

EFICIÊNCIA ECONÔMICA DA CAFEICULTURA NO SUL DE MINAS GERAIS: UMA A BORDAGEM PELA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Economic efficiency of coffee production in South region of Minas Gerais state: an approach for Data Envelopment Analysis

RESUMO

Por meio deste estudo, buscou-se avaliar a eficiência econômica da alocação dos recursos produtivos da cafeicultura no Sul de Minas Gerais. Os municípios pesquisados estão entre os maiores produtores do sul do Estado, a exemplo de Alfenas, Guaxupé, São Sebastião do Paraíso, Varginha e Três Pontas, totalizando 46 propriedades de café. Este estudo baseia-se nos princípios da teoria da produção e do custo e utiliza o modelo de Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência econômica dos cafeicultores pesquisados. Os coeficientes técnicos referem-se aos anos agrícolas 2006/2007, 2007/2008 e 2008/2009, que foram ajustados para a safra 2008/2009. Em média, os cafeicultores apresentam eficiência econômica de 64,08%. Considerou-se o produtor de café economicamente eficiente aquele em que a medida de eficiência econômica (EE) fosse igual ou maior 90,0%, e o percentual de cafeicultores que atingiram esse escore mínimo de eficiência foi de 13,4%. Os resultados indicaram uso ineficiente dos recursos produtivos na maioria dos casos, tanto técnica quanto economicamente.

Adriano Hígino Freire
Mestre em Administração - Universidade Federal de Lavras
adrianoufla@hotmail.com

Ricardo Pereira Reis
Professor Titular do Departamento de Administração e Economia
Universidade Federal de Lavras
ricpreis@dae.ufla.br

Danielle Pedretti Morais Lima
Faculdade Presbiteriana Gammon
pedrettilima@yahoo.com.br

Renato Elias Fontes
Professor do Departamento de Administração e Economia
Universidade Federal de Lavras
refontes@dae.ufla.br

Recebido em: 27/6/11. Aprovado em: 12/12/11
Avaliado pelo sistema blind review
Avaliador científico: Cristina Lelis Leal Calegario

ABSTRACT

Through this study, we sought to assess the economic efficiency of the allocation of productive resources of coffee production in South region of Minas Gerais state. The cities and towns surveyed are among the largest producers in the South of the state, such as Alfenas, Guaxupé, São Sebastião do Paraíso, Varginha, and Três Pontas, in a total of 46 coffee farms. This study is based on the principles of the theory of production and cost and uses the Data Envelopment Analysis to evaluate the economic efficiency of farmers surveyed. The technical coefficients refer to agricultural years 2006/2007, 2007/2008 and 2008/2009, which were adjusted for the 2008/2009 season. On average, farmers have economic efficiency of 64.08%. We considered an efficient producer of coffee the one in which the measure of economic efficiency (EE) was equal or higher than 90.0%. Only 13.4% of farmers achieved the minimum score of efficiency. The results indicate inefficient use of productive resources in most cases, both technically and economically.

Palavras-chaves: Café, custos de produção, eficiência técnica, eficiência alocativa.

Keywords: Coffee, costs of production, technical efficiency, allocative efficiency.

1 INTRODUÇÃO

A importância do café remonta ao período colonial e, historicamente, o Brasil sempre ocupou posição de destaque nessa atividade, como maior produtor e exportador mundial dessa *commodity*.

De acordo com os dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2011) do Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a produção total de café arábica e conilon, na safra 2009, foi de 39,47 milhões de sacas 60 kg de café beneficiado. Esse resultado representa uma redução de 14,1%, se comparado com a produção de 46,0 milhões de sacas obtidas na safra de 2008, cuja produção nacional representou 34,28% da produção mundial dessa *commodity*. Nesse mesmo período, segundo a Associação Brasileira da Indústria do Café -

ABIC (2010), o Brasil exportou 29,48 milhões de sacas, com a participação de 30,52% nas exportações mundiais desse produto.

Essa redução na produção da safra de 2009 em relação à safra de 2008, segundo a CONAB (2011), deve-se aos seguintes fatores: a) ciclo de baixa bianualidade na maioria das áreas de café arábica; b) regime de chuvas bastante irregulares e temperaturas elevadas; c) menor investimento nos tratamentos culturais diante dos elevados custos de produção e d) intensificação de práticas culturais, como podas (esqueletamento e recepas).

Entretanto, a produção total de café beneficiado no país, em 2010, fechou com uma produção de 48,09 milhões de sacas de 60 kg, o que representou um acréscimo de 21,9%, quando comparada com a produção obtida na temporada de 2009.

O café, tradicional e importante *commodity* no mercado internacional, é responsável por um dos mais importantes e diversificados complexos agroindustriais do Brasil. O segmento é composto por fornecedores de insumos, máquinas e equipamentos, produtores primários, cooperativas, empresas de processamento, exportadores, empacotadores, empresas de assistência técnica, compradores internacionais, corretoras e consumidores.

De acordo com estatísticas da ABIC (2010), no Brasil, maior complexo cafeeiro do mundo, cerca de 2,0 milhões de hectares de área são plantados com 5,6 bilhões de covas de café.

A produção de café brasileiro (arábica e conilon) está concentrada em quatro estados: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Paraná. Minas Gerais é o maior produtor nacional, com produção equivalente a 19,88 milhões de sacas beneficiadas na safra de 2009, que representam 50,37% da safra nacional, e seu parque cafeeiro possui cerca de um milhão de hectares de lavouras (CONAB, 2011). Ainda segundo dados da CONAB (2011), o Estado é dividido em três regiões produtoras: (a) Sul/Centro-Oeste, com 49,05% da produção estadual; (b) Triângulo/Alto Paranaíba/Noroeste, com 19,41% e (c) Zona da Mata/Jequitinhonha/ Mucuri/Rio Doce/Central/Norte, com 31,54% da produção total estadual.

A busca por novas práticas capazes de tornar a gestão da cafeicultura mais eficiente e sustentável economicamente é tema debatido por especialistas de diferentes setores. É recorrente a citação de que a cafeicultura nacional necessita aumentar sua eficiência produtiva, acompanhada de redução de custos de produção, visando a uma maior competitividade. Existem diversos pacotes tecnológicos à disposição do setor

produtivo, constantemente atualizado por soluções que atendam a novas demandas. No entanto, falta ao produtor dinamicidade quanto aos aspectos gerenciais, de modo que se tornem mais eficientes na alocação dos recursos produtivos.

Mesmo em Minas Gerais, que lidera a atividade com mais de 50% da produção nacional, o café vem sofrendo forte competição frente a outras atividades agropecuárias, como a da cana-de-açúcar, pecuária leiteira e atividades agroflorestais. Somado à crise enfrentada pelo setor, cafeicultores descapitalizados deixam de avaliar de forma racional o efeito de sua baixa produtividade, a adoção de manejos incorretos ou a inexistência de infraestrutura adequada de colheita e processamento. Dessa forma, o suporte em P & D e a assistência técnica para que o cafeicultor consiga uma melhor alocação de seus recursos, deve estar associada às práticas de gestão da atividade, visto que atuam nos fatores internos ou controláveis da cafeicultura.

No momento, a atividade cafeeira vem passando por situações de desafio, tornando inevitável a contabilização da relação custo/benefício, amparada por um modelo gerencial que oriente a capacidade de decisão empreendedora.

Nesse contexto, e considerando a capacidade gerencial e tecnológica dos cafeicultores e a importância socioeconômica dessa atividade para o estado de Minas Gerais, propôs-se, nesta pesquisa, avaliar a eficiência produtiva e econômica da cafeicultura na região sul de Minas Gerais, maior produtora do Estado.

1.1. Justificativa

Estudar os métodos de estimar as eficiências técnicas, alocativas e econômicas, bem como suas aplicações, vem se tornando uma das grandes linhas de pesquisa microeconômica, fundamentadas nas teorias da produção e do custo. Devido ao seu amplo grau de aplicabilidade, o uso de modelos quantitativos apresenta crescente utilidade para os produtores agropecuários, pois possibilita maior controle e otimização sobre a utilização de recursos no processo produtivo. Além disso, o uso desses modelos pode contribuir, evitando-se que o processo de tomada de decisão nas organizações dependa somente da experiência e da intuição dos seus gestores.

Ressalta-se que os fatores que afetam a renda dos empresários rurais dividem-se em dois grupos: os incontroláveis ou externos, que são aqueles sobre os quais o empresário rural não pode exercer seu controle, como, por exemplo, clima, instituições, mercados e os controláveis

ou internos, sobre os quais o empresário tem domínio, a exemplo do tamanho do negócio, da aplicação dos recursos produtivos e da intensidade de exploração entre outros.

Considerando que o café é uma *commodity* posicionada mundialmente em um mercado competitivo, o empresário cafeicultor torna-se um tomador de preços¹, não conseguindo controlar o preço do produto que vende e a estratégia para tornar seu produto competitivo isso ganha contornos claramente microeconômicos.

2 OBJETIVOS

Por meio deste estudo, buscou-se avaliar a gestão e a eficiência econômica da alocação dos recursos produtivos da cafeicultura do sul de Minas Gerais, identificando variações nos resultados econômicos apurados pela Análise Envoltória de Dados (DEA) e avaliando a competitividade da cafeicultura sul-mineira.

Especificamente objetivou-se:

- a) selecionar as variáveis para estimação dos coeficientes de eficiência econômica (EE) da cafeicultura no sul de Minas Gerais;
- b) identificar os escores de eficiência econômica dos produtores de café por nível de produtividade;
- c) identificar os grupos de produtores de café economicamente eficientes;
- d) verificar possíveis ações que poderiam contribuir para a melhoria da eficiência econômica da cafeicultura sul-mineira.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Na literatura recente, os estudos sobre eficiência têm apresentado avanços e vêm se tornando um importante instrumento de análise das grandes linhas de pesquisa microeconômica, a exemplo daqueles voltados para o setor agrícola. Nesses estudos, duas principais abordagens são utilizadas: a abordagem paramétrica e a não paramétrica.

Utilizando o modelo paramétrico, Lima (2006) pesquisou os níveis de eficiência econômica dos produtores de leite do estado de Minas Gerais, adotando uma função fronteira de produção estocástica como método de análise. Richetti e Reis (2003) buscaram avaliar

a eficiência econômica na utilização dos recursos produtivos na cultura da soja no estado de Mato Grosso do Sul, estimando as funções fronteira de produção por meio do modelo do tipo Cobb-Douglas e identificando a eficiência econômica do uso de fatores de produção pelos produtores de soja na região de estudo.

Barros, Costa e Sampaio (2004) analisaram a eficiência das empresas agrícolas do polo Petrolina/Juazeiro, utilizando a fronteira paramétrica translog. Esses autores buscaram estimar a eficiência técnica das empresas agrícolas situadas naquele polo por meio da agregação das culturas produzidas por cada uma das unidades produtoras, comparando os escores de eficiência obtidos e verificando os resultados quanto ao *ranking* de eficiência.

Pereira, Maia e Camilot (2008) estimaram índices de eficiência técnica a partir de função de produção de empresas suíncolas, situadas em municípios do estado de Mato Grosso, procurando identificar fatores explicativos desses índices e os efeitos dos gastos com meio ambiente e da renúncia fiscal. Verificaram que os gastos com a conservação do meio ambiente exercem efeitos positivos sobre os índices de eficiência técnica.

Estimando funções de custos total, derivadas a partir de uma função de produção Cobb-Douglas, Montoro Júnior e Teixeira (2004) verificaram a aplicabilidade de métodos paramétricos, que estimaram a eficiência de custos de empresas de distribuição de energia elétrica no Brasil. Os resultados indicaram que, no período adotado, todas as empresas foram igualmente eficientes no controle de seus custos.

Utilizando o método da fronteira estocástica, no trabalho de Ohira e Shirota (2005) estimou-se a eficiência das empresas do setor de saneamento básico no estado de São Paulo. Os resultados obtidos indicaram que existe grande variação nos níveis de eficiência entre as empresas analisadas.

Reis, Richetti e Lima (2005) avaliaram a eficiência econômica da utilização dos recursos produtivos na cultura do café no sul de Minas Gerais, estimada pela função fronteira de produção obtida de uma função fronteira homotética-raio, a qual permite retornos variáveis à escala.

Dentre outros trabalhos que tratam especificamente das eficiências técnicas e econômicas aplicados no meio rural, podem-se citar os de Conceição (2005), Conceição e Araújo (2000), Cunha, Lírio e Santos (2003), Khan e Silva (1997), Pereira et al. (2001), Tupy (1996) e Vicente (2004), que estudaram a aplicação da função fronteira de produção para a estimativa das eficiências na agricultura brasileira

¹De acordo com Pindyck e Rubinfeld (2010), em mercados competitivos, cada empresa enfrenta um número significativo de concorrentes diretos, pois, a venda de cada empresa representa uma pequena parte do total da produção que vai para o mercado. Sendo assim, suas decisões não influenciam o preço de mercado fazendo com que essas empresas sigam o preço de mercado.

em geral, ao passo que Andrade (2003), Ferreira Júnior e Cunha (2004), Johansson (2005), Moreira et al. (2004), Santos, Vieira e Baptista (2004), Souza (2003) e Tupy et al. (2005) focaram seus trabalhos na estimação das eficiências para a produção de leite, e Ferreira (1998), Tupy e Shirota (1998) e Zilli (2003) trabalharam com as eficiências na produção de frango de corte.

4 MODELO TEÓRICO

4.1 Teoria da produção e do custo

Este estudo baseia-se nos princípios da teoria da produção e do custo, segundo a qual existe dualidade entre as funções de produção e do custo, podendo o processo produtivo ser estudado empiricamente, utilizando-se tanto uma função de produção quanto uma função de custo.

Conforme Reis (1992), a teoria da produção é a teoria da escolha entre alternativas, em que objetivo da empresa é maximizar a produção que se pode obter com dado custo ao adquirir e combinar fatores, sendo a quantidade de produção dependente das quantidades de as vários insumos usados. Ainda segundo Reis (1992), ES essa relação é descrita por uma função de produção que se refere ao montante máximo de produção que pode ser produzido a partir de qualquer conjunto específico de insumos, dada a tecnologia existente.

Existem duas metodologias de pesquisa para a mensuração e a estimativa da função de produção: a paramétrica e a não paramétrica. A abordagem paramétrica consiste na estimação de funções matemáticas, de acordo com a realidade da série de dados, ou seja, ela tem como característica impor uma forma funcional para explicar os níveis de eficiência das empresas. A metodologia não paramétrica de programação matemática, conhecida como análise envoltória de dados, ou DEA (Data Envelopment Analysis), adotada nesse estudo, consiste em encontrar a melhor empresa virtual a partir de um conjunto de empresas de uma amostra.

Caso a empresa virtual seja melhor do que qualquer empresa da amostra, ou por produzir mais com a mesma quantidade de insumos ou por produzir a mesma quantidade com menos insumo, ela será ineficiente. Existem duas formas básicas de uma unidade não eficiente tornar-se eficiente. A primeira é reduzindo os recursos, mantendo constantes os produtos (orientação a *inputs*); a segunda é fazendo o inverso, ou seja, mantendo constantes os recursos e maximizando os produtos (orientação a *outputs*).

4.1.2 Medidas de eficiência

De acordo com Batista (2009), os termos eficiência e eficácia normalmente são confundidos, assim como eficácia e produtividade.

O conceito de eficácia refere-se ao atendimento das metas previamente estabelecidas, porém, sem considerar os recursos utilizados. A produtividade, por sua vez, consiste na razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para produzir. Por fim, a eficiência é um conceito relativo, que compara o que foi produzido com o que poderia ter sido produzido utilizando-se os mesmo recursos (BATISTA, 2009).

Na teoria da produção, os trabalhos sobre eficiência e produtividade, influenciados pelo trabalho de Farrell (1957), além de definirem as unidades eficientes e as não eficientes economicamente, decompunham a medida em dois outros componentes: uma técnica e outra alocativa, sendo esses os indicadores de interesse para a análise da gestão dos recursos produtivos.

A eficiência econômica é entendida como um processo da produção em que os custos são minimizados, dados os preços dos fatores (eficiência alocativa) e a produção ocorre na fronteira tecnológica (eficiência técnica). Em outras palavras, a eficiência econômica é uma medida de eficiência que trata da relação entre o valor dos produtos e o valor dos insumos. Fundamentalmente, eficiência econômica se preocupa com o aspecto monetário da produção, ou seja, é uma combinação das eficiências técnica e alocativa. A eficiência técnica é uma medida da forma como a combinação ótima dos recursos é utilizada na produção, na busca do produto máximo e no tratamento da relação entre produtos e insumos, ou seja, está preocupada com o aspecto físico da produção. Já a eficiência alocativa é uma medida da maneira como a empresa emprega uma combinação ótima de insumos para produção, em que o objetivo passa a ser o lucro máximo.

Os estudos de Farrell (1957) forneceram definições tanto para eficiência técnica quanto para alocativa, partindo do conceito de fronteiras determinísticas. Para definir o conceito de eficiência, considerou-se uma empresa que emprega dois insumos, x_1 e x_2 , para produzir um único produto y . A tecnologia foi resumida por uma função de produção: $y = f(x_1, x_2)$. Tal função pode ser escrita como $1 = f(x_1/y, x_2/y)$, ou seja, a fronteira tecnológica pode ser representada por uma isoquanta unitária SS' , conforme ilustrado na Figura 1. Por definição, as empresas que operam sobre a isoquanta são eficientes e nenhuma pode ficar abaixo de SS' .

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

Considerando que a linha WW' , na Figura 1, é a curva de isocusto, representando a razão de preço dos insumos x_1 e x_2 , a relação OC/OB mede a eficiência alocativa (EA) ou preço, já que o custo no ponto C é o mesmo do ponto alocativamente eficiente D. O custo do ponto C é menor do que aquele do ponto B, tecnicamente eficiente, mas alocativamente ineficiente. Finalmente, OC/OA mede a eficiência total ou a eficiência econômica (EE), que é dada pelo produto das eficiências técnica e alocativa. Assim, tem-se:

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

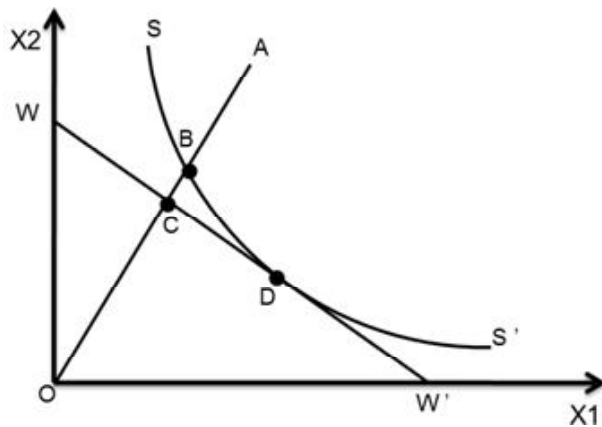


FIGURA 1 – Representação das eficiências técnica, alocativa e econômica

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

4.2. Modelo analítico

4.2.1. Análise envoltória de dados

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica baseada em programação linear, com o objetivo de medir o

desempenho de unidades operacionais ou tomadoras de decisão (*Decision Making Units - DMU*), quando a presença de múltiplas entradas e múltiplas saídas torna difícil realizar uma comparação (LINS; 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; COOPER, 1985; MELLO et al., 2005). As unidades eficientes são localizadas sobre a fronteira enquanto as ineficientes localizam-se abaixo.

Os primeiros autores a modelarem o problema do cálculo de eficiência foram Charnes, Cooper e Rhodes (1978), cujo nome, CCR, deve-se às iniciais de cada autor. Esse modelo calcula a eficiência total de uma DMU.

Banker, Charnes e Coper (1984), eliminando a necessidade de rendimentos constantes de escala, conceberam uma nova modelagem para o DEA, denominada BCC ou VRS (*Variable returns to scale*). Esse modelo estabelece distinção entre ineficiências técnicas e de escala, estimando a eficiência técnica pura, a uma dada escala de operações e identificando se estão presentes ganhos de escala crescente, decrescente ou constante, para futura exploração (CASA-NOVA, 2002). A principal diferença entre os modelos CCR e BCC é o fator de escala, sendo que, o modelo CCR trabalha com retornos constantes de escala e o modelo BCC considera retornos variáveis de escala. Além disso, os dois modelos (CCR e BCC) podem realizar as análises sob orientação a *inputs* ou *outputs*.

De acordo com a bibliografia consultada, o DEA apresenta em torno de 27 campos de aplicação, o que determinou sua evolução de maneira a atingir, cada vez mais, eficiência nos estudos.

Para Dyson et al. (2001), algumas limitações na utilização do DEA podem ser listadas: (a) à medida que cresce o número de variáveis, aumenta também a chance de mais unidades alcançarem o desempenho máximo; (b) numa técnica não paramétrica, torna-se difícil formular hipóteses estatísticas e (c) 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.

4.2.2. Considerações analíticas dos custos de produção

A avaliação dos custos de produção da cafeicultura está fundamentada na operacionalização dos recursos que compõem os custos fixos e os variáveis. Na avaliação dos recursos fixos, utiliza-se a depreciação apropriada pelo método linear. A depreciação é o custo necessário para substituir os bens de capital quando tornados inúteis, seja pelo desgaste físico ou econômico.

Para o café, serão considerados, na estimativa do custo de produção, os custos fixos e depreciáveis, como as estimativas de custos com benfeitorias, máquinas e equipamentos. No caso do custo da terra, considera-se o rendimento alternativo do recurso, ou seja, o valor de aluguel (arrendamento) da região, não sendo este fator produtivo é depreciado.

Quanto aos custos variáveis, consideram-se as despesas de modo geral consumidas em cada ciclo produtivo, a exemplo de gastos com mão de obra, condução da lavoura, insumos e despesas em geral.

Para efeito de análise do custo alternativo dos recursos produtivos alocados na cafeicultura, considerou-se a taxa de juro real de 6% a.a, que seria próxima a uma remuneração mínima obtida no mercado financeiro.

5. METODOLOGIA

Neste estudo, utilizou-se a metodologia não paramétrica de programação matemática, conhecida como análise envoltória de dados, ou DEA (*Data Envelopment Analysis*), por meio do modelo CCR orientado a *input*, sendo que, segundo Mello et al. (2005), esse modelo determina a eficiência pela otimização da divisão entre a soma ponderada das saídas (*output* virtual) e a soma ponderada das entradas (*input* virtual) generalizando, assim, a definição de Farrell (1957). O modelo permite que cada DMU escolha os pesos para cada variável (entrada ou saída) da forma que lhe for mais benevolente, desde que esses pesos aplicados às outras DMUs não gerem uma razão superior a 1. Essas condições são apresentadas pela expressão (2):

$$\begin{aligned} \text{Max } Eff_o &= \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{i=1}^r v_i x_{io} &= 1 \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} &\leq 0, \forall k \\ v_i, u_j &\geq 0, \forall i, j \end{aligned} \quad (2)$$

5.1. Áreas de estudo e fonte dos dados

Especificamente para avaliar as estimativas econômicas e os indicadores de produção da atividade cafeeira no sul de Minas Gerais, as informações necessárias foram coletadas por meio de dados secundários fornecidos pelas instituições de ensino, pesquisa, extensão, cooperativas e aquelas ligadas à melhoria da cafeicultura mineira.

O processo operacional constituiu-se nas seguintes informações:

- inventário de terra, benfeitorias, máquinas, equipamentos, veículos e demais itens da infraestrutura das propriedades;
- índices técnicos (adubação, condução da lavoura, poda, colheita, etc), produção e produtividade, etc.;
- levantamento dos componentes de custos fixos e variáveis: despesas com insumos e serviços, depreciação de capital fixo e remuneração do capital empatado na atividade cafeeira.

Nesta pesquisa, coletaram-se coeficientes técnicos referentes aos anos agrícolas 2006/2007, 2007/2008, que foram ajustados para a safra 2008/2009 por indicadores de preços agrícolas e pelo IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas (FGV), utilizando-se como base o índice de agosto de 2009, além dos coeficientes técnicos referentes à safra 2008/2009.

A composição do grupo de produtores foi feita de forma intencional, utilizando critérios de disponibilidade e qualidade dos dados disponibilizados pelos mesmos, por meio das fontes de dados, caracterizando como um estudo de multicaseos. Os municípios pesquisados estão entre os maiores produtores de café arábica do sul do Estado, que são Alfenas, Guaxupé, São Sebastião do Paraíso, Varginha e Três Pontas, totalizando 46 propriedades de café.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Num total de 54 variáveis que identificavam os coeficientes técnicos das 46 planilhas avaliadas, 10 parâmetros participaram do modelo selecionado, sendo que, para as estimativas dos parâmetros foi utilizado o software estatístico PASW Statistics 17.

Para este estudo, do total de 46 produtores, foram selecionadas três categorias de cafeicultores, tomando como parâmetro os níveis de produtividade. O grupo formado por produtores que apresentaram produtividade de até 20 sacas/ha foi classificado como de baixa produtividade e denominado grupo P; o grupo formado por produtores que apresentaram produtividade entre 20,1

e 30 sacas/ha foi classificado como de média produtividade e denominado grupo M e, finalmente, o grupo formado por produtores de café que apresentaram produtividade acima de 30 sacas/ha foi classificado como de alta produtividade e denominado grupo G.

6.1. Seleção das variáveis para estimação dos coeficientes de eficiência econômica

A seleção das variáveis para estimação da função fronteira de produção para a cafeicultura na região no sul de Minas Gerais foi realizada por meio de uma análise de regressão múltipla, utilizando-se o software PASW Statistics 17.

Para a cafeicultura em estudo, a forma funcional estimada é representada pela expressão (3):

$$Y_j = \beta_0 \cdot T_j^{\beta_1} \cdot B_j^{\beta_2} \cdot M_j^{\beta_3} \cdot P_j^{\beta_4} \cdot C_j^{\beta_5} \cdot V_j^{\beta_6} \cdot E_j^{\beta_7} \cdot O_j^{\beta_8} \cdot I_j^{\beta_9} \cdot L_j^{\beta_{10}} \cdot e_j,$$

em que as variáveis são identificadas da seguinte forma: Y_j é o valor da produção de café; \hat{a}_0 é um vetor de parâmetros desconhecidos; T_j é o valor do arrendamento da terra; B_j é o valor da depreciação anual das benfeitorias; M_j é o valor da depreciação anual de máquinas e equipamentos agrícolas; P_j é o valor das despesas com a mão de obra permanente; C_j é o valor das despesas com a mão de obra contratada eventualmente; V_j são os gastos com a operacionalização de varrição; E_j é o valor das despesas, com a operacionalização da esparramação; O_j é o valor dos custos empregados em outras despesas, tais como energia elétrica, impostos, serviços de terceiros, entre outras despesas operacionais; I_j são os gastos com a aquisição de insumos (adubos químicos, fungicidas, herbicidas, inseticidas, etc.); L_j são as despesas com a aquisição de combustível; e_j representa o erro.

Aplicando-se a transformação monotônica, a função torna-se linear nos logaritmos naturais das variáveis, de modo que os rendimentos de escala possam ser lidos diretamente por meio dos parâmetros estimados pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (NICHOLSON, 2005). Desse modo, a equação (4), em sua forma logarítmica, é:

$$\begin{aligned} \ln Y_j &= \ln \beta_0 + \beta_1 \ln T_j + \beta_2 \ln B_j + \beta_3 \ln M_j \\ &+ \beta_4 \ln P_j + \beta_5 \ln C_j + \beta_6 \ln V_j + \beta_7 \ln E_j \\ &+ \beta_8 \ln O_j + \beta_9 \ln I_j + \beta_{10} \ln L_j + e_j \end{aligned} \quad (4)$$

Conforme Hair Junior et al. (2005), um propósito fundamental da regressão múltipla é prever a variável dependente com um conjunto de variáveis independentes,

o que permite à regressão múltipla atingir dois objetivos: 1º) maximizar o poder preditivo geral das variáveis independentes e 2º) comparar dois ou mais conjuntos de variáveis independentes para examinar o poder preditivo de cada variável estatística.

Para que a regressão múltipla consiga atingir seus objetivos, alguns pressupostos precisam ser verificados. Os principais pressupostos requeridos para a análise de regressão, de acordo com Corrar, Paulo e Dias Filho (2007), são normalidade de resíduos, homocedasticidade, ausência de autocorrelação serial e multicolinearidade. Tais pressupostos serão discutidos com base nos resultados estatísticos da regressão múltipla selecionada para a cafeicultura sul-mineira.

Além dos critérios estatísticos de seleção, observou-se a coerência dos sinais dos coeficientes de regressão com os princípios econômicos, como também a importância das variáveis no processo produtivo da cafeicultura.

6.1.1. Diagnóstico dos resultados estatísticos

Foram realizados vários processamentos com os insumos que compõem a atividade cafeeira por meio do software PASW Statistics 17, até que se conseguisse definir um conjunto de variáveis com melhor ajuste e significância. Os resultados estatísticos da regressão múltipla do modelo selecionado para a cafeicultura do Sul de Minas Gerais, safra 2006/2007, 2007/2008 e 2008/2009, são apresentados na Tabela 1.

Conforme observa-se na Tabela 1, o modelo selecionado está constituído pelo melhor conjunto estimado de variáveis, ou seja, aquele que apresentou melhores significâncias. No caso daquelas variáveis que não apresentaram significância para o modelo, optou-se pela permanência das mesmas, visto sua importância no processo produtivo.

A variável “terra” indica que acréscimos de 10,0% no valor investido em arrendamento da terra aumentam o valor da produção de café em 10,4%. Por sua vez, a variável “mão de obra permanente” apresenta coeficiente negativo. Essa relação inversa com a variável “Valor da produção de café (Y)” mostra que os produtores excedem o uso desse fator, o que indica uma operação no terceiro estágio de produção, o qual é considerado irracional ou antieconômico. Também apresentaram coeficientes negativos as variáveis “benfeitorias” e “outras despesas operacionais”, o que indica que essas variáveis também estão sendo utilizadas de forma extensiva, ou seja, demonstraram que os produtores de café pesquisados estão utilizando insumos além da necessidade.

No que se refere à variável “mão de obra permanente”, caso o cafeicultor não tenha a intenção de aumentar a quantidade empregada de outros fatores, a exemplo de área plantada, adubação, máquinas e equipamentos, deverá diminuir a quantidade de profissionais contratados.

Em relação às benfeitorias (casa sede, galpão de máquinas, depósito, etc.), os investimentos utilizados na estrutura produtiva em benfeitorias também foram acima das reais necessidades da estrutura da lavoura de café no período analisado, gerando custos que afetam a rentabilidade do processo produtivo cafeeiro. Uma alternativa para a redução dessa subutilização seria o direcionamento do uso dessas benfeitorias também em outras atividades nas propriedades.

Analisando-se as estimativas dos resultados da Tabela 1, observa-se que as variáveis independentes são

responsáveis por 93,4% da variação do valor da produção de café no período estudado. Com relação à estatística F (ANOVA), verifica-se que também foi significativa, o que leva à rejeição da nulidade dos coeficientes dos parâmetros das variáveis independentes consideradas no referido modelo.

A avaliação do ajuste do modelo de regressão está sempre atrelada à situação dos seus resíduos. Dessa forma, o conjunto dos resíduos produzidos em todo o intervalo das observações deve apresentar distribuição normal. O diagnóstico de normalidade de resíduos foi feito por meio dos testes estatísticos KOLMOGOROV-SMIRNOV e SHAPIRO-WILK. Os resultados podem ser observados na Tabela 2.

Em ambos os testes (Tabela 2), os níveis de significância são respectivamente iguais a 0,200 e 0,195. Assim, não se rejeita a hipótese da normalidade dos resíduos.

TABELA 1 – Resultados estatísticos da regressão múltipla do modelo selecionado para a cafeicultura do Sul de Minas Gerais, safra 2008/2009

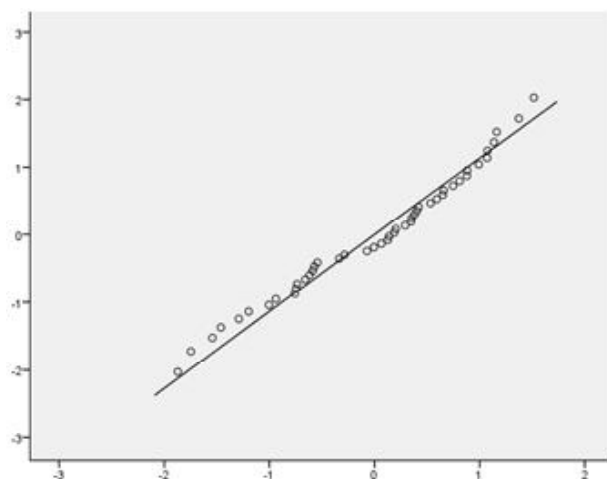
Variável dependente: Valor da produção						
Resumo do modelo						
R ²	R ² Ajustado	Erro padrão da regressão		Estatística de Durbin-Watson		
0,948	0,934	0,3358543		1,446		
Análise de variância (ANOVA)						
	Soma dos quadrados	df	Quadrado médio	Estatística F (ANOVA)	Significância	
Regressão	72,520	10	7,252	64,291	0,000	
Resíduo	3,948	35	0,113			
Total	76,467	45				
Coeficientes						
Variáveis independentes	B	Erro padrão	Estatística t	Significância	VIF*	
(Constant)	1,955	0,483	4,046	0,000		
Terra	1,049	0,067	15,551	0,000	2,211	
Benfeitorias	-0,071	0,041	-1,756	0,088	1,876	
Maquinas e equipamentos	0,073	0,038	1,917	0,063	3,983	
Mão de obra permanente	-0,109	0,020	-5,443	0,000	2,223	
Mão de obra temporária	0,057	0,031	1,817	0,078	3,511	
Varrição	0,034	0,027	1,265	0,214	2,124	
Esparramação	0,094	0,029	3,275	0,002	3,251	
Outras despesas operacionais	-0,038	0,014	-2,661	0,012	2,440	
Insumos	0,084	0,020	4,217	0,000	2,670	
Combustível	0,075	0,019	3,967	0,000	2,325	

* Fator de Inflação da Variância

TABELA 2 – Teste de normalidade do modelo selecionado para a cafeicultura do Sul de Minas Gerais, safra 2008/2009

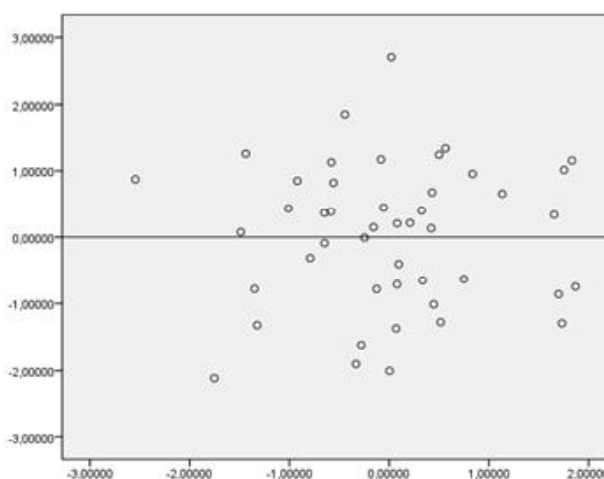
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estatística	Df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Resíduo estandardizado	0,100	46	0,200	0,966	46	0,195

Outra forma para analisar a normalidade dos resíduos pode ser observada no Gráfico 1, por meio da distribuição Normal Q-Q plot, que se baseia na distribuição de probabilidades dos valores observados e esperados numa distribuição normal. Se as duas distribuições forem idênticas e, portanto, ambas normais, os seus pontos sobrepõem-se na diagonal do Gráfico. Uma vez que a maioria dos pontos está muito próxima da diagonal principal, conclui-se que os resíduos apresentam distribuição normal.

**GRÁFICO 1** – Representação do Normal Q-Q plot do modelo selecionado para a cafeicultura do sul de Minas Gerais, safra 2008/2009

O teste de homocedasticidade pressupõe que o conjunto de resíduos referentes a cada observação de X deve ter variância constante ou homogênea em toda a extensão das variáveis independentes, isso é, a dispersão de Y em relação às observações de X deve manter consistência ou ser constante em todas as dimensões dessa variável, partindo da hipótese que $y=f(x)$. Para verificar a homocedasticidade ou a variância constante dos resíduos, relacionaram-se os resíduos estandardizados com o valor da variável dependente na forma estandardizada. Se os resíduos aumentassem ou

diminuissem com os valores da variável independente em torno da linha zero, colocava-se em causa a constância da variância para cada valor de x. Conforme se observa no Gráfico 2, a amplitude das variações dos resíduos em torno de 0 não apresenta relação com os valores estimados da produção, permitindo, portanto, assumir a homocedasticidade.

**GRÁFICO 2** – Representação gráfica da homocedasticidade dos resíduos do modelo selecionado para a cafeicultura do sul de Minas Gerais, safra 2008/2009

Outro pressuposto requerido para a análise de regressão é a ausência de autocorrelação dos resíduos, em que a magnitude de um resíduo não influencia a magnitude do resíduo seguinte. Utilizou-se, nesse estudo, o teste estatístico Durbin-Watson para a realização do diagnóstico de ausência de autocorrelação residual. Os resultados que se encontram na Tabela 1 apresentam a estatística de Durbin-Watson com o valor de 1,446. Conforme Pestana e Gageiro (2008), para testar a inexistência de autocorrelação, recorre-se às tabelas de Durbin-Watson. Neste estudo, utilizou-se a tabela de Savin e White, pois ela suporta um número de variáveis (k) maior do que 5, em que dL é o valor

crítico inferior e dU é o valor crítico superior. No presente estudo, foram 46 produtores pesquisados e, de acordo com os dados da Tabela 3, o número de casos mais próximo é 45, com dL 0,881 e dU 1,902. Como o valor do teste (1,446) pertence à região de aceitação, conclui-se que a correlação entre os resíduos é nula.

O último pressuposto requerido e analisado no modelo selecionado para a cafeicultura do sul de Minas Gerais, safra 2008/2009, foi a multicolinearidade, que ocorre quando duas ou mais variáveis independentes do modelo, explicando o mesmo fato, contêm informações similares. Assim, duas ou mais variáveis independentes altamente correlacionadas levam a dificuldades na separação dos efeitos de cada uma delas sozinha sobre a variável dependente. Segundo Maroco (2010), a forma mais simples e intuitiva é a da análise de matriz de correlações bivariadas entre as variáveis do modelo, sendo que correlações elevadas entre variáveis independentes ($|R| > 0,75$) conduzem, geralmente, a problemas de multicolinearidade. Conforme observa-se na matriz de correlações entre as variáveis independentes do modelo, nenhuma das correlações atingiu esse coeficiente.

Outro diagnóstico de multicolinearidade é o Fator de Inflação da Variância, VIF (*Variance Inflation Factor*). De acordo com Pestana e Gageiro (2008), quanto mais próxima de zero estiver VIF, menor será a multicolinearidade. O valor habitualmente considerado como limite acima do qual existe multicolinearidade é 10. Conforme observa-se na Tabela 1, não existe valor de VIF igual ou superior a 10, o que permite considerar que as variáveis independentes não apresentam multicolinearidade.

6.2. Agrupamento dos cafeicultores por nível de produtividade

Para este estudo, do total de 46 produtores, foram selecionadas três categorias de cafeicultores, tomando como parâmetro os níveis de produtividade.

O grupo formado por produtores que apresentaram produtividade de até 20 sacas/ha foi classificado como de baixa produtividade e denominado grupo P; o grupo formado por produtores que apresentaram produtividade entre 20,1 e 30 sacas/ha foi classificado como de média produtividade e denominado grupo M e, finalmente, o grupo formado por produtores de café que apresentaram produtividade acima de 30 sacas/ha foi classificado como de alta produtividade e denominado grupo G.

Na Tabela 4, pode-se observar que, dos 46 produtores de café pesquisados, 43,5% foram classificados como de baixa produtividade; 30,4% foram classificados como de média produtividade e o restante, 26,1%, classificados como produtores de alta produtividade.

Verificou-se que, conforme dados da Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB), a média de produtividade dos grupos de produtores de café pesquisados (23,30 sacas/ha) ficou bem próxima à média de produtividade da população da região sul e centro-oeste de Minas, na safra de 2008, 2009 e 2010, sendo, respectivamente, 21,97; 19,25 e 24,23 sacas/ha.

A eficiência econômica desses grupos (G, M, P) será analisada separadamente na sequência, após estimativa dos resultados obtidos dos produtores de forma agregada.

TABELA 3 – Estatística Durbin-Watson para um nível de significância de 0,01

Nº de observações	k=10	
	dL	dU
40	0,749	1,956
45	0,881	1,902
50	0,955	1,864

Fonte: Pestana e Gageiro (2008)

TABELA 4 – Distribuição de frequência e produtividade dos grupos de produtores de café no Sul de Minas Gerais, safra 2008/2009

Grupo	Frequência	%	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
G	11	26,1	35,82	33,00	7,332	31	55
M	15	30,4	26,87	28,00	3,482	21	30
P	20	43,5	13,75	15,00	4,351	6	20
Total	46	100,0	23,30	23,00	10,334	6	55

6.3. Eficiência econômica (EE) estimada pelo método não paramétrico (DEA-CCR)

Os escores de eficiência econômica para este modelo foram obtidos utilizando-se o software SIAD V.3.0 (ÂNGULO-MEZA et al., 2004). As análises das DMUs foram realizadas utilizando-se os modelos básicos CCR e BCC com tipos de orientação a input e output, abrangendo os modelos comumente utilizados nas Análises Envoltórias de Dados (DEA). Entretanto os resultados obtidos na utilização desses modelos foram semelhantes, sendo que, optou-se, para este estudo, o modelo CCR orientado a input.

Observou-se nos resultados das análises dos modelos CCR e BCC, tanto com orientação a input quanto a output, que, houve benevolência com as unidades avaliadas, ou seja, uma baixa discriminação entre as DMUs, com a ocorrência de várias unidades atingindo escores de 90,00 a 100,00% de eficiência econômica, conforme pode ser constatado nos resultados, derivados da utilização do modelo CCR orientado a input e utilizando fronteira padrão, apresentados na Tabela 5. Para contornar o problema da baixa discriminação, utilizou-se a opção “Fronteira invertida” do sistema SIAD V.3.0 (Tabela 6).

A “Fronteira invertida”, também chamada de “Fronteira ineficiente”, é uma avaliação pessimista composta pelas DMUs com as piores práticas gerenciais, sendo que, as DMUs pertencentes à fronteira invertida têm as melhores práticas sob uma ótica oposta, em que, quanto maior o grau de pertinência à fronteira invertida menor a eficiência da DMU.

Na tabela 6, apresenta-se a distribuição de frequência dos escores de eficiência econômica obtidos pelo modelo paramétrico DEA-CCR adotados, aqui, para a cafeicultura sul-mineira, safra 2008/2009.

Observa-se, pelos dados da tabela 6, que, em média, os cafeicultores apresentam eficiência econômica de 64,08%. Além disso, a classe que apresentou a maior concentração de produtores com eficiência econômica, com intervalo entre 90,0% e 100,0%, atingiu apenas 6,5% dos cafeicultores pesquisados. Percebe-se também uma maior concentração de produtores (76%) entre os escores de eficiência de 0,50 a 0,89.

No Gráfico 3 é possível observar a participação de cada grupo de produtores (P, M, G) em cada classe de eficiência econômica obtida pelo modelo paramétrico DEA-CCR. Verifica-se que os produtores do grupo P concentram-se entre os escores de 0,50 a 0,69, os produtores dos grupos M e G concentram-se entre os escores de 0,70 a 0,89.

TABELA 5 – Distribuição de frequência dos escores de eficiência econômica dos produtores de café pesquisados no sul de Minas Gerais, safra 2008/2009 (fronteira padrão)

Classes de eficiência	Frequência	%	% Acumulada
0,10 - 0,19	0	0,0	0,0
0,20 - 0,29	1	2,2	2,2
0,30 - 0,39	0	0,0	2,2
0,40 - 0,49	2	4,3	6,5
0,50 - 0,59	5	10,9	17,4
0,60 - 0,69	1	2,2	19,6
0,70 - 0,79	2	4,3	23,9
0,80 - 0,89	3	6,5	30,4
0,90 - 1,00	32	69,6	100,0
Total	46	100,0	
Média		0,8729	
Mediana		1,0000	
Desvio padrão		0,2005	
Mínimo		0,2829	
Máximo		1,0000	

6.4. Grupos de produtores de café eficientes economicamente

Na tabela 7 é apresentada a distribuição, por grupo, dos produtores de café classificados como eficientes economicamente. Verifica-se que, do total de cafeicultores pesquisados, apenas 13,04% conseguiram ser classificados como economicamente eficientes.

Considerou-se o produtor de café economicamente eficiente aquele em que a medida de eficiência econômica (EE) fosse igual ou maior a 0,9 (Tabela 6). Entretanto, foi adicionada ao escore obtido de cada produtor uma margem de 5,0%, uma vez que os dados poderiam estar sujeitos a erros de coleta.

Ainda em relação aos dados contidos na Tabela 7, é possível observar que o grupo M foi o que, relativamente,

apresentou uma maior quantidade de cafeicultores classificados como eficientes economicamente, sendo que, dos 15 produtores desse grupo 4, (26,67%) apresentaram escores superiores a 0,90. Ressalta-se que, apesar do Grupo G ser composto pelos cafeicultores com níveis de produtividade mais altos, apenas 18,18% conseguiram ser classificados como eficientes economicamente, enquanto que no grupo M, o qual é composto por cafeicultores com menor produtividade em relação ao grupo G, 26,67% deles conseguiram alcançar essa classificação. Por sua vez, verificou-se que, entre os cafeicultores do grupo P, o qual é composto por cafeicultores com produtividade menor em relação aos grupos G e M, nenhum conseguiu ser classificado como eficiente economicamente.

TABELA 6 – Distribuição de frequência dos escores de eficiência econômica dos produtores de café pesquisados no sul de Minas Gerais, safra 2008/2009 (fronteira invertida)

Classes de eficiência	Frequência	%	% Acumulada
0,10 - 0,19	1	2,2	2,2
0,20 - 0,29	1	2,2	4,3
0,30 - 0,39	5	10,9	15,2
0,40 - 0,49	1	2,2	17,4
0,50 - 0,59	11	23,9	41,3
0,60 - 0,69	6	13,0	54,3
0,70 - 0,79	10	21,7	76,1
0,80 - 0,89	8	17,4	93,5
0,90 - 1,00	3	6,5	100,0
Total	46	100,0	
Média		0,6408	
Mediana		0,6587	
Desvio padrão		0,2005	
Mínimo		0,1471	
Máximo		1,0000	

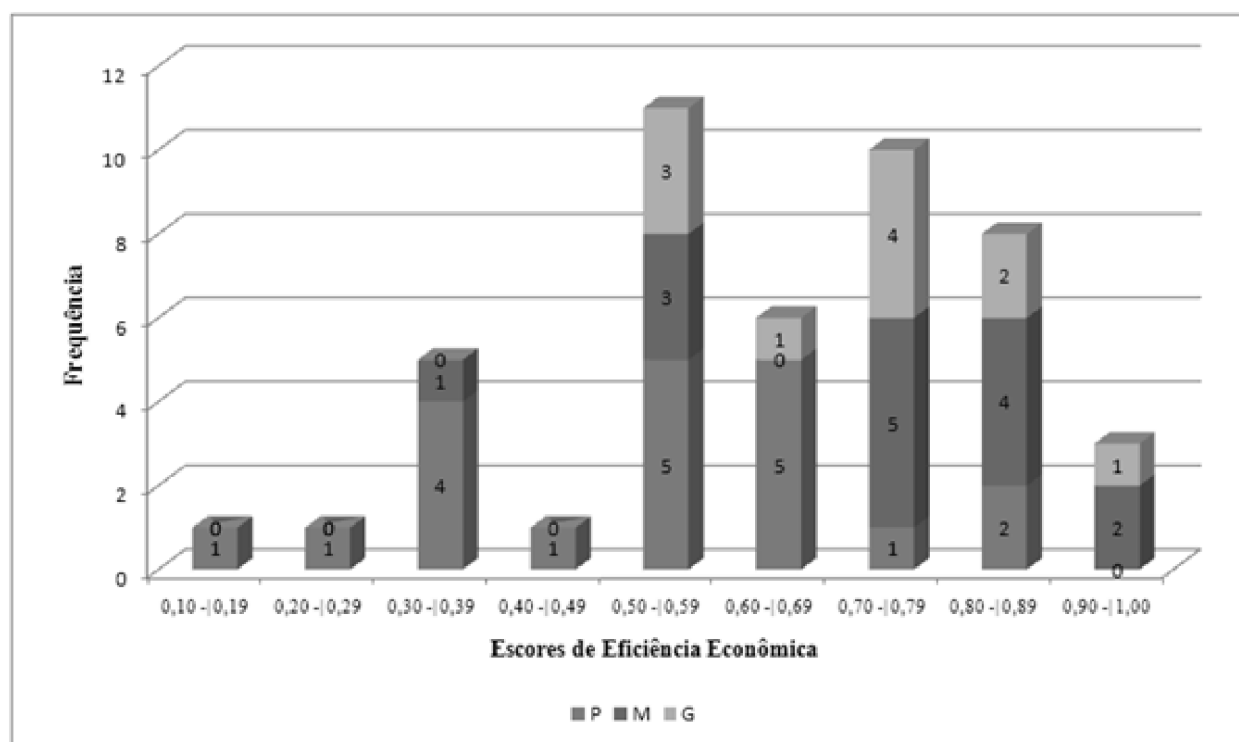


GRÁFICO 3 – Distribuição dos grupos P, M, G por classe de eficiência apurada na cafeicultura do sul de Minas Gerais, safra 2008/2009

TABELA 7 – Distribuição de frequência dos produtores de café classificados como eficientes, economicamente, na região do sul de Minas Gerais, safra 2008/2009

Grupos	Frequência (eficientes)	Frequência total do grupo	% relativa ao grupo
G	2	11	18,18
M	4	15	26,67
P	0	20	0
Total	6	46	13,04

7 CONCLUSÕES

Por meio dos resultados das análises dos dados, verificou-se que a busca de maior produtividade nem sempre garantirá uma eficiência econômica elevada e, consequentemente, maior rentabilidade.

Os resultados também indicaram uso ineficiente dos recursos produtivos, na maioria dos casos, tanto técnica quanto economicamente. No que se refere ao aspecto econômico, o cafeicultor deve ter sua produção orientada pela relação benefício/custo, utilizando práticas de gestão amparadas no conhecimento dos seus custos de produção,

otimizando a alocação dos recursos de produção, tornando sua atividade mais eficiente economicamente e, consequentemente, mais competitiva.

Torna-se requisito, para que o cafeicultor consiga uma melhor alocação de seus recursos, além das práticas de gestão, o conhecimento ou o suporte técnico ao conjunto de práticas culturais de todo o sistema cafeeiro, com informações sobre a quantidade certa dos tratamentos culturais, adversidades climáticas, adubações, etc.

O Brasil, e especificamente a região do sul de Minas Gerais, conta com várias instituições de pesquisa e universidades, com amplo conhecimento tecnológico sobre

a cultura do cafeeiro, que podem orientar o cafeicultor na busca de uma melhor combinação e uso de insumos, o que influenciará diretamente na redução de custos e, conseqüentemente, na melhoria da eficiência econômica dessa atividade.

8 REFERÊNCIAS

ANDRADE, V. A. B. **Eficiência técnica e rentabilidade na produção de leite no estado do Rio de Janeiro**. 2003. 92 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

ÂNGULO-MEZA, L. et al. FSDA - Free Software for Decision Analysis (SLAD - Software Livre de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis models. In: CONGRESO LATINO-IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA, 12., 2004, La Habana. **Memorias...** La Habana, 2004. 1 CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Produção e exportação mundial de café**. Disponível em: <http://www.abic.com.br/estat_exporta_ppaises.html>. Acesso em: 6 mar. 2010.

BARROS, E. S.; COSTA, E. F.; SAMPAIO, T. Análise de eficiência das empresas agrícolas do Pólo Petrolina/Juazeiro utilizando a fronteira paramétrica translog. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 597-614, out./dez. 2004.

BATISTA, F. D. **Metodologia para o uso da análise por envoltória de dados no auxílio à decisão**. 2009. 107 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009.

CASA-NOVA, S. P. C. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 2002. 101 p. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CHARNES, A.; COOPER, W. W. Preface to topics in data envelopment analysis. **Annals of Operations Research**, Baltimore, 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**, Amsterdam, v. 2, p. 429-444, 1978.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Central de informações agropecuárias**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=101>>. Acesso em: 6 mar. 2011.

CONCEIÇÃO, J. C. P. R. da; ARAÚJO, P. F. C. de. Fronteira de produção estocástica e eficiência técnica na agricultura. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 45-64, jan./mar. 2000.

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

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise multivariada: para cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2007. 541 p.

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

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

FARRELL, M. J. The measurement of productivity efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Oxford, v. 120, n. 3, p. 253-281, 1957.

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

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

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

- HAIR JUNIOR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 600 p.
- JOHANSSON, H. Technical, allocative, and economic efficiency in Swedish dairy farms: the data envelopment analysis versus the stochastic frontier approach. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 95-114, abr./jun. 1997.
- LIMA, A. L. R. **Eficiência produtiva e econômica da atividade leiteira em Minas Gerais**. 2006. 65 p. Dissertação (Mestrado em 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.
- MAROCO, J. **Análise estatística com utilização do SPSS**. 3. ed. Lisboa: Silabo, 2010. 822 p.
- MELLO, J. C. C. B. S. de et al. Curso de análise de envoltória de dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37., 2005, Gramado. **Anais...** Gramado: SBPO, 2005. 1 CD-ROM.
- MONTORO JÚNIOR, W.; TEIXEIRA, A. Medindo eficiência de custos no setor de distribuição de energia elétrica brasileiro. **Brazilian Business Review**, Vitória, v. 1, n. 1, p. 63-73, jan./jun. 2004.
- MOREIRA, V. H. et al. Alternative technical efficiency measures for Argentinean dairy farms using a stochastic production frontier and unbalanced panel data. In: ASIA PACIFIC PRODUCTIVITY CONFERENCE, 2004, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane: University of Queensland, 2004. 1 CD-ROM.
- OHIRA, T. H.; SHIROTA, R. Eficiência econômica: uma aplicação do modelo de fronteira estocástica em empresas de saneamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 33., 2005, Natal. **Anais...** Natal: ANPEC, 2005. 1 CD-ROM.
- PEREIRA, B. D.; MAIA, J. C. de S.; CAMILOT, R. Eficiência técnica na suinocultura: efeitos dos gastos com meio ambiente e da renúncia fiscal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 200-204, mar./abr. 2008.
- PEREIRA, M. F. et al. Mensuração da eficiência técnica na agropecuária brasileira através da estimação econométrica de fronteiras de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 39., 2001, Recife. **Anais...** Recife: SOBER, 2001. 1 CD-ROM.
- PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. N. **Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS**. 5. ed. Lisboa: Europress, 2008. 692 p.
- PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 7. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.
- REIS, R. P. **Estrutura produtiva da pecaria leiteira sob condições de intervenção: um estudo de caso em Minas Gerais**. 1992. 151 f. Tese (Doutorado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.
- REIS, R. P.; RICHETTI, A.; LIMA, A. L. R. Eficiência econômica na cultura do café: um estudo no sul de Minas Gerais. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 50-59, jan./jun. 2005.
- RICHETTI, A.; REIS, R. P. Fronteira de produção e eficiência econômica na cultura da soja no Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 45-61, jan./mar. 2003.
- SANTOS, J. A.; VIEIRA, W. C.; BAPTISTA, A. J. M. S. Eficiência técnica na produção de leite em pequenas propriedades da microrregião de Viçosa. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 261-290, 2004.
- SMITH, P. Model misspecification in data envelopment analysis. **Annals of Operational Research**, Baltimore, v. 67, p. 141-161, 1997.
- SOUZA, D. P. H. de. **Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite**. 2003. 147 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003.
- TUPY, O. **Fronteiras estocásticas, dualidade neoclássica e eficiência econômica na produção de frangos de corte**. 1996. 91 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1996.

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

TUPY, O. et al. A ineficiência custo da produção de leite no Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOBER, 2005. 1 CD-ROM.

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

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