anais**. Ribeirão Preto, 2005.

GOMES, E. J. Dados do Censo Agropecuário confirmam concentração da atividade leiteira no Brasil. **Boletim do Departamento de Estudos Socioeconômicos Rurais.** Curitiba: novembro, 2009.

HAIR JR. J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados.** 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2006.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtml>> Acesso em: 08 jun. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal Produção de leite.** 2012. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 16 de jun. 2014.

INTERNATIONAL FARM COMPARARION NETWORK – IFCN. **A summary of results from the IFCN dairy report 2012.** Disponível em: <<http://www.ifcndairy.org/media/bilder/inhalt/News/DR2012/Dairy-Report-12--extract.pdf>> Acesso em: 05 jun. 2013.

LEWIS, W. A. O desenvolvimento econômico com oferta ilimitada de mão de obra. **A economia do subdesenvolvimento.** Rio de Janeiro: Forence, p. 406-456, 1969.

LIMA, I. A. **A extensão rural e a produção do conhecimento: a fundamentação científica dos planos municipais de desenvolvimento rural do programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar (PRONAF) no estado de São Paulo.** Tese de Doutorado. 147f. UEC, São Paulo. 2001.

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

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Projeções do Agronegócio Brasil: 2012/13 a 2022/23.** 4 ed. Assessoria de Gestão Estratégica – Brasília: MAPA/ACS, 2013. 96p.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada.** 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 719p.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

NASCIMENTO, A. C. C.; LIMA, J. E. D.; BRAGA, M. J.; NASCIMENTO, M.; GOMES, A. P. Technical efficiency of milk production in Minas Gerais: an application of quantile regression. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 783-789, 2012.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An evolutionary theory of economic change.** Belknap press, 1982.

OLIVEIRA, L. F. T.; SILVA, S. P. Mudanças institucionais e produção familiar na cadeia produtiva do leite no Oeste Catarinense. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 4, p. 705-720, 2012.

PEIXOTO, M. **Extensão Rural no Brasil: uma abordagem histórica da legislação.** Senado Federal, Consultoria Legislativa, 2008.

PERROUX, F. O conceito de polo de crescimento. In: SCWARTZMANN, J. (org.) **Economia regional e urbana: textos escolhidos.** Belo Horizonte: CEDEPLAR, p.145-156, 1977.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia.** 6 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 672p.

POSSAS, M. L.; SALLES-FILHO, S.; SILVEIRA, J. M. An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks. **Research policy**, v. 25, n. 6, p. 933-945, 1996.

ROGERS, E. M.; SHOEMAKER, F. F. **Communication of Innovations: A Cross-Cultural Approach**. New York: Free Press, 1971.

ROGERS, E. M. New product adoption and diffusion. **Journal of Consumer Research**, p. 290-301, 1976.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 5 ed. New York: Free Press, 2003.

ROSTOW, W. W. The stages of economic growth. **The Economic History Review**, v. 12, n. 1, p. 1-16, 1959.

RUAS, E. D. (org.). **Metodologia participativa de extensão rural para o desenvolvimento sustentável-MEXPAR**. 1 ed. Belo Horizonte, p. 25-39, 2006.

RUTTAN, V. W.; HAYAMI, Y. Toward a theory of induced institutional innovation. **The Journal of Development Studies**, v. 20, n. 4, p. 203-223, 1984.

RYAN, B.; GROSS, N. C. The diffusion of hybrid seed corn in two Iowa communities. **Rural sociology**, v. 8, n. 1, p. 15-24, 1943.

SCHULTZ, T. W. **A transformação da agricultura tradicional**. Zahar, 1965.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**. Fundo de Cultura, 1961.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JR, J. **Estatística não paramétrica para ciências do comportamento**. 2e. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SIMIONI F. J.; HOEFLICH, V. A.; SIQUEIRA, E. S.; BINOTTO, E. Análise diagnóstica e prospectiva de cadeias produtivas: uma abordagem estratégica para o desenvolvimento. **45º Congresso da Sober. Anais**. Londrina, 2007.

SOUSA, M. C. S.; STOSIC, B. Jackstrapping DEA Scores for Robust Efficiency Measurement. **XX Encontro Nacional de Econometria (SBE). Anais**. Porto Seguro, 2003.

SOUSA, M. C. S.; STOSIC, B. Technical Efficiency of the Brazilian Municipalities: Correcting Nonparametric Frontier Measurements for Outliers. **Journal of Productivity Analysis**, Springer-Netherlands, v. 24, p. 155-179, 2005.

VALENTE, T. W. Network models and methods for studying the diffusion of innovations. **Models and methods in social network analysis**, p. 98-116, 2005.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: princípios básicos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006. 807p.

VIANA, G.; FERRAS, R. P. R. Um estudo sobre a organização da cadeia produtiva do leite e sua importância para o desenvolvimento regional. **Revista Capital Científico do Setor de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 5, n. 1, 2007.

VEIGA, J. E. **A face rural do desenvolvimento: natureza, território e agricultura**. Porto Alegre - RS: Editora da UFRGS, 2000. 197 p.

ZOCCAL, R.; CARVALHO, L. A.; MARTINS, P. C.; ARCURI, P. B.; MOREIRA, M. S. P. (Ed.). **A inserção do Brasil no mercado internacional de lácteos**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. 180 p.

ZOCCAL, R. Quantos são os produtores de leite no Brasil? **Panorama do leite**, Juiz de Fora, n. 64, março, 2012.