

# RECURSOS E DESEMPENHO DE PROPRIEDADES CAFEEIRAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

André Luis Ribeiro de Lima<sup>1</sup>

Ricardo Pereira Reis<sup>2</sup>

Carlos Otávio de Freitas<sup>3</sup>

Renato Elías Fontes<sup>4</sup>

O objetivo deste estudo foi identificar quais são os recursos que explicam a variação do desempenho de propriedades cafeeiras no estado de Minas Gerais, utilizando quatro variáveis para representar o desempenho: duas medidas de eficiência econômica, um índice de lucratividade, e outro de rentabilidade. As eficiências econômicas foram obtidas pelos métodos de fronteira estocástica e análise envoltória de dados (DEA), sendo considerada informações sobre as safras 2009/2010 e 2010/2011. Além disso, o agrupamento dos produtores foi baseado na análise de *cluster* e os recursos que explicam o desempenho foram identificados por meio da regressão logística. Das 97 propriedades analisadas, observou-se que 55 foram classificadas como estabelecimentos de maior desempenho. Além disso, os resultados encontrados indicaram que aumentos de produtividade, melhores preços de venda, aumento do grau de mecanização, controle da produtividade de mão de obra e a altitude podem aumentar as chances de um estabelecimento ser enquadrado no grupo de maior desempenho.

**Palavras-chave:** café; eficiência econômica; análise de *cluster*; regressão logística.

## RESOURCES AND PERFORMANCE OF COFFEE FARMS OF THE STATE OF MINAS GERAIS

The objective of this study was to identify what are the resources that explain the variation in the performance of coffee farms in the state of Minas Gerais, using four variables to represent the performance: two measures of economic efficiency, profitability index, and other profitability index. The economic efficiencies were obtained by stochastic frontier and data envelopment analysis (DEA) methods, considering information on the crops 2009/2010 and 2010/2011. Also, the grouping of producers according performance was based on cluster analysis and resources that explain performance were identified by logistic regression. Of the 97 analyzed properties, it was found that 55 were classified as major performance properties. In addition, the results indicated that productivity increases, better selling prices, increasing the degree of mechanization, labor productivity control and the altitude can increase the chances of a farm be classified in higher performance group.

**Keywords:** coffee; economic efficiency; cluster analysis; logistic regression.

---

1. Doutor em administração pela Universidade Federal de Lavras. Professor do Departamento de Administração e Economia da UFLA. *E-mail:* <andre.lima@dae.ufla.br>.

2. Doutor em economia aplicada pela Universidade Federal de Viçosa. Professor titular do Departamento de Administração e Economia da UFLA. *E-mail:* <ricpreis@dae.ufla.br>.

3. Mestre em economia aplicada pela Universidade Federal de Viçosa. Professor assistente do Departamento de Administração da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. *E-mail:* <carlosfreitas87@ufrj.br>.

4. Doutor em administração pela Universidade Federal de Lavras. Professor do Departamento de Administração e Economia da UFLA. *E-mail:* <refontes@dae.ufla.br>.

## LAS CARACTERÍSTICAS Y EL RENDIMIENTO DE LAS PLANTACIONES DE CAFÉ EN EL ESTADO DE MINAS GERAIS

El objetivo de este estudio fue identificar cuáles son los recursos que explican la variación en el rendimiento de las fincas de café en el estado de Minas Gerais, utilizando cuatro variables para representar a la prestación del servicio: dos medidas de la eficiencia económica, el índice de rentabilidad, y otra la rentabilidad. Las eficiencias económicas se obtuvieron por métodos fronterizos estocásticos y análisis envolvente de datos (DEA), consideró la información sobre las cosechas 2009/2010 y 2010/2011. Además, la agrupación de los productores se basó en análisis de conglomerados y recursos que explican el rendimiento fueron identificados por regresión logística. De las 97 propiedades analizadas, se encontró que 55 fueron clasificados como principales propiedades de rendimiento. Además, los resultados indicaron que los aumentos de productividad, mejor los precios de venta, aumentando el grado de mecanización, la productividad de la mano el trabajo de control y la altitud puede aumentar las posibilidades de que un edificio se enmarca en el grupo de mayor rendimiento.

**Palabras clave:** café; la eficiencia económica; análisis de conglomerados; de regresión logística.

## CARACTERISTIQUES ET PERFORMANCES DES EXPLOITATIONS DE CAFE DANS L'ÉTAT DU MINAS GERAIS

L'objectif de cette étude était d'identifier quelles sont les ressources qui expliquent la variation de la performance des exploitations de café dans l'état de Minas Gerais, à l'aide de quatre variables pour représenter la performance: deux mesures de l'efficacité économique, l'indice de la rentabilité, et d'autres de la rentabilité. Les rendements économiques ont été obtenus par des méthodes de frontières stochastiques et l'analyse d'enveloppement des données (DEA), considérés comme des informations sur les récoltes 2009/2010 et 2010/2011. En outre, le groupement des producteurs a été basé sur l'analyse de cluster et les ressources qui expliquent la performance ont été identifiés par régression logistique. Parmi les propriétés analysées 97, on a trouvé que 55 ont été classés comme principales propriétés de performance. En outre, les résultats indiquent que les augmentations de la productivité, de mieux les prix de vente, ce qui augmente le degré de mécanisation, la productivité de la main d'œuvre de commande et l'altitude peut augmenter les chances d'un bâtiment est encadrée dans supérieur groupe de performance.

**Mots-clés:** café; l'efficacité économique; l'analyse de cluster; régression logistique.

JEL: Q00; Q10; Q12.

### 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café, produzindo, na safra 2013/2014, 45,3 milhões de sacas. É também o segundo maior consumidor, com uma demanda de 20,3 milhões de sacas em 2014, atrás apenas dos Estados Unidos (Abic, 2015).

De acordo com estatísticas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2015), o Brasil apresenta, atualmente, um parque cafeeiro estimado em aproximadamente 2,3 milhões de hectares. Esse é considerado o maior complexo cafeeiro do mundo.

A produção de café brasileiro (arábica e conillon) está concentrada em quatro estados: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Paraná. Minas Gerais é o maior produtor nacional, com produção equivalente a 22.644.100 sacas beneficiadas na safra de 2014, que representaram 49,94% da safra nacional. Seu parque cafeeiro possui cerca de 0,9 milhões de hectares de lavouras (Conab, 2015).

Tendo em vista a importância econômica e social do café para Minas Gerais, a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) realizou uma pesquisa nas tradicionais regiões de cultivo, com o propósito de analisar os problemas, prospectar as demandas da cadeia produtiva do café, no quadro socioeconômico produtivo vigente. Os autores do diagnóstico consideraram que a reduzida margem extraída da subtração preço de comercialização e custo de produção era a maior limitação ao desenvolvimento dessa cultura em Minas Gerais. O diagnóstico ainda indica diferenças no uso de recursos. Aponta reduzida utilização de máquinas, especialmente no que se refere à colheita. Os produtores argumentam dificuldades na escolha de cultivares, definição de espaçamento, controle de doenças, pragas e plantas invasoras. Problemas na contratação de mão de obra também são destacados no diagnóstico, em especial mão de obra para a colheita. O estudo relata também o interesse dos produtores em alternativas mais econômicas para a fertilização dos solos como adubos orgânicos e resíduos de culturas (Simões e Pelegrini, 2010).

Considerando que os lucros reduzidos (receitas menos os gastos) apresentam-se como limitação ao desenvolvimento da cafeicultura, estudos que busquem compreender a formação desse indicador, assim como as diferenças entre os recursos utilizados pelas propriedades, tornam-se importantes objetos de pesquisa.

Se existem diferenças nas práticas e no uso de recursos utilizados pelos produtores, as propriedades podem apresentar diferenças em sua composição de custos operacionais e, portanto, o desempenho das propriedades tende a ser diferente. Este trabalho pretende compreender que recursos podem explicar a variação do desempenho na atividade cafeeira, sendo tal desempenho medido pela eficiência econômica das propriedades analisadas.

Para Penrose (2006), os recursos, em qualquer organização, estão subutilizados. O gestor é quem procura melhorar o rendimento dos recursos de que dispõe, visando à melhor forma de aumentar a produção e as receitas, sem aumentar os custos. O conhecimento da empresa a respeito da tecnologia e do mercado é uma questão importante para se conseguir um melhor emprego dos recursos. Esses formam, na verdade, um conjunto de serviços potenciais, cuja execução está sujeita à forma pela qual eles são alocados.

No segmento agrícola, com propriedades estando inseridas em um mercado com alto grau de concorrência, ela pode diferenciar-se das demais ao se beneficiar dos seus recursos naturais únicos, ou mesmo do aprendizado individual (Saes, 2009).

No contexto deste estudo, buscou-se identificar quais são os recursos que explicam a variação do desempenho de propriedades cafeeiras no estado de Minas Gerais. Para representar o desempenho, foram consideradas quatro variáveis: duas medidas de eficiência econômica (obtidas pelo método paramétrico e não paramétrico), um índice de lucratividade e outro índice de rentabilidade. Além disso, a amostra foi agrupada em propriedades com maior e menor desempenho por meio da análise de *cluster*. Para identificar os recursos que explicam as variações no desempenho, foi utilizada a regressão logística.

Alguns trabalhos na literatura também buscaram verificar a eficiência da atividade cafeeira em Minas Gerais, mas sem levar em conta a heterogeneidade existente em diferentes grupos de produtores de acordo com o grau tecnológico, o que foi considerado neste trabalho. Entre eles, Lima, Reis e Alves (2012) pesquisaram os níveis de eficiência econômica dos recursos produtivos da cafeicultura mineira nas safras de 2007/2008, utilizando as abordagens paramétricas (fronteira estocástica) e não paramétricas (DEA). Os resultados indicaram uma eficiência média dos produtores mineiros de café, em 79%, para o modelo de fronteira estocástica, e de 65%, para o modelo DEA. Contudo, ao separar os produtores por diferentes níveis de eficiência econômica (grupo eficiente e não eficiente), verificou-se que não havia diferenças significativas entre os dois métodos.

O trabalho de Freire *et al.* (2012) buscou avaliar a eficiência econômica da alocação dos recursos produtivos no Sul de Minas Gerais, utilizando dados referentes aos anos agrícolas de 2006/2007, 2007/2008 e 2008/2009 de 46 propriedades de café. Os resultados indicaram que a eficiência econômica média desses produtores, estimada pela metodologia DEA, foi de 64,08%. Contudo, a maior parte das propriedades apresentou uso ineficiente dos recursos produtivos, tanto técnica quanto economicamente.

Já De Paula (2013) analisou a eficiência técnica de cafeicultores das regiões Cerrado e sul de Minas Gerais, verificando como a inclusão de variáveis climáticas poderiam afetar o estudo. Os resultados encontrados permitiram concluir que o impacto da adição de variáveis climáticas sobre a estimação da eficiência média dos produtores é muito pequeno. Contudo, ao considerar a eficiência de cada produtor e região analisada de forma separada, notou-se redução da eficiência técnica quando consideradas as influências ambientais na análise.

O presente trabalho está estruturado em cinco seções, além desta introdução. Na seção 2 é apresentado o referencial teórico. Na seção 3, são apresentados os procedimentos metodológicos e a fonte e o tratamento dos dados utilizados. A apresentação e discussão dos resultados obtidos estão expostos na seção 4. Por fim, na seção 5 são destacadas as principais conclusões do estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Medidas de desempenho das organizações

Diversas são as medidas de desempenho empregadas por pesquisadores para esclarecer os resultados obtidos pelas organizações. Venkatraman e Ramanujam (1986) propõem um esquema classificatório das medidas em domínios do desempenho, as quais foram divididas em: financeiro; financeiro e operacional; e efetividade.

No domínio financeiro, os indicadores normalmente empregados são o crescimento de vendas; a lucratividade e ganhos de participação de mercado, entre outros. De acordo com Venkatraman e Ramanujam (1986), essa perspectiva adota o domínio e a legitimidade dos objetivos financeiros de acordo com os objetivos da organização.

Walker e Ruekert (1987) analisaram as tipologias estratégicas normalmente utilizadas pelas unidades estratégicas de negócios e questionaram sobre quais critérios deveriam ser empregados para determinar o bom desempenho das organizações em cada um dos estilos estratégicos. Para esses autores, o desempenho de uma empresa pode ser avaliado de acordo com uma variedade de dimensões, cuja relevância e importância variam conforme os grupos de *stakeholders* e em função dos resultados dos negócios no curto e longo prazo.

As medidas comumente empregadas na análise da eficiência são a lucratividade e o retorno sobre o investimento. Nessa dimensão, a relação encontra-se entre os insumos usados e os resultados alcançados (Walker e Ruekert, 1987).

Barney e Hesterly (2011) dividem as medidas de desempenho em contábeis e econômicas. A primeira é calculada com o uso de informações presentes nos demonstrativos gerados utilizando-se padrões e princípios contábeis amplamente aceitos. O segundo compara o nível de retorno de uma empresa com o seu custo de capital.

O caráter de multiplicidade que envolve o desempenho possibilita flexibilizar a medida em relação ao contexto analisado e à proposta de estudo. Tanto o retorno sobre o investimento quanto a lucratividade são medidas vastamente empregadas quando se discute desempenho.

Buscando ampliar a discussão acerca das medidas de desempenho, o presente trabalho recorreu a autores da teoria da produção e como esses autores apresentam os conceitos sobre eficiência.

### 2.2 Eficiência econômica como medida de desempenho

Debreu (1951) e Shephard (1953) definiram a eficiência técnica por meio da introdução das funções de distância, uma forma de modelar a tecnologia e de

medir a distância do produtor até a fronteira. Esse enfoque contribuiu consideravelmente para o desenvolvimento dos estudos das medidas de eficiência.

Os limites de máxima produtividade que uma empresa pode conseguir em um processo produtivo empregando dada combinação de insumos são definidos como fronteira de produção. Desse modo, a fronteira significa o limite máximo de produto obtido, diante de certa tecnologia. Porém, o que se observa na prática é que as empresas não possuem a mesma eficiência na transformação de insumos em produtos. Há autores que consideram a distância em que a unidade de produção se encontra abaixo da fronteira de produção, como uma medida de ineficiência (Richetti e Reis, 2003).

Funções de produção fronteira têm sido amplamente utilizadas para se calcular eficiência, especialmente para economia agrícola. Basicamente dois paradigmas são utilizados na estimação de fronteiras. Um tem como referencial teórico a programação matemática, e outro, a econometria (Conceição, 2004).

Em se tratando de fronteira de produção, há essencialmente duas abordagens: a do modelo paramétrico e a do modelo não paramétrico. Segundo Thiry e Tulkens (1989), a separação entre esses enfoques é realizada dependendo da especificação ou não da fronteira como uma função com parâmetros constantes. No modelo paramétrico, isso significa estimar, antecipadamente à análise, uma maneira funcional explícita para a tecnologia e desse modo medir a fronteira e determinar a distribuição das ineficiências. Contudo, isso exige o conhecimento prévio da tecnologia empregada pelas organizações e a realização de cálculos econométricos. Já o método não paramétrico, pode dispensar a representação da função de produção.

A abordagem paramétrica ainda pode ser subdividida em duas abordagens: a fronteira paramétrica determinística e a fronteira paramétrica estocástica. A diferença entre elas depende da pressuposição de que as distâncias entre as condições observadas e as apontadas pela forma funcional selecionada correspondem apenas à ineficiência ou ineficiências ajustadas ao termo de erro estatístico (Thiry e Tulkens, 1989).

Por outro enfoque, a eficiência ainda pode ser dividida em: eficiência técnica, que mostra a capacidade da empresa em conseguir o máximo de produto com um conjunto de insumos; e eficiência alocativa, que reflete a competência da organização em empregar os insumos em proporções ótimas, dados seus preços relativos. Se combinadas, essas duas medidas, levam a uma medida de eficiência econômica (Reis, Richetti e Lima, 2005).

Portanto, a eficiência técnica é uma mensuração da maneira como a combinação ótima dos insumos é empregada no processo produtivo em busca do produto máximo. Esse tipo de eficiência aborda a relação entre os insumos e o produto

final, isto é, a análise está relacionada ao fator físico do processo produtivo. A eficiência alocativa é uma avaliação do modo como se utiliza a combinação ótima de valor dos insumos durante a produção de uma quantidade máxima de produto (Reis, Richetti e Lima, 2005).

Por sua vez, a eficiência econômica está relacionada aos aspectos monetários da produção; é a combinação da eficiência técnica e da alocativa, ou seja, é uma medida de eficiência que trata da relação entre o valor do produto final e o valor dos insumos (Gomes e Baptista, 2004).

### 3 MODELO ANALÍTICO

A estratégia adotada para alcançar os objetivos propostos neste trabalho consiste em quatro procedimentos. Primeiramente, utilizou-se da técnica da análise de *cluster* para agrupar os produtores em dois grupos: maior mecanização e menor mecanização. Depois de agrupadas, as técnicas de Fronteira Estocástica (modelo paramétrico) e Análise Envoltória de Dados – DEA (modelo não paramétrico) foram utilizadas para obter os escores de eficiência econômica das propriedades analisadas. Na terceira etapa do trabalho, são calculados os índices de lucratividade e rentabilidade os quais, juntamente com as duas medidas de eficiência econômica, são utilizados para classificar as propriedades de acordo com o desempenho. Na última etapa, a técnica de regressão logística é utilizada para identificar os determinantes do desempenho produtivo das propriedades cafeeiras de Minas Gerais.

#### 3.1 Análise de *cluster*

Enquanto a regressão e análise logística são técnicas de dependência, a análise de *cluster* (ou análise de agrupamento ou análise de conglomerados) é uma técnica de interdependência.

A análise de *cluster* é empregada quando se quer reduzir o número de objetos, agrupando-os em *clusters*. A técnica tem como propósito primário a reunião de objetos, considerando-se as características deles. Ela classifica os objetos de acordo com aquilo que cada elemento tem em comum a outros elementos pertencentes a determinado grupo, porém utilizando um critério de seleção predeterminado (Corrar, Paulo e Dias Filho, 2007).

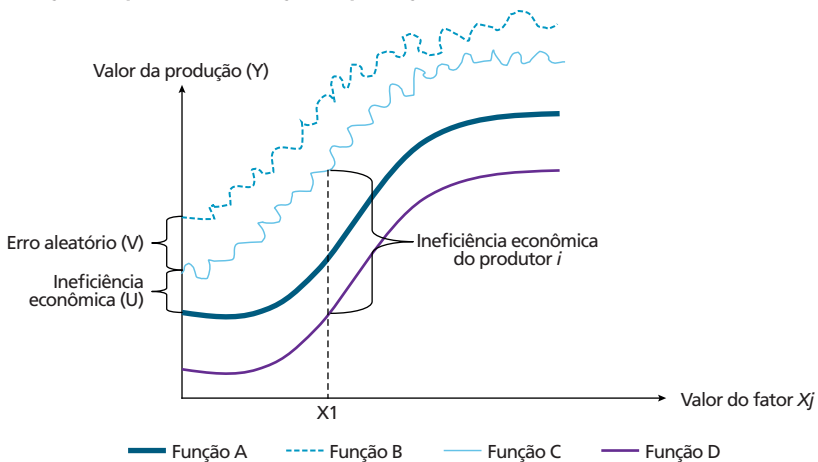
A técnica classifica um conjunto de objetos (indivíduos, produtos etc.) em grupos ou categorias usando os valores observados das variáveis, sem que sejam necessariamente definidos os critérios que classificam os dados que integram determinado grupo (Aaker, Kumar e Day, 2001). O grupo resultante dessa classificação deve então exibir um alto grau de homogeneidade interna e alta heterogeneidade externa.

A análise de *cluster* difere da análise discriminante no momento em que o método de classificação desta última está relacionado a um número conhecido de grupos, e seu objetivo é vincular novas observações a cada um desses grupos, dadas as características que os diferenciam. Já a análise de *cluster* é uma técnica em que nenhuma definição prévia é feita com relação ao número de grupos ou à estrutura. O agrupamento é feito com base em similaridades ou distâncias. Os *inputs* exigidos são medidas de similaridade ou dados a partir dos quais as similaridades possam ser computadas (Corrar, Paulo e Dias Filho, 2007).

### 3.2 Eficiência pelo método da fronteira estocástica

Conforme demonstrado por Lima (2006), a fronteira de produção pode ser definida como a produção máxima possível com determinados fatores, em determinado nível tecnológico. Nesse caso, a porção do erro assume grande importância, pois incorpora o que influencia a produção e que não é captado pelas variáveis explicativas selecionadas. O fundamento utilizado para a estimação da fronteira de produção estocástica é o de que o termo de erro, de qualquer função de produção, pode ser dividido em duas partes (figura 1). Uma parte do erro representa a ineficiência econômica do produtor (U na figura 1), a qual possui distribuição unilateral meio-normal. A outra parte do termo de erro seria o erro aleatório propriamente dito, que representa erros de medidas, choques exógenos etc. e tem distribuição normal (V na figura 1).

FIGURA 1  
Representação das funções de produção média, função A, dado um produtor hipotético, representado pela função D, e da função de produção estocástica, dado pela função C. A função B representa a variação da produção devido ao termo de erro aleatório



Fonte: Lima (2006).



A função fronteira de produção é gerada a partir de uma função de produção estimada (função A na figura 1), criada a partir da amostra em questão. A essa “Função A” soma-se o termo de erro composto ( $V+U$  na figura 1), o que gera uma “Função B” da figura 1. Subtraindo-se dessa “Função B” a porção que representa o erro aleatório ( $V$ ), obtém-se a função fronteira de produção (Função C na figura 1).

A distância entre cada produtor (função D) e a fronteira de produção é considerada uma medida de ineficiência técnica ou econômica. Dessa forma, o produtor, cuja produção física total (ou valor da produção) estiver sobre a fronteira de produção em um dado nível de fatores, terá um escore de eficiência econômica igual a um. Quanto mais abaixo da fronteira de produção, menor será o escore de eficiência do produtor, sendo o mínimo igual a zero (Lima, 2006).

Nesse estudo, utilizou-se o software Frontier 4.1 (Coelli, 1996a), cujos coeficientes de eficiência econômica podem ser estimados para cada produtor. O Frontier 4.1 utiliza a metodologia de Battese e Coelli (1992), que consiste na parametrização do erro aleatório e da ineficiência técnica relativa. A medida de eficiência econômica (EE) para a empresa  $j$  é dada por:

$$EE = \frac{Y_j}{Y_j^*}, \quad (1)$$

em que:

$Y_j$  é o valor observado da produção para a  $j$ -ésima empresa e

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

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

Conforme Coelli (1996), selecionar uma forma funcional para a fronteira de produção é o primeiro passo de qualquer aplicação empírica, existindo várias formas funcionais utilizadas na aplicação da análise produtiva.

A função Cobb-Douglas foi utilizada, pois, além de ser empregada em muitos estudos (Freitas, Teixeira e Braga, 2014; De Paula, 2014; Almeida, 2012; e outros) para modelar as tecnologias de produção agrícolas, permite identificar a elasticidade de produção de um fator de produção, bem como sua importância no processo produtivo. Ademais, segundo Nicholson (2005), empregando-se a transformação monotônica, a função torna-se linear nos logaritmos naturais das variáveis, permitindo que os rendimentos de escala sejam lidos diretamente por

meio dos parâmetros estimados pelo método dos mínimos quadrados ordinários. Assim, para o presente estudo, a forma funcional e suas variáveis são representadas pela expressão (2):

$$\begin{aligned} \ln Y_j = & \beta_0 + \beta_1 \ln Fers + \beta_2 \ln Ferf + \beta_3 \ln Fero + \beta_4 \ln Corr + \beta_5 \ln Fung + \\ & \beta_6 \ln Herb + \beta_7 \ln Moec + \beta_8 \ln Moco + \beta_9 \ln Alco + \beta_{10} \ln Alde + \beta_{11} \ln Alca + \\ & \beta_{12} \ln Depr + \beta_{13} \ln Ogco + \beta_{14} \ln Comb + \beta_{15} \ln Manu + \beta_{16} \ln Alum + \beta_{17} \ln Mben \\ & + \beta_{18} \ln Atec + \beta_{19} \ln Ener + \beta_{20} \ln Outr + \varepsilon_j, \end{aligned} \quad (2)$$

em que  $Y_j$  representa o valor da receita total auferida pelo produtor com a venda de sua produção nas safras de 2009/2010 e 2010/2011.<sup>5</sup> É o valor da produção de café, definido pelo somatório das quantidades de café produzidas na propriedade  $j$ , multiplicado pelo respectivo preço unitário, em reais; *Fers* representa os gastos em R\$, com fertilizantes de solo, nos anos de 2009 e 2010; *Ferf*, os gastos em R\$, com fertilizantes foliares, nos anos de 2009 e 2010; *Fero*, gastos em R\$, com fertilizantes orgânicos, nos anos de 2009 e 2010; *Corr*, gastos em R\$, com corretivos de solo, nos anos de 2009 e 2010; *Fung*, gastos em R\$, com fungicidas e inseticidas, nos anos de 2009 e 2010; *Herb*, gastos em R\$, com herbicidas, nos anos de 2009 e 2010; *Moec*, gastos em R\$, com mão de obra, exceto na fase da colheita, nos anos de 2009 e 2010; *Moco*, gastos em R\$, com mão de obra, exclusivamente na fase da colheita, nos anos de 2009 e 2010; *Alco*, gastos em R\$ com aluguel de colheitadeira automotriz nos anos de 2009 e 2010; *Alde*, gastos em R\$, com aluguel de derriçadeira, nos anos de 2009 e 2010; *Alca*, gastos em R\$, com colheitadeira automotriz própria, nos anos de 2009 e 2010; *Depr*, gastos em R\$, com derriçadeiras próprias, nos anos de 2009 e 2010; *Ogco*, outros gastos em R\$, com a colheita do café, nos anos de 2009 e 2010; *Comb*, gastos em R\$, com combustíveis em veículos, máquinas e equipamentos nos anos de 2009 e 2010; *Manu*, gastos em R\$, com a manutenção de veículos, máquinas e equipamentos nos anos de 2009 e 2010; *Alum*, gastos em R\$, com aluguel de máquinas e equipamentos, nos anos de 2009 e 2010; *Mben*, gastos em R\$, com a manutenção de benfeitorias e instalações, nos anos de 2009 e 2010; *Atec*, gastos em R\$, com assistência técnica, nos anos de 2009 e 2010; *Ener*, gastos em R\$, com energia elétrica, impostos, taxas, conta bancária etc.; *Outr*, outros gastos com a cafeicultura nos anos de 2009 e 2010 em R\$; e  $\varepsilon_j$  representa o termo de erro composto, formado pela junção do termo de erro devido a fatores aleatórios ( $V_j$ ) e o termo de erro devido a ineficiência no uso dos insumos ( $U_j$ ).

5. Para cada observação, considerou-se como período o ciclo do café de 24 meses, englobando as duas safras selecionadas, 2009/2010 e 2010/2011.

Outro resultado relevante na estimação da fronteira estocástica é a obtenção do coeficiente  $\gamma$ , o qual indica a variação relativa das duas fontes de erros, ou seja, o erro aleatório e o erro referente à ineficiência. Tal coeficiente pode ser obtido da seguinte forma:

$$\gamma = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}, \quad (3)$$

em que  $\sigma_u$  refere-se à variância do termo de erro da ineficiência e  $\sigma_v$  refere-se à variância do erro aleatório. A interpretação de tal coeficiente é que, à medida que  $\gamma$  se eleva, maior é a participação da ineficiência na utilização dos insumos como fator explicativo para os desvios da produção em relação à fronteira ótima.

Uma das limitações deste método inclui a necessidade do conhecimento prévio da tecnologia de produção utilizada pelos estabelecimentos, sendo determinada pela forma funcional escolhida. Contudo, de acordo com Kopp e Smith (1980), apesar de o viés da escolha da forma funcional ser perceptível, o nível de eficiência é mais afetado pelo método de estimação da fronteira. Além disso, a fronteira estocástica ainda exige a determinação da distribuição para o termo de erro, a qual pode ser meio-normal, normal truncada, exponencial e gama (Aigner, Lovell e Schmidt, 1977; Greene, 1980). Nesta pesquisa, assim como nos trabalhos de Conceição (1998), Tupy e Shirota (1999), foi considerada a distribuição exponencial.

### 3.3 Eficiência pelo método não paramétrico (análise envoltória de dados)

A Análise por Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica que foi baseada na programação linear, objetivando mensurar a *performance* de unidades operacionais ou tomadoras de decisão, também chamadas de *Decision Making Units* (DMU), quando a presença de múltiplas entradas e múltiplas saídas tornam difíceis a realização de comparação (Lins e Meza, 2000).

O objetivo da técnica DEA é construir um conjunto de referência, permitindo a classificação das DMUs em unidades eficientes ou ineficientes, tendo como referencial a superfície formada por esse conjunto (Charnes e Cooper, 1985). As unidades eficientes encontram-se sobre a fronteira, enquanto as ineficientes posicionam-se abaixo.

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) foram os primeiros pesquisadores a modelar o problema do cálculo de eficiência. O modelo obtido, o qual compete calcular a eficiência total de uma DMU, foi chamado *Constant Returns to Scale* (CRS).

Aceitando-se a pressuposição de rendimentos constantes de escala e tecnologia semelhante, no modelo CRS, a estimativa da eficiência é formulada como um problema de programação linear, no qual as restrições simbolizam o conjunto de possibilidades de produção (CPP) e a função objetivo exprime a máxima compressão dos insumos ou a máxima ampliação do produto. A seguir, Banker, Charnes, e Cooper (1984) acrescentaram uma combinação linear convexa como restrição ao modelo CRS, instituindo o modelo *Variable Return of Scale* (VRS), que considera a hipótese de rendimentos variáveis de escala. No VRS, somente as unidades que empregam a menor quantidade de determinado insumo ou que produzem a maior quantidade de dado produto são consideradas tecnicamente eficientes. O software DEAP 2.1 (Coelli, 1996b) foi utilizado para a estimativa dos coeficientes de eficiência econômica pelo método não-paramétrico (DEA).

A seguir são apresentados os modelos DEA/CRS orientados ao produto, conforme as versões envelope e multiplicador, em que  $j_0$  significa a DMU analisada,  $N$  é o total de DMUs avaliadas,  $X_j \in R^s_+$  é o vetor com as quantidades dos  $s$  insumos e  $Y_j \in R^m_+$  é o vetor com as quantidades dos  $m$  produtos da  $j$ -ésima DMU,  $j=1, N$ . Confirma-se, assim, que a versão dos multiplicadores é o dual da versão envelope (Cooper, Seiford e Tone, 2000).

O modelo DEA/CRS com formulação envelope pode ser expresso por:

$$\begin{aligned} \text{Eficiência DMU}_{j_0} &= \text{Max } \theta \\ &\theta, \lambda \\ \text{s.a} \quad X_{j_0} &\geq \sum_{j=1}^N \lambda_j X_j \\ \theta Y_{j_0} &\leq \sum_{j=1}^N \lambda_j Y_j \\ \lambda_j &\geq \forall_j = 1, N. \end{aligned} \quad (4)$$

E o modelo DEA/CRS com formulação dos multiplicadores:

$$\begin{aligned} \text{Eficiência DMU}_{j_0} &= \text{Min}_{u, v} \sum_{i=1}^s v_i \cdot x_{i,j_0} \\ \text{s.a} \quad \sum_{i=1}^m u_i y_{i,j_0} &= 1 \\ \sum_{i=1}^m u_i y_{i,j_0} - \sum_{i=1}^s v_i x_{i,j_0} &\leq 0 \quad \forall_j = 1, N \\ u_i &\geq 0 \quad \forall_i = 1, m \\ v_i &\leq 0 \quad \forall_i = 1, s. \end{aligned} \quad (5)$$

No modelo com formulação dos multiplicadores (5), a DMU  $j_0$  é classificada como eficiente se, e somente se, na solução ótima, a função objetivo admitir um

valor unitário e os demais elementos de  $u^*$  e  $v^*$  forem positivos. Do contrário, quando a função objetivo é maior ou igual à unidade, porém com elementos nulos em  $u^*$  e  $v^*$ , a DMU  $j_0$  é ineficiente. Nessa ocasião, o conjunto de referência para a DMU  $j_0$  é formado pelas DMUs associadas às restrições de desigualdade na expressão (5), que ficam ativas na solução ótima.

Na tentativa de elevar a relação *output/input*, esse modelo pode ser orientado de duas maneiras: uma visando à minimização dos insumos (denominador) e outra buscando maximização dos produtos (numerador). Ou seja, caso a orientação seja para a minimização dos *inputs*, o modelo visará a responder a seguinte pergunta: dado o grau de outputs que uma empresa gera, qual diminuição poderia ocorrer nos inputs e mesmo assim manter o nível dos *outputs*? Já para os modelos orientados para a maximização dos outputs a questão é: dado o grau de inputs empregados, qual o máximo de outputs que se pode conseguir conservando-se o nível dos inputs? (Vilela, 2004).

Entre as limitações apresentadas pela DEA, Dyson *et al.* (2001) listam as seguintes: i) à medida que cresce o número de variáveis, aumenta também a chance de mais unidades alcançarem o desempenho máximo; ii) em uma técnica não paramétrica, torna-se difícil formular hipóteses estatísticas; e iii) o DEA apenas analisa o desempenho “relativo”, mas converge muito vagarosamente para o desempenho “absoluto”, porque está baseado em dados observados e não no ótimo ou no desejável. Para Golany e Roll (1989), o grande número de unidades pode diminuir a homogeneidade e isso pode aumentar a possibilidade de alguns resultados serem afetados por fatores exógenos. Smith (1997) identifica que a imprecisão do método pode aumentar com o número de variáveis.

### 3.4 Indicadores econômico-financeiros

Segundo Assaf Neto e Lima (2009), os indicadores de rentabilidade têm por objetivo avaliar os resultados auferidos por uma empresa em relação a determinados parâmetros, que melhor revelem suas dimensões. Uma análise baseada exclusivamente no lucro líquido pode trazer viés de interpretação, pois não tem relação com o montante de capital investido.

São comumente utilizadas como bases de comparação dos resultados empresariais o ativo total, o patrimônio líquido e as receitas de vendas. Os resultados normalmente utilizados são o lucro operacional e o lucro líquido (Assaf Neto e Lima, 2009).

Para atender aos objetivos do estudo, os indicadores de lucratividade e de rentabilidade serão assim operacionalizados, conforme listados a seguir.

- 1) *Lucratividade*: foi obtido dividindo-se o lucro, ou seja, as receitas menos os gastos das propriedades cafeeiras, pela receita do produtor. Foram considerados os dados de 2009 e 2010. Para cálculo da receita, multiplicou-se o preço de venda da saca de café pela quantidade de sacas produzidas e vendidas. Os gastos considerados foram: fertilizante de solo, fertilizante foliar, fertilizante orgânico, corretivo de solo, fungicidas e inseticidas, herbicidas, mão de obra, exceto na fase da colheita, mão de obra, exclusivamente na fase da colheita, assistência técnica, aluguel de colheitadeira automotriz, aluguel de derriçadeira, colheitadeira automotriz própria, derriçadeiras próprias, outros gastos com a colheita do café, combustíveis em veículos, máquinas e equipamentos, manutenção de veículos, máquinas e equipamentos, aluguel de máquinas e equipamentos, manutenção de benfeitorias e instalações, energia elétrica, impostos, taxas, manutenção de conta bancária etc. além de outros gastos com a cafeicultura que não foram alocados nos grupos citados anteriormente.

$$Lucratividade = \frac{Lucro}{Receitas} . \quad (6)$$

É importante destacar que a expressão “custo de produção” utilizada e mencionada neste trabalho, tem como componentes os gastos citados anteriormente. Utilizando uma terminologia contábil, esses gastos poderiam ser divididos em custos e despesas. Segundo Martins (2010), custos são gastos relativos a um bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços enquanto, despesas, são bens ou serviços consumidos para obtenção de receitas. Neste trabalho não houve a separação de custos e despesas, sendo todos os gastos denominados “custos de produção” ou simplesmente “custo do café”. Optou-se, ainda por não considerar a depreciação dos ativos, bem como o custo de oportunidade do capital empregado. Reconhece-se a importância da depreciação e custo de oportunidade em análises financeiras, porém o levantamento de dados realizado neste trabalho não coletou informações que pudessem diminuir o grau de arbitrariedade em suas estimativas.

- 2) *Rentabilidade anual*: foi obtido dividindo-se o lucro anual, ou seja, as receitas menos os gastos citados anteriormente, pelos investimentos. Foram considerados como investimentos: o valor da terra utilizada para produção do café (área produtiva com lavoura), valor atual de máquinas equipamentos e benfeitorias e 50% dos gastos com a produção anual (considerou-se 50% dos custos de produção, pois a atividade opera-

cional não necessita de todo desembolso inicial, visto que muitos insumos podem ser comprados a prazo epagos após a colheita).

$$\text{Rentabilidade anual} = \frac{\text{Lucro anual}}{\text{Investimento}}. \quad (7)$$

### 3.5 Regressão logística

A regressão logística é uma técnica multivariada de dependência destinada a identificar as variáveis mais significativas para previsão da ocorrência de determinado evento de interesse, fornecendo, inclusive, a probabilidade de sua ocorrência (Fávero *et al.*, 2009).

Uma de suas particularidades é que a distingue dos demais modelos de regressão é o fato de a variável dependente ser dicotômica. O que impõe que o resultado da análise permita associações a certas categorias, tais como positivo ou negativo (Corrar, Paulo e Dias Filho, 2007). Quanto ao procedimento para estimação dos parâmetros, este incide no método de máxima verossimilhança, um processo iterativo que admite estimar a probabilidade máxima associada à ocorrência de determinado evento ou a presença de determinadas características. Com esse recurso, todos os resultados atribuíveis à variável dependente ficam contidos no intervalo de 0 a 1 (Fávero *et al.*, 2009).

Assim, um modelo logístico é representado pela seguinte expressão:

$$f(Z) = \frac{1}{1+e^{-Z}}, \quad (8)$$

sendo  $Z$ :

$$Z = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k, \quad (9)$$

em que:

- $p$  indica a probabilidade de ocorrência de determinado evento de interesse;
- $X$  representa o vetor de variáveis explicativas;
- $\alpha$  e  $\beta$  são os parâmetros do modelo;
- $\ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$  é apontado como o logit;
- $\left(\frac{p}{1-p}\right)$  demonstra a chance de ocorrência do evento de interesse.

A regressão logística assume as seguintes pressuposições:

- a) relação linear entre o vetor das variáveis explicativas  $X$  e a variável dependente  $Z$ ;
- b) valor esperado dos resíduos é igual a zero;
- c) ausência de heterocedasticidade;
- d) ausência de multicolinearidade.

De acordo com Corrar, Paulo e Dias Filho (2007), entre as vantagens na utilização desta técnica, destacam-se: adequação à solução de problemas que envolvem estimação de probabilidades, pois trabalha com uma escala de resultados que varia de 0 a 1; menor quantidade de suposições iniciais exigidas, se confrontada com outras técnicas empregadas para discriminar grupos; admite variáveis independentes métricas e não métricas, simultaneamente; os resultados da análise podem ser interpretados com relativa facilidade, já que a lógica do modelo se assemelha, e muito, à de outras técnicas bem conhecidas, como a regressão linear.

### 3.6 Definição da amostra e coleta dos dados

Os dados para elaboração da pesquisa proposta foram levantados pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do estado de Minas Gerais (Emater-MG), por meio de seu departamento técnico.

Foram coletados dados de cempriedades produtoras de café das mesorregiões Sul/Sudoeste, Campo das Vertentes, Centro-Oeste e Zona da Mata de Minas Gerais. As regiões foram escolhidas pela sua importância na produção nacional de café, e o número de produtores pesquisados foi demandado aos técnicos da Emater-MG, de forma a atender os propósitos deste estudo.<sup>6</sup>

Todos os produtores pesquisados participam do *Certifica Minas*, um programa estruturador do governo de Minas Gerais. O programa é executado pelo Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) e pela Emater – ambos vinculados à Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Seapa). Uma das ações do *Certifica Minas* é o Programa de Certificação de Propriedades Cafeeiras, que tem por objetivo atestar a conformidade das propriedades produtoras com as exigências do comércio mundial. As orientações para adequação das propriedades são feitas pela Emater-MG, enquanto as auditorias preliminares para checar a adequação aos padrões internacionais são realizadas pelo IMA. Concluindo o

---

6. Contudo, três entrevistas continham informações incompletas sendo, portanto, retiradas nas estimações dos modelos selecionados na pesquisa, de forma a não comprometer os resultados encontrados. Deste modo, as estimativas levaram em conta dados de 97 propriedades cafeeiras mineiras.



processo, uma certificadora de reconhecimento internacional faz uma auditoria final e concede a certificação às propriedades aprovadas. A certificação é uma garantia, para o consumidor, de que as propriedades adotam boas práticas agrícolas em todos os estágios da produção, atendendo às normas ambientais e trabalhistas. Até o ano de 2011, a expectativa era de que 1.500 propriedades dedicadas ao cultivo de café fossem certificadas (Seapa, 2012).

### 3.6.1 Instrumento de pesquisa

Em agosto de 2010, foram realizadas reuniões com seis técnicos da Emater-MG, com o objetivo de formular o instrumento de coleta dos dados. Os técnicos coletaram os dados no período de novembro de 2010 a março de 2011. Os dados financeiros de 2009 foram corrigidos para o ano de 2010, utilizando-se o Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M).<sup>7</sup>

O critério para seleção dos produtores pesquisados foi o de acessibilidade, segundo julgamento dos técnicos. É importante ressaltar que as propriedades certificadas pelo *Programa Certifica Minas* devem manter o registro de seus gastos e diversas outras informações que auxiliaram no levantamento e deram maior confiabilidade aos dados.<sup>8</sup>

Especificamente, os dados levantados foram:

- gastos anuais (safras 2009/2010 e 2010/2011) com fertilizantes, corretivos, fungicidas, herbicidas, mão de obra, gastos com colheita, manutenções, combustíveis e demais gastos anuais da produção;
- receitas oriundas da atividade cafeeira e demais atividades desenvolvidas na propriedade;
- composição dos talhões com área, espaçamento, cultivar, idade e número de plantas;
- inventário das máquinas, equipamentos e benfeitorias da propriedade com idade e valor médio de mercado;
- produção e produtividade da propriedade nas safras 2009/2010 e 2010/2011;
- valor médio de venda da propriedade, percentual de área plana, montanhosa, ondulada e altitude média da propriedade.
- área em produção, área em formação e área de reserva legal;

7. Este procedimento foi necessário, uma vez que se utilizou, como período o ciclo do café de 24 meses, englobando as duas safras selecionadas, 2009/2010 e 2010/2011, de forma a mantê-las em uma mesma base monetária.

8. A tabela 1A descritiva dos dados coletados encontra-se na seção "anexo" deste trabalho.

- características do processo de colheita, tipo de café produzido, origem dos recursos financeiros para a atividade, acesso a assistência técnica, uso de análise de solo e de folhas, uso da calagem e adubação, tipo de manejo do mato, fases em que usa mecanização, se faz uso de adubação orgânica, pragas que mais causam danos, tipo de controle de pragas, doenças que causam danos à lavoura, tipo de controle de pragas, tipos de controle gerencial.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção é realizada a discussão dos principais resultados obtidos. Primeiramente, utilizou-se da técnica da análise de *cluster* para agrupar os produtores em dois grupos: maior mecanização e menor mecanização. Depois de agrupados, estimou-se a eficiência técnica dos dois grupos pelo método paramétrico (Fronteira Estocástica) e não paramétrico (DEA). A seguir, são apresentados os cálculos dos índices de lucratividade e rentabilidade, bem como a classificação das propriedades cafejeiras de acordo com o desempenho. Por fim, os determinantes do desempenho dos produtores são estimados.

##### 4.1 Agrupamento dos estabelecimentos de acordo com o grau de mecanização

A análise de *cluster* foi utilizada para agrupar as propriedades analisadas segundo o grau de mecanização, com o objetivo de gerar grupos com tecnologia mais homogêneos. Esse procedimento foi necessário, pois uma das pressuposições ligadas a metodologias de função de produção é que a amostra deve ser homogênea. Sendo assim, essa pressuposição conduz à necessidade de estratificar a amostra de produtores, pois existe heterogeneidade no que diz respeito ao nível tecnológico (aqui sendo considerado o grau de mecanização), o qual, em se tratando de funções de produção, seria o fator que deslocaria a função verticalmente (além da eficiência econômica).

As variáveis utilizadas para classificar o nível tecnológico dos cafeicultores, por meio da análise de *cluster*, foram as seguintes: *i*) a capina (na maior parte da área produtiva) é mecanizada (1 para sim 0 para não); *ii*) a adubação (na maior parte da área produtiva) é mecanizada (1 para sim 0 para não); *iii*) a pulverização (na maior parte da área produtiva) é mecanizada (1 para sim 0 para não); *iv*) a colheita (na maior parte da área produtiva) é mecanizada (1 para sim 0 para não); *v*) existe algum uso de colheita automatizada (1 para sim 0 para não). Essas variáveis foram escolhidas por representarem fatores ligados à intensidade do uso da mecanização.

O resultado pode ser visto na tabela 1, onde 37 propriedades foram classificadas com maior grau de mecanização e 60 propriedades cafejeiras com menor uso da mecanização. Foi utilizado o método *TwoStep Cluster*<sup>9</sup> para agrupar os produtores nestes dois *clusters*.

9. Para mais informações, ver Hair Jr. (2005).

TABELA 1  
**Número de produtores por cluster das propriedades cafeeiras pesquisadas no estado de Minas Gerais, safras 2009/2010 e 2010/2011**

<i>Cluster</i>	Número de propriedades
Maior grau de mecanização	37
Menor grau de mecanização	60

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nesta etapa do trabalho, serão apresentadas a função fronteira estocástica para cada um dos dois *clusters* formados.

## 4.2 Eficiência econômica das propriedades cafeeiras

Após a separação dos conglomerados (*clusters*), nesta seção serão apresentados os resultados da eficiência econômica dos produtores por meio das duas técnicas utilizadas, o modelo de fronteira estocástica e DEA. Optou-se por apresentar os resultados para cada grupo de produtores (de maior e menor mecanização) separadamente, com intuito de realizar a discussão dos resultados de forma mais detalhada.

### 4.2.1 Eficiência econômica dos produtores de maior grau de mecanização

#### 4.2.1.1 Eficiência econômica pelo método da Fronteira Estocástica

O primeiro passo para obtenção dos escores de eficiência econômica pelo método da Fronteira Estocástica é a estimação de uma função de produção. Para tal, utilizou-se a forma funcional Cobb-Douglas, conforme especificado na seção 3.2.

Foram avaliadas vintevariáveis (descritas na metodologia da função de produção), que identificavam os coeficientes técnicos das 37 propriedades pesquisadas. Utilizou-se como critério para seleção dessas variáveis o método *stepwise*, no qual se inicia o modelo com uma variável independente e a adição de cada nova variável é testada levando em consideração sua significância. A vantagem desse método é que ele permite a remoção de uma variável cuja importância no modelo é reduzida pela adição de novas variáveis. Das vintevariáveis analisadas, apenas duas mostraram-se significantes e estão presentes no modelo.

Definidas as variáveis com melhor ajuste e significância para o grupo com maior grau de mecanização, estimou-se a fronteira de produção estocástica pelo método de máxima verossimilhança e pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO), sendo este último utilizado como medida de robustez das estimativas encontradas, uma vez que este considera apenas os efeitos das variáveis em relação à média.<sup>10</sup> O software utilizado foi o Frontier 4.1, desenvolvido por Coelli (1996a).

10. Foram realizados testes para comprovar a robustez das estimativas: o teste de heterocedasticidade de White apontou heterocedasticidade, a qual foi corrigida pelo software Eviews 7.1. O teste de Durbin Watson rejeitou a presença de autocorrelação dos resíduos. A normalidade dos resíduos foi comprovada por meio do teste Kolmogorov-Smirnov.

No caso da estimação da função fronteira estocástica, o parâmetro  $\gamma$  mede o efeito da ineficiência na variação da produção observada. No presente estudo  $\gamma$  é igual a 0,80, o que significa que 80% da variação na produção se deve à ineficiência. Os 20% restantes se devem a erros de medida e choques exógenos fora do controle da unidade de produção.

Com relação aos resultados da fronteira de produção estocástica, verifica-se que os seus coeficientes são próximos aos coeficientes da função média (MQO), porém o intercepto e os gastos com fertilizantes de solo são maiores na função fronteira. Esse fato indica que a função fronteira não representa um comportamento totalmente neutro em relação à função média (tabela 2).

TABELA 2

**Estimativas dos parâmetros da função de produção média e da função fronteira de produção estocástica das propriedades cafeeiras com maior grau de mecanização, Minas Gerais, safras 2009/2010 e 2010/2011**

Variáveis independentes	Função MQO	Função fronteira
	B	B
(Constante)	2,326*	2,824*
Gastos com fertilizantes de solo	0,717*	0,742*
Gastos com fungicidas e inseticidas	0,291*	0,247*

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: \*Significante a 5%.

Com base nas estimativas da função fronteira apresentada na tabela 2, verifica-se que a elasticidade de produção do fator “gastos com fertilizantes de solo” foi de 0,742 e do fator “gastos com fungicidas e inseticidas” foi de 0,247. Em outras palavras, no período estudado, um aumento de 1% nos gastos com fertilizantes provocaria um aumento de 0,74% no valor da produção. O mesmo raciocínio aplicado aos fungicidas e inseticidas indica que aumentos de 1% nesse gasto aumentam o valor da produção em 0,25%. Freitas, Teixeira e Braga (2014) também identificaram importante participação das despesas com agrotóxicos e adubação ao estimarem uma função de produção para a agropecuária brasileira, considerando diferentes classes de tamanho do estabelecimento rural.

Estimada a função fronteira de produção estocástica dos produtores de café com maior grau de mecanização, foram estimadas as eficiências econômicas utilizando-se também o software Frontier 4.1.<sup>11</sup>

11. De acordo com Greene (1980), os estimadores de máxima verossimilhança são mais eficientes que os demais na estimação da fronteira de produção, sendo, portanto, o método utilizado para obtenção dos escores de eficiência técnica desta pesquisa.

Na tabela 3, apresenta-se a distribuição de frequência dos escores de eficiência econômica das propriedades de café com maior grau de mecanização. Esses escores representam a razão entre o valor observado da produção ( $Y_j$ ) e o valor da produção na fronteira ( $Y$ ), obtida para cada produtor pesquisado, conforme expressão (1).

O escore mínimo obtido nas propriedades foi de 0,42. Dessa forma, optou-se por iniciar a distribuição das classes de eficiência pelo valor de escore 0,40.

**TABELA 3**  
**Distribuição de frequência dos escores de eficiência econômica (fronteira estocástica) das propriedades cafeeiras com maior grau de mecanização, Minas Gerais, safras 2009/2010 e 2010/2011**

Classes de eficiência	Frequência	%
0,40   0,45	2	5,4
0,45   0,50	3	8,1
0,50   0,55	1	2,7
0,55   0,60	2	5,4
0,60   0,65	0	0,0
0,65   0,70	7	18,9
0,70   0,75	5	13,5
0,75   0,80	5	13,5
0,80   0,85	6	16,2
0,85   0,90	5	13,5
0,90   0,95	1	2,7
0,95   1,00	0	0,0
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100,0</b>
Média		0,72
Mediana		0,75
Desvio-padrão		0,13
Mínimo		0,42
Máximo		0,92

Fonte: Resultados da pesquisa.

Observa-se, pelos dados da tabela 3, que, em média, os cafeicultores apresentam eficiência econômica de 72%. A maior concentração de propriedades ocorre no intervalo entre 0,65 e 0,70, em que 18,9% das propriedades cafeeiras com maior grau de mecanização são enquadradas. Verifica-se também que a menor eficiência econômica observada foi de 42%, ao passo que a maior foi de 92%.

#### 4.2.1.2 Eficiência econômica pelo método DEA

Utilizaram-se para obtenção dos escores de eficiência econômica pelo método não paramétrico DEA, as mesmas variáveis definidas para o método paramétrico. Os escores de eficiência econômica para esse modelo foram obtidos utilizando-se o software Deap 2.1.

Nos resultados de eficiência econômica, utilizando o método DEA, a média de eficiência foi de 94%. A maior concentração foi no intervalo entre 0,92 e 0,94, com 29,7% das propriedades.

Na tabela 4, apresenta-se a distribuição de frequência dos escores de eficiência econômica obtidos pelo método não paramétrico DEA.

TABELA 4  
Distribuição de frequência dos escores de eficiência econômica das propriedades com maior grau de mecanização (método DEA), Minas Gerais, safras 2009/2010 e 2010/2011

Classes de eficiência	Frequência	%
0,86  - 0,88	1	2,7
0,88   - 0,90	3	8,1
0,90   - 0,92	5	13,5
0,92   - 0,94	11	29,7
0,94   - 0,96	6	16,2
0,96   - 0,98	8	21,6
0,98   - 1,00	3	8,1
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100,0</b>
Média		0,94
Mediana		0,94
Desvio-padrão		0,03
Mínimo		0,88
Máximo		1,00

Fonte: Resultados da pesquisa.

Em relação ao modelo estimado por meio da fronteira estocástica, verifica-se que a eficiência obtida anteriormente foi consideravelmente menor se comparado ao encontrado na tabela 4, apresentando uma média de 72%. Essa diferença era esperada, uma vez que uma das principais características da abordagem DEA é considerar que todo o desvio em relação à fronteira são relacionados à ineficiência. Contudo, podem existir diversos fatores aleatórios que também podem explicar parte do desvio, como efeitos de condições climáticas, práticas gerenciais, qualidade do solo, e outras condições exógenas ao controle do estabelecimento rural, as quais o modelo não consegue isolar o efeito. Tais fatores, entretanto, são captados

no modelo de fronteira estocástica pela parte do erro responsável pelas variações aleatórias da função de produção. Nesse sentido, a parte do erro da fronteira estocástica relativa à ineficiência refere-se, de fato, ao desvio da produção em relação à fronteira ótima relativo ao uso não eficiente dos fatores produtivos, sendo os demais fatores exógenos isolados no termo de erro aleatório.

#### 4.2.2 Eficiência econômica dos produtores de menor grau de mecanização

##### 4.2.2.1 Eficiência econômica pelo método da Fronteira Estocástica

De um total de vinte variáveis (descritas na metodologia) que identificavam os coeficientes técnicos das sessentapropriedades cafeeiras com menor grau de mecanização, dois parâmetros participaram do modelo selecionado. Foram realizados os mesmos testes e respeitadas as mesmas premissas que balizaram a estimativa do primeiro modelo (para os produtores com maior grau de mecanização).

Definidas as variáveis com melhor ajuste e significância para o grupo com menor grau de mecanização, estimou-se a fronteira de produção estocástica pelo método de máxima verossimilhança, utilizando-se o software Frontier 4.1, desenvolvido por Coelli (1996) (tabela 5).

TABELA 5

**Estimativas dos parâmetros da função de produção média e da função fronteira de produção estocástica das propriedades cafeeiras com menor grau de mecanização, Minas Gerais, safras 2009/2010 e 2010/2011**

Variáveis independentes	Função MQO	Função fronteira
	B	B
(Constante)	2,450*	3,927*
Gastos com fertilizantes de solo	0,624*	0,609*
Gastos com mão de obra (exclusiva da colheita)	0,322*	0,237*

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: \*Significante a 5%.

No caso da estimação da função fronteira estocástica, o parâmetro  $\gamma$  mede o efeito da ineficiência na variação da produção observada. No presente estudo,  $\gamma$  é igual a 0,97, o que significa que 97% da variação no valor da produção se deve à ineficiência. Os 3% restantes devem-se a erros de medida e choques exógenos fora do controle da unidade de produção.

Como medida de robustez, estimou-se também a função de produção pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO), o qual identifica os efeitos das variáveis explicativas em relação à média. Com relação aos resultados da fronteira de produção estocástica, verifica-se que a função fronteira não representa

um comportamento totalmente neutro em relação à função média, uma vez que os coeficientes são diferentes.

Considerando o modelo de interesse, ou seja, a função fronteira de produção, verifica-se pelos resultados da tabela 5, que a elasticidade de produção do fator “gastos com fertilizantes de solo” foi de 0,609, e do fator “gastos com mão de obra (exclusiva da colheita)” foi de 0,237. Em outras palavras, no período estudado, um aumento de 1% nos gastos com fertilizantes provocaria um aumento de 0,61% no valor da produção. O mesmo raciocínio aplicado aos gastos com mão de obra exclusiva da colheita indica que aumentos de 1% nesse fator aumentam o valor da produção em 0,24%. Almeida (2012), ao estimar fronteiras estocásticas de produção para cada região brasileira e diferentes tamanhos de estabelecimentos, também identificou o fator trabalho e gastos com insumos (entre eles fertilizantes e adubos), como sendo aqueles que mais explicavam a formação do valor da produção do estabelecimento agropecuário.

TABELA 6

**Distribuição de frequência dos escores de eficiência econômica (fronteira estocástica) das propriedades cafejeiras com menor grau de mecanização, Minas Gerais, safras 2009/2010 e 2010/2011**

Classes de eficiência	Frequência	%
0,20  - 0,30	3	5,0
0,30  - 0,40	7	11,7
0,40  - 0,50	5	8,3
0,50  - 0,60	13	21,7
0,60  - 0,70	7	11,7
0,70  - 0,80	8	13,3
0,80  - 0,90	12	20,0
0,90  - 1,00	5	8,3
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100,0</b>
Média		0,64
Mediana		0,63
Desvio-padrão		0,20
Mínimo		0,24
Máximo		0,95

Fonte: Resultados da pesquisa.

Estimada a função fronteira de produção estocástica dos produtores de café com menor grau de mecanização, foram estimadas as eficiências econômicas dos estabelecimentos analisados, sendo a distribuição de frequência dos escores apresentadas na tabela 6. Cabe ressaltar novamente que esses escores representam



a razão entre o valor observado da produção ( $Y_j$ ) e o valor da produção na fronteira ( $Y_j^*$ ), obtida para cada produtor pesquisado, conforme expressão (1).

O escore mínimo obtido entre os cafeicultores pesquisados foi de 0,24. Dessa forma, optou-se por iniciar a distribuição das classes de eficiência pelo valor de escore 0,20.

Observa-se, pelos dados da tabela 6, que, em média, os cafeicultores apresentam eficiência econômica de 64%. Além disso, a maior concentração de produtores com eficiência econômica está no intervalo entre 0,50 e 0,60, compreendendo 21,7% das propriedades, e no intervalo entre 0,80 e 0,90, compreendendo 20,0% dos estabelecimentos analisados. Verifica-se também que a menor eficiência econômica observada foi de 24%, ao passo que a maior foi de 95%.

#### 4.2.2.2 Eficiência econômica pelo método DEA

As mesmas variáveis definidas para o método paramétrico foram utilizadas para obtenção dos escores de eficiência econômica pelo método não paramétrico DEA. Os escores de eficiência econômica para esse modelo foram obtidos utilizando-se o software Deap 2.1.

Na tabela 7, apresenta-se a distribuição de frequência dos escores de eficiência econômica obtidos pelo modelo não-paramétrico (DEA) para as propriedades cafeeiras com menor grau de mecanização estudadas em Minas Gerais. Nos resultados de eficiência econômica, utilizando o método DEA, a média de eficiência foi de 91%; mínimo de 0,85 e máximo de um.

Ressalta-se novamente que a eficiência média estimada pelo modelo DEA (91%) foi relativamente superior ao resultado estimado pela fronteira estocástica (64%). Como mencionado anteriormente, tal diferença deve-se ao fato de o modelo DEA não conseguir isolar da medida de ineficiência, a parte do desvio em relação à fronteira que é devido a fatores aleatórios. Resultado semelhante foi encontrado por Lima, Reis e Alves (2012) ao também analisar a eficiência econômica da cafeicultura mineira, porém, sem distinguir as propriedades de acordo com o grau de mecanização.

No geral, verifica-se, como esperado, que as propriedades cafeeiras classificadas como apresentando maior grau de mecanização foram relativamente mais eficientes, independentemente do método utilizado, indicando que tais propriedades fazem melhor uso dos insumos e, conseqüentemente, atingem um maior nível de produtividade mediante a utilização de um processo produtivo com tecnologias mais avançadas. Além disso, o baixo desvio-padrão encontrado nos dois modelos indicaram importante grau de homogeneidade das observações,

corroborando a comparação a partir das eficiências médias encontradas para as propriedades com diferentes graus de mecanização.

TABELA 7

**Distribuição de frequência dos escores de eficiência econômica das propriedades com menor grau de mecanização (método DEA), Minas Gerais, safras 2009/2010 e 2010/2011**

Classes de eficiência	Frequência	%
0,84  - 0,86	5	8,3
0,86  - 0,88	10	16,7
0,88   - 0,90	17	28,3
0,90   - 0,92	10	16,7
0,92   - 0,94	9	15,0
0,94   - 0,96	5	8,3
0,96   - 0,98	1	1,7
0,98   - 1,00	3	5,0
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100,0</b>
Média		0,91
Mediana		0,90
Desvio-padrão		0,04
Mínimo		0,85
Máximo		1,00

Fonte: Resultados da pesquisa.

### 4.3 Indicadores econômicos e classificação das propriedades segundo o desempenho

No presente trabalho, os quatro indicadores de desempenho estimados para as 97 propriedades cafeeiras foram: eficiência econômica pelo método paramétrico, eficiência econômica pelo método não paramétrico, índice de lucratividade e índice de rentabilidade. Apesar de cada um dos quatro indicadores utilizados nesta pesquisa possuírem uma metodologia específica, todos podem ser considerados como medidas de desempenho das empresas. Considerou-se, para este estudo, que o objetivo da organização é buscar maior desempenho nos quatro indicadores conjuntamente.

Sabe-se que esses indicadores são relacionados entre si e que, por exemplo, um lucro maior pode acarretar maiores lucratividades e rentabilidades, porém, é possível que um produtor tenha alta lucratividade e baixa rentabilidade. Além disso, uma eficiência elevada poderia também estar associado a maiores níveis de lucratividade e rentabilidade, dado o melhor uso dos fatores produtivos por parte da propriedade rural. Contudo, dependendo do custo de produção do

estabelecimento, mesmo que use eficientemente os insumos, pode ocorrer que o valor gerado pela produção não seja suficiente para obter maiores lucros ou rentabilidade anual.

Nesse sentido, como as eficiências foram calculadas considerando as variáveis que estatisticamente explicam a variação das receitas, pode-se verificar uma propriedade com elevada eficiência (tanto estocástica como DEA) e que não apresenta lucratividade e rentabilidade elevada. O que se deseja com esses argumentos é defender a ideia de que o conjunto (e não esses indicadores isoladamente) dos indicadores de desempenho pode representar melhor os objetivos econômicos de uma propriedade cafeeira.

Surge, então, a necessidade de agrupar as propriedades em propriedades com “maior desempenho” e “menor desempenho”, segundo o conjunto dos quatro indicadores mencionados anteriormente.

Com o objetivo de classificar os produtores, segundo seus indicadores de desempenho, foi aplicada a técnica multivariada de *cluster*, utilizando as variáveis, anteriormente descritas para o agrupamento. Dessa forma, os 97 produtores foram separados em dois grupos com as médias dos indicadores de desempenho.

A tabela 8 apresenta a estatística descritiva das 55 propriedades classificadas pelo *cluster* como “maior desempenho”. A média das eficiências DEA e estocástica foram respectivamente de 94% e 79%. A lucratividade média foi de 49%, enquanto a rentabilidade anual do investimento na cafeicultura foi de 13%.

**TABELA 8**  
**Estatística descritiva das 55 propriedades cafeeiras classificadas como “maior desempenho”, Minas Gerais, safras 2009/2010 e 2010/2011**

Indicadores de desempenho	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
Eficiência (DEA)	0,89	1,00	0,94	0,02
Eficiência (estocástica)	0,58	0,95	0,79	0,09
Lucratividade	0,25	0,76	0,49	0,11
Rentabilidade	0,05	0,30	0,13	0,05

Fonte: Resultados da pesquisa.

Já a estatística descritiva das 42 propriedades cafeeiras com “menor desempenho”, é apresentada na tabela 9. A média das eficiências DEA e estocástica foram respectivamente de 89% e 50%. A lucratividade média foi de 11%, enquanto a rentabilidade anual do investimento na cafeicultura foi de 2%. Importante destacar que, nesse grupo, estão presentes propriedades com prejuízo, como pode ser observado pelos menores indicadores de lucratividade e rentabilidade negativos.

TABELA 9  
**Estatística descritiva das 42 propriedades cafeeiras classificadas como “menor desempenho”, Minas Gerais, safras 2009/2010 e 2010/2011**

Indicadores de desempenho	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
Eficiência (DEA)	0,85	0,96	0,89	0,02
Eficiência (estocástica)	0,24	0,83	0,50	0,14
Lucratividade	-0,40	0,45	0,11	0,19
Rentabilidade	-0,04	0,09	0,02	0,03

Fonte: Resultados da pesquisa.

Em relação a outras pesquisas que investigaram o desempenho econômico e produtivo da atividade cafeeira, o trabalho de Oliveira e Vegro (2004) também identificou maior rentabilidade e menor custo de produção para produtores de café relacionados ao maior grau de mecanização, ao realizar um estudo de caso para a cafeicultura paulista. É importante destacar também que, apesar de os resultados encontrados aqui indicarem que a adoção de melhores tecnologias podem gerar resultados econômicos e produtivos mais expressivos para os produtores de café, a relação contrária também é válida. Isto é, o fato de uma propriedade já apresentar uma eficiência ou rentabilidade maior, pode facilitar o seu acesso a tecnologias mais avançadas. Tal hipótese é confirmada no trabalho de Monte e Teixeira (2006), os quais identificaram que, considerando a produção de café em Venda Nova do Imigrante (Espírito Santo), aspectos relacionados à rentabilidade e à produtividade são os principais determinantes da adoção de novas tecnologias.

#### 4.4 Determinantes da diferença de desempenho das propriedades cafeeiras

Com intuito de identificar quais os principais fatores que explicam a diferença dos desempenhos das propriedades cafeeiras analisadas, foi utilizado o modelo de regressão logística, sendo os coeficientes estimados apresentados na tabela 10. Para obter o melhor modelo de regressão logística, buscou-se minimizar o número de variáveis incluídas, descartando aquelas não significantes, que dão contribuição quase nula para o ajuste. Iniciou-se o processamento realizando-se a regressão logística simples para cada variável independente. A lista de variáveis explicativas testadas para o modelo de regressão logística encontra-se na seção “anexo” deste trabalho.

Foram selecionadas as variáveis que apresentaram um *p-value* no teste de hipótese inferior a 0,10. Com as variáveis que se mostraram significantes, foram testados diversos modelos até a seleção do modelo evidenciado no quadro 1.

O teste Hosmer e Lemeshow verifica se há diferença entre os valores preditos e os observados em certo nível de significância. Para tanto, dividem-se os casos em dez grupos, aproximadamente, e testa-se a hipótese de os valores preditos e

observados não serem diferentes. Seguindo uma distribuição de Qui-quadrado, o modelo apresenta uma estatística de 2,90 e um nível de significância de 0,94. Isso indica que os valores preditos não são significativamente diferentes dos observados.

#### QUADRO 1

##### Variáveis do modelo de regressão logística selecionado para a cafeicultura pesquisada, Minas Gerais, safras 2009/2010 e 2010/2011

Variável dependente:	Descrição:
Desempenho	Variável <i>dummy</i> de valor igual a 1, se a propriedade foi classificada como “maior desempenho” e 0 caso a propriedade tenha sido classificada como “menor desempenho”.
<b>Variáveis explicativas:</b>	<b>Descrição:</b>
Produtividade	Produtividade anual em sacas de café por hectare produtivo.
Preço médio de venda	Preço médio de venda da saca de café considerando as safras de 2009/2010 e 2010/2011.
Grau de mecanização	1 para maior grau de mecanização 0 para menor grau de mecanização.
Altitude	Altitude (metros) média da área da propriedade
Controle da produtividade da mão de obra	Se o produtor tem controles da produtividade da mão de obra a serviço da cafeicultura (1 para sim 0 para não).

Fonte: Resultados da pesquisa.

Segundo Gujarati (2006), o  $R^2$  de Mcfadden também pode ser utilizado como medida de qualidade de ajustamento. No modelo selecionado, esse indicador foi de 0,40, indicando um bom poder de explicação das variáveis consideradas exógenas no modelo.

Para a significância de cada estimador, aplicou-se o teste de Wald com a probabilidade de significância apresentada na tabela 10. Como se pode observar com exceção do grau de mecanização e da altitude, as demais variáveis são significativas a 1%.

Das 55 variáveis coletadas e propostas no modelo, 5 contribuem para explicar a classificação da propriedade em “maior desempenho”. Como os coeficientes são positivos, pode-se dizer que, quanto maiores a produtividade, o preço de venda do café, o grau de mecanização e a altitude da propriedade, maiores as chances de a empresa enquadrar-se no grupo de “maior desempenho”. Além dessas variáveis mencionadas, o modelo indica que produtores que estimam e controlam a produtividade da mão de obra utilizada na produção de café têm maiores chances de serem classificados com “maior desempenho”.<sup>12</sup>

12. Os coeficientes estimados podem ser interpretados em termos percentuais (Ex.: o aumento de 1% na produtividade eleva, em média, a probabilidade de a propriedade obter maior desempenho em 0,09%). Contudo, era objetivo deste trabalho verificar quais variáveis estariam associadas à maior probabilidade do estabelecimento ser classificado como “maior desempenho”, e não o valor do coeficiente em si.

**TABELA 10**  
**Significância de cada estimador selecionado no modelo de regressão logística para**  
**cafeicultura pesquisada, Minas Gerais, safras 2009/2010 e 2010/2011**

Variáveis explicativas	Coefficientes estimados	Prob.
Constante	-10,75468	0,0000
Produtividade	0,097798	0,0000
Preço médio de venda	0,017417	0,0022
Grau de mecanização	0,588478	0,0703
Controle da produtividade da mão de obra	1,705973	0,0001
Altitude	0,002516	0,0903

Fonte: Resultados da pesquisa.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo identificar quais são os recursos que explicam a variação do desempenho de propriedades cafeeiras no estado de Minas Gerais. A literatura apresenta diversos indicadores para medir o desempenho das firmas. Neste trabalho, não foi utilizado apenas um indicador, mas um composto de quatro indicadores. Dois indicadores (eficiência econômica estocástica e DEA) que medem a eficiência da firma em converter menores custos em maiores receitas; um indicador de lucratividade que mede a capacidade da firma em converter receita em lucro; e, por fim, um indicador de rentabilidade que buscou mensurar a capacidade da firma em aumentar o valor do investimento empregado na atividade cafeeira.

Das 97 propriedades cafeeiras analisadas, 55 foram classificadas como estabelecimentos de maior desempenho, apresentando uma eficiência econômica média de 79% pelo método da fronteira estocástica e 94% pelo método DEA. Quanto aos índices de lucratividade e rentabilidade, observou-se que as médias foram 0,49 e 0,13, respectivamente. Já para as 42 propriedades restantes, classificadas como estabelecimentos de menor desempenho, as eficiências econômicas médias registradas para os dois métodos foram de 50% e 89%. Além disso, os índices de lucratividade e rentabilidade apresentaram valores significativamente baixos, 0,11 e 0,02, respectivamente.

Em relação aos recursos que podem afetar o desempenho das propriedades cafeeiras, os resultados encontrados indicaram que aumentos de produtividade, melhores preços de venda, aumento do grau de mecanização, controle da produtividade de mão de obra e a altitude podem aumentar as chances de um estabelecimento ser enquadrado no grupo de maior desempenho. Desses, a questão da mecanização e a produtividade do trabalho foram os recursos que melhor ajudam a explicar a variação do desempenho das propriedades produtores de café em Minas Gerais, mostrando a importância da implementação de políticas voltadas para maior distribuição desses recursos.

## REFERÊNCIAS

- AAKER, D.; KUMAR, V.; DAY, G. **Pesquisa de Marketing**. São Paulo: Editora Atlas, 2001.
- ABIC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Indicadores da indústria de café no Brasil** – 2014. Disponível em: <goo.gl/dBrqD1>. Acesso em: jun. 2015.
- AIGNER, D.J.; LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, P. **Formulation and estimation of stochastic frontier production function models**. Journal of econometrics, Lausanne, v.6, n.1, p.21-37, jul. 1977.
- ALMEIDA, P. N. A. **Fronteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006**. 2012. Tese (Doutorado) – Economia Aplicada, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2012.
- ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G. **Curso de Administração Financeira**. São Paulo: Atlas, 2009.
- 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.
- BARNEY, J.B; HESTERLY, W.S. **Administração estratégica e vantagem competitiva: casos brasileiros**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. **Journal of Productivity Analysis, Dordrecht**, v. 3, p. 153-169, 1992.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W. Preface to topics in data envelopment analysis. **Annals of Operations Research**, v. 2, p.59-94, 1985.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.
- COELLI, T. J. **A Guide to Frontier version 4. 1**: a computer program for stochastic frontier production and cost function estimation. Armidale, Australia: Departamento de Econometria, Universidade de New England, 1996a. (Cepa Working Paper n. 96/07).
- COELLI, T. J. (1996b) **A guide to Deap version 2.1**: a data envelopment analysis (computer) program. Armidale, Australia: Department of Econometrics University of New England, 1996b. (Cepa Working Paper n. 96/08).

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira. Disponível em: <<https://goo.gl/iDfLN0>>. Acesso em: jun. 2015.

CONCEIÇÃO, J. C. P. R. Estimação e análise de fronteiras de produção estocásticas. *In*: SANTOS, M. L.; VIEIRA, W. C. (Eds.). **Métodos quantitativos em economia**. Viçosa MG: Editora UFV, 2004. p. 521-542.

\_\_\_\_\_. **Fronteira de produção estocástica e eficiência técnica na agricultura**. 1998, 108p. Tese (Doutorado) – Economia Aplicada, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; TONE, K. Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA – Solver Software. **Kluwer Academic Publishers**, Boston, 2000.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. (Coords.). **Análise multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Fipecafi: Atlas, 2007.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. **Econometrica**, v. 19, n. 3, p. 273-292, 1951.

DE PAULA, F. A. **Análise da eficiência técnica dos estabelecimentos produtores de café em Minas Gerais**. 2013. 58 p. Dissertação (Mestrado) – Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2013.

DYSON, R. G. *et al.* Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, v. 132, p. 245-259, 2001.

FÁVERO, L. P. *et al.* **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FREIRE, H. F. *et al.* Eficiência econômica da cafeicultura no sul de Minas Gerais: uma abordagem pela análise envoltória de dados. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v.14, n.1, p. 60-75, 2012.

FREITAS, C. O.; TEIXEIRA, E. C.; BRAGA, M. J. Tamanho do estabelecimento e eficiência técnica na agropecuária brasileira. *In*: Encontro Nacional de Economia, 42., 2014. **Anais...** Anpec, Natal, 2014.

GOLANY, B.; ROLL, Y. An application procedure for DEA. **OMEGA Int. Journal of Management Science**, Great Britain, v. 17, n. 3, p. 237-250, 1989.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. S. Análise envoltória de dados: conceitos e modelos básicos. *In*: SANTOS, M. L.; VIEIRA, W. C. (Eds.). **Métodos quantitativos em economia**. Viçosa: Editora UFV, 2004. p. 121-160, 653 p.



GREENE, W.H. Maximum likelihood estimation of econometric frontier functions. **Journal of econometrics**, Lausanne, v.13, n.1, p.27-56, mayo 1980.

GUJARATI. D. **Econometria Básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HAIRJR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 600 p. (Tradução de Adonai Schlup Santanna e Anselmo Chaves).

LIMA, A. L. R.; REIS, R. P.; ALVES, R. C. Fronteira de produção estocástica e eficiência econômica da cafeicultura mineira. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 268-285, 2012.

LIMA, A. L. R. **Eficiência produtiva e econômica da atividade leiteira em Minas Gerais**. 2006. 65 p. Dissertação (Mestrado) – Administração, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à decisão**. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2000.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <<https://goo.gl/ujEUdO>>. Acesso em: jun. 2015.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 10. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

NICHOLSON, W. **Microeconomic theory: basic principles and extensions**. Mason: Southwestern, 2005, 671 p.

MONTE, E. Z.; TEIXEIRA, E. C. Determinantes da adoção da tecnologia de despulpamento na cafeicultura. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n. 2, p. 201-217, 2006.

OLIVEIRA, M. D. M.; VEGRO, C. L. R. Custo de produção e rentabilidade na cafeicultura paulista: um estudo de caso. **Informações Econômicas**, v. 34, n. 4, p. 33-44, 2004.

PENROSE, E. **A teoria do crescimento da firma**. Campinas: Editora da Unicamp, 2006, 398 p.

REIS, R. P.; RICHETTI, A.; LIMA, A. L. R. Eficiência econômica na cultura do café: um estudo no sul de minas gerais. **Organizações rurais e agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 50-59, 2005.

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

SAES, M. S. M. **Estratégias de diferenciação e apropriação da quase-renda na agricultura – a produção de pequena escala**. 1. Ed. São Paulo: Annablume, 2009, 194 p.

SEAPA – SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **O que é o programa**. Disponível em: <<https://goo.gl/tjUcBP>>. Acesso em: 10 abr. 2012.

SIMÕES, J. C.; PELEGRINI, D. F. **Diagnóstico da cafeicultura mineira – regiões tradicionais**: Sul/Sudoeste de Minas, Zona da Mata, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Belo Horizonte: Epamig, 2010, 56 p. (Epamig Documentos, n. 46).

SHEPHARD, R. **Cost and production functions**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, EUA, 1953.

SMITH, P. Model misspecification in data envelopment analysis. **Annals of Operational Research**, v. 67, p. 141-161, 1997.

THIRY, B.; TULKENS, H. Productivity, efficiency and technical progress: concepts and measurement. **Annals of Public & Cooperative Economics**, v. 60, n. 1, p. 9-42, 1989.

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

VENKATRAMAN, N.; RAMANUJAM, V. Measurement of business performance in strategy research: a comparison of approaches. **Academy of Management Review**, v. 1, n. 4, p. 801-814, 1986.

VILELA, D. L. **Utilização do método análise envoltório de dados para avaliação do desempenho econômico de cooperativas de crédito**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2004.

WALKER, O. C.; RUEKERT, R.W. Marketing's role in the implementation of business strategies: a critical and conceptual framework. **Journal of Marketing**, v. 51, p. 15-33, jul.1987.

#### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

KOOPMANS, T. C. Efficient allocation of resources. **Econometria**, v. 19, n. 4, p. 455-465, 1951

OIC – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Total production of exporting countries**. Disponível em <<https://goo.gl/c40FJo>>. Acesso em: 13 abr. 2012.

**ANEXO A**

TABELA A.1

**Gastos em reais por hectare produtivo das propriedades cafeeiras pesquisadas no estado de Minas Gerais, safras 2009 e 2010**

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
Fertilizante de solo	727	6.086	2.482	1.103
Fertilizante de foliares	0	600	190	148
Fertilizante de orgânicos	0	2.668	242	494
Corretivos de solo	0	648	125	124
Fungicidas e inseticidas	78	3.330	796	537
Herbicidas	0	1.395	112	160
Mão de obra, exceto na fase da colheita	0	5.213	1.705	1.194
Mão de obra, exclusivamente na fase da colheita	0	10.946	3.013	1.935
Assistência técnica	0	531	35	104
Aluguel de colheitadeira automotriz	0	3.468	292	624
Aluguel de derrçadeira	0	1.838	28	195
Colheitadeira automotriz própria	0	449	10	60
Derrçadeiras próprias	0	407	15	63
Outros gastos com a colheita do café	0	1.794	241	244
Combustíveis em veículos, máquinas e equipamentos	0	3.700	603	596
Manutenção de veículos, máquinas e equipamentos	0	1.500	294	371
Aluguel de máquinas e equipamentos	0	1.826	107	277
Manutenção de benfeitorias e instalações	0	4.727	384	728
Energia elétrica, impostos, taxas, conta bancária etc.	0	6.897	496	799
Outros gastos com a cafeicultura	0	4.603	264	698
Soma dos gastos	3.775	23.811	11.433	4.399

Fonte: Dados da pesquisa.

**ANEXO B**

TABELA B.1

**Variáveis explicativas testadas para o modelo de regressão logística das propriedades cafeeiras estudadas em Minas Gerais, safras, 2009 e 2010**

1. Altitude média da área da propriedade
2. Preço médio de venda da saca de café considerando os anos de 2009 e 2010
3. Área (em hectares) com lavoura de café em produção
4. Produtividade anual em sacas de café por hectare produtivo
5. Valor em R\$ investido em máquinas e equipamentos dividido pelo número de hectares de café em produção
6. Valor em R\$ investido em benfeitorias e instalações dividido pelo número de hectares de café em produção
7. Tem receitas na propriedade provenientes de outras atividades. (1 para sim e 0 para não)
8. Área (em hectares) de todos os talhões de café da propriedade, incluindo as áreas em formação.
9. Idade média das lavouras de café (em anos)
10. Realiza análise do solo e/ou análise foliar das plantas. (1 para sim e 0 para não)
11. Produção total (sacas de café) da safra 2009
12. Produção total (sacas de café) da safra 2010
13. Área total da propriedade em hectares
14. Realiza calagem e/ou adubações com recomendação técnica. (1 para sim e 0 para não)
15. Realiza calagem do solo (1 para sim e 0 para não)
16. Realiza duas aplicações de adubo (1 para sim e 0 para não)
17. Realiza três aplicações de adubo (1 para sim e 0 para não)
18. Sobre manejo do mato realiza: capina (1 para sim e 0 para não)
19. Sobre manejo do mato realiza: roçada (1 para sim e 0 para não)
20. Sobre manejo do mato realiza: herbicida (1 para sim e 0 para não)
21. Sobre a aplicação de adubo orgânico utiliza: palha do café (1 para sim e 0 para não)
22. Sobre a aplicação de adubo orgânico utiliza: esterco de gado (1 para sim e 0 para não)
23. Sobre a aplicação de adubo orgânico utiliza: cama de frango (1 para sim e 0 para não)
24. Sobre a aplicação de adubo orgânico utiliza: leguminosas (1 para sim e 0 para não)
25. Sobre danos causados por praga do tipo: broca (1 para sim e 0 para não)
26. Sobre danos causados por praga do tipo: bicho mineiro (1 para sim e 0 para não)
27. Sobre danos causados por praga do tipo: ácaros (1 para sim e 0 para não)
28. Sobre danos causados por praga do tipo: lagartas (1 para sim e 0 para não)
29. Sobre danos causados por praga do tipo: cochonilhas (1 para sim e 0 para não)
30. Sobre danos causados por praga do tipo: cigarras (1 para sim e 0 para não)
31. Sobre danos causados por praga do tipo: nematóide (1 para sim e 0 para não)
32. Realiza monitoramento de pragas com controle por talhão (1 para sim 0 para não)
33. Realizada controle preventivo de pragas (1 para sim 0 para não)
34. Sobre danos causados por doença do tipo: ferrugem (1 para sim e 0 para não)
35. Sobre danos causados por doença do tipo: cercosporiose (1 para sim e 0 para não)

(Continua)

(Continuação)

- 
36. Sobre danos causados por doença do tipo: phoma (1 para sim e 0 para não)
- 
37. Sobre danos causados por doença do tipo: mancha aureolada (1 para sim e 0 para não)
- 
38. Sobre danos causados por doença do tipo: roseliniose (1 para sim e 0 para não)
- 
39. Sobre danos causados por doença do tipo: mancha anular (1 para sim e 0 para não)
- 
40. Realiza monitoramento de doenças com controle por talhão (1 para sim 0 para não)
- 
41. Realizada controle preventivo de doenças (1 para sim 0 para não)
- 
42. Proprietário faz diretamente a gestão de sua propriedade (1 para sim 0 para não)
- 
43. Tempo em que está à frente da gestão da propriedade (em anos)
- 
44. Realiza o controle e estimativa dos custos de produção (1 para sim 0 para não)
- 
45. Realiza o controle e estimativa da produtividade de máquinas e equipamentos (1 para sim 0 para não)
- 
46. Realiza o controle e estimativa da produtividade da mão de obra (1 para sim 0 para não)
- 
47. Calcula a rentabilidade do capital investido na atividade cafeeira (1 para sim 0 para não)
- 
48. No processo de gestão da propriedade conta com apoio de algum software específico (1 para sim 0 para não)
- 
49. No processo de gestão da propriedade conta com apoio de planilhas eletrônicas (1 para sim 0 para não)
- 
50. A capina é mecanizada (1 para sim 0 para não)
- 
51. A adubação é mecanizada (1 para sim 0 para não)
- 
52. A pulverização é mecanizada (1 para sim 0 para não)
- 
53. A colheita é mecanizada (1 para sim 0 para não)
- 
54. Existe algum uso de colheita automotriz (1 para sim 0 para não)
- 
55. Grau de mecanização (1 para maior grau de mecanização 0 para menor grau de mecanização)
- 

Fonte: Resultados da pesquisa.