

Produção de Café Arábica: Análise de Eficiência Técnica e de Escala por meio da Análise Envoltória de Dados – DEA

Tatiane Bento da Costa – tatianecosta@adm.ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia – UFU e Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM

Marcelo Tavares – mtavares@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Área temática: Gestão no Agronegócio

Resumo

O setor agrícola é altamente competitivo os produtos são *comoditizados*, possuem baixa distinção na produção, há também homogeneização entre os preços dos produtos a serem vendidos das safras incluindo o preço de venda do café Arábica. Com margens de lucros menores, os agricultores para maximizarem o lucro procuram otimizar a produção e reduzir os custos para, assim aumentar as margens de lucro sobre o produto vendido. O objetivo principal deste estudo é a exposição da fronteira de eficiência na geração de produção da cultura do café Arábica de acordo com recursos (custos e despesas) no período de 2009 ao ano de 2014. O objetivo secundário desse estudo focou em verificar a eficiência técnica e de escala das cidades: Franca/SP; Guaxupé/MG, Luís Eduardo Magalhães/BA, Patrocínio/MG, São Sebastião do Paraíso/MG, Londrina/PR, Manhuaçu/MG e Venda Nova dos Imigrantes/ES, dados disponíveis no site institucional da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, realizou-se a DEA através do *software* SIAD. Verificou-se como resultado a construção do ranking de eficiência através do modelo BCC trouxe como resultado 1.007 (arredondado para 1.01) sendo a DMU 1 (Franca/SP - 2009) a mais eficiente e a DMU 41 com resultado 1 (Manhuaçu/MG - 2013), indicando que as duas DMU's são as mais eficientes em otimização de suas produções (output) dado os recursos (inputs) que o produtor possuía disponível. De um total de 48 DMU'S, 27 são ineficientes quando se analisou a ineficiência de escala que pode indicar que está operando abaixo da escala ótima (retorno constante) ou operando acima da escala ótima (retorno decrescente) todas DMU's ineficientes possuem retornos crescente de retorno indicando que se aumentar a demanda e consequentemente a produção haverá ganhado de escala, pois haverá decréscimo dos custos e das despesas, as DMU'S eficientes foram: 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 24, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 44 e 45, indicando a eficiência na otimização dos recursos utilizados. As médias de eficiência de escala e de eficiência pura respectivamente são: 0,89 e 0,93 esses valores indicam que as cidades produtoras de café Arábica ineficientes poderiam em média diminuir 7% dos custos e despesas de produção que continuariam obtendo a mesma produção, e se analisarmos as mesmas cidades operando em escala ótima de produção teríamos um acréscimo de café Arábica produzido em 11%.

Palavras- chave: Gestão no Agronegócio, Eficiência Técnica, Eficiência de escala.

1. Introdução

A bebida que o café Arábica produz possui qualidade superior e é mais requintada, seu aroma é mais intenso, os sabores produzidos são diferenciados, assim alcançando maior quantidade de variação de sabores e agradando aos paladares mais exigentes. (ROSA, 2007).

O café Arábica (*coffea arabica* L.) é uma planta permanente originária da Etiópia possui porte arbustivo a planta propagou para outras partes do mundo chegando ao Brasil (THOMAZIELLO *et. al.*, 2000). Essa produção nacional é destaque no cenário interno e externo por isso estudar sua produção é relevante e necessário.

De acordo com o relatório da CONAB (2012) a terceira estimativa da produção brasileira de café (arábica e robusta), para a safra do ano de 2014, indica que o país deverá colher 47,54 milhões de sacas (60 kg) de café beneficiado. Esse número representa um pouco mais de um terço da produção de café mundial. O Brasil é o grande produtor de café mundial, maior exportador e segundo maior consumidor no mundo desta planta, sendo evidente a posição de destaque que ocupa no mercado global (MAPA, 2014).

Saes e Farina (1999) afirma que justamente no momento em que novos paradigmas de produção das *commodities* passaram a ser baseado num padrão de concorrência que privilegia a qualidade é quando ocorre a extrema concorrência das safras de café *commodities* onde o produto final de todos os produtores deve ser similar, pois a qualidade estar presente. A margem de lucro desse produto se torna ínfima em determinadas safras o objetivo das empresas em geral é maximizar a riqueza e uma das formas de atingir este objetivo é reduzir os custos de produção para aumentar a margem de lucro e assim maximizar a riqueza dos proprietários.

A definição do que se chama de eficiência produtiva da qual faz uso a teoria econômica é similar o seu conceito nas demais ciências sociais aplicadas na Economia e na Administração onde se refere otimizar de recursos e também a ausência de desperdício, portanto é a utilização máxima dos recursos disponíveis para satisfazer as necessidades das empresas. (FERREIRA; GONÇALVES; BRAGA, 2007).

Welsch (1983) nos afirma para empregar de abordagens técnicas desenvolvidas e com comprovada relevância para a execução do processo administrativo torna mais provável a consecução dos objetivos empresariais. Gerir empreendimentos hoje requer planejamento previamente analisado das operações como condição necessária para o sucesso e desempenho organizacional no longo prazo. Atualmente o processo de globalização da informação é cada vez mais intenso tendo como característica fundamental à ausência de fronteiras através da tecnologia. Com isso as empresas agrícolas também já estão inseridas neste meio para adequar e racionalizar seus processos de trabalho e interagir com o mercado consumidor global onde a concorrência é acirrada.

O objetivo principal deste estudo é a exposição da fronteira de eficiência na geração de produção da cultura do café Arábica de acordo com recursos (custos e despesas) no período de 2009 ao ano de 2014, otimizando as produções. O objetivo secundário desse estudo focou em verificar a eficiência técnica e de escala das cidades: Franca/SP; Guaxupé/MG, Luís Eduardo Magalhães/BA, Patrocínio/MG, São Sebastião do Paraíso/MG, Londrina/PR, Manhuaçu/MG e Venda Nova dos Imigrantes/ES, dados disponíveis no site institucional da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB.

O presente estudo se justifica, pois, aborda à formação de um *ranking* de eficiência percentual relativa das safras e identificará a eficiência ou ineficiência de cada *Decision Making Units* – DMU, que são as unidades tomadoras de decisão. Ao estabelecer a fronteira de eficiência entre as cidades desenvolve-se informações úteis aos plantadores de café Arábica para tomada de decisão para redução de custos da produção e para melhoria da *performance* frente à concorrência, pois a análise feita pontualmente em cada fator que influencia a produtividade sendo reflexos dos custos e despesas da produção e será comparada as outras DMU'S.

2. Revisão de Literatura

2.1 Agronegócio e Gestão

No Brasil o agronegócio específico do café possui relevância como atividade socioeconômica e no desenvolvimento nacional (FERNANDES, 2012). A produção agrícola seja ela de qualquer natureza ou espécie for é essencialmente uma produção que está constantemente em condições de risco, pois há diversas variáveis envolvidas não controláveis (ex. chuva, vento, sol entre outros). Por assimetria de informações e viés cognitivo é comum à prática de erros estratégicos, cabe ressaltar que quaisquer erros implicarão destruição de valor econômico da empresa agrícola ao longo de sua existência, comprometendo a sua continuidade. (MOROZINI; MARTIN; CARDOSO, 2012) portanto, o planejamento prévio pode ser o ponto chave para redução dos erros e Aumento do Valor Econômico – EVA.

Para a empresa agrícola rural conhecer o que torna a produção mais eficiente pode auxiliar na alocação racional dos recursos produtivos diante das condições impostas às quais estão expostas as produções ou da possibilidade de ocorrência de adversidades climáticas (IAFFE *et. al.*, 2000). Racionalizar os custos de produção é fundamental na definição da rentabilidade e sustentabilidade do agronegócio, pois a comercialização do café ocorre na forma de *commodity*.

A renda gerada com o agronegócio do café estimula o crescimento de outros segmentos econômicos e contribui para geração de empregos (VEGRO; ASSUMPÇÃO 2003). Conhecer os custos de produção garante uma informação assertiva na alocação de recursos produtivos e se justifica, pois se relaciona diretamente com a produtividade do produtor rural que está inserido em um ambiente cada vez mais competitivo, como o dos produtos que são *commoditizados* onde a qualidade em geral tende a ser a mesma devido à padronização, então controlar os custos é a saída para se conseguir maior rentabilidade levando em consideração que o preço de venda da saca do café tende a ser o mesmo para todos os produtores.

Os custos de produção são importantes na definição da permanência da empresa no mercado frente à competitividade da organização, pois são capazes de maximizar o lucro, para isso os produtores procuram otimizar a produção e reduzir os custos para aumentar as margens de lucro sobre o produto vendido. As informações sobre os custos de produção são relevantes e cruciais para subsidiarem os processos decisórios em qualquer organização quanto mais complexos as atividades mais a gestão de custos se faz necessária (MARTINS. 2010). O conhecimento da estrutura de custos da produção é fundamental para que a tomada de decisão seja baseada em informações reais e assim tem grande chance de assertividade.

A escolha do método de produção faz parte do processo de tomada de decisão do empresário onde há diversas alternativas a serem analisadas para a próxima cultura a ser cultivada e analisar corretamente esse cenário e combinar os fatores adequadamente reflete diretamente nos custos de produção refletindo assim na eficiência econômica e tecnológica da atividade agrícola (CONAB, 2010).

Conhecer os custos auxilia na análise de viabilidade de ofertar produtos e na alocação dos recursos produtivos de forma ótima e racional a fim de garantir o desempenho e continuidade das organizações e assim conseguir maior eficiência da produção e atingir o objetivo de maximizar lucro (MARTINS, 2010).

Custo: “é a expressão monetária do valor dos bens ou serviços, insumos para a obtenção de certos produtos, serviços, funções, equipamentos, atividades, etc...” (KOLIVER, 2003). Um planejamento estratégico desenvolvido corretamente obriga um estudo detalhado

envolvendo todas variáveis possíveis, porém nem todas variáveis são possíveis de serem controladas. Entender a relação dessas variáveis e do impacto que resultam nos custos da empresa é o primeiro passo para desenvolver um planejamento adequado para a empresa com foco em melhoria nos investimentos, processos e aumento de eficácia, eficiência e efetividade da produção.

As decisões gerenciais requerem a análise atenta por parte do analista do comportamento de lucros e custos em função das expectativas do volume de vendas. (KAPLAN E ATKINSON, 1989). O processo decisório deve considerar o microambiente e o macroambiente onde a empresa está inserida.

A margem de contribuição por unidade é a diferença real entre o preço de venda e o custo variável de cada produto vendido é o valor que cada unidade efetivamente traz à empresa do que resta da sua receita quando tira o seu custo (MARTINS, 2003). Os custos de produção são importantes na definição da competitividade da organização, pois são capazes de maximizar o lucro para isso os produtores procuram otimizar a produção e reduzir os custos para aumentar as margens de lucro sobre o produto vendido.

As informações sobre os custos de produção são relevantes e cruciais para subsidiarem os processos decisórios em qualquer organização quanto mais complexos as atividades mais a gestão de custos de faz necessária (MARTINS. 2010). O conhecimento da estrutura de custos da produção é fundamental para que a tomada de decisão seja baseada em informações reais e assim ter grandes chances de assertividade.

Gerenciar custos nas empresas/atividades agropecuárias exige atenção diferenciada, pois os intervalos de tempo entre as produções, ou seja, entre custos e receitas, não são simples como outros tipos de negócios, exigindo técnicas especiais para apresentação não dos custos, mas dos resultados econômicos do empreendimento e da eficiência produtiva (SANTOS; MARION; SEGATTI 2010).

Levando em consideração Reis (2007) *apud* Conab (2010) cita a especificação que o custo de produção é a soma dos valores de todos os recursos (insumos e serviços) utilizados no processo de produção de uma atividade agrícola em um determinado período de tempo que pode ser curto ou longo prazo, para administrar as culturas minimizando seus custos para assim aumentar a margem de lucro devem-se alocar eficientemente os recursos de produção e para isso é necessário conhecê-los, conhecer seus custos e processos para conseguir otimizar o uso dos insumos para a máxima produção.

O custo total da produção do café é a soma dos custos variáveis mais os custos fixos, o custo variável para a produção do produto: como exemplo são as operações com máquinas e implementos, mão de obra e encargos trabalhistas, sementes, fertilizantes, agrotóxicos, despesas com irrigação, despesas financeiras, juros, despesas administrativas entre outros e a composição dos custos fixos para a produção do café Arábica para ilustrar podem ser: depreciação e exaustão do solo, depreciação de benfeitorias, instalações, máquinas, implemento, exaustão do cultivo e o seguro do capital fixo entre outros (CONAB, 2010).

Segundo ALMEIDA (2010) a complexidade da atividade da produção agrícola está diretamente relacionada com a impossibilidade de o produtor controlar os fatores relacionados à cultura de café, porém ele pode planejar a melhor forma de alocação de recursos produtivos diante das adversidades do meio ao qual está exposto, ou seja, buscar o que seria combinações que otimizam os recursos perante as condições impostas pelo ambiente. Assim o conhecimento da estrutura de custos da lavoura é fundamental, uma vez que, a rentabilidade dos produtores rurais está diretamente relacionada com o bom gerenciamento de custos de produção (DUARTE, 2010).

Segundo a CONAB (2012) as espécies de café cultivadas no Brasil que possui o maior percentual de produção é o Arábica com 71% da produção do país concentrando-se nos estados de Minas Gerais sendo este o principal produtor desta espécie, destacam-se também: São Paulo, Bahia, Paraná e parte do Espírito Santo.

3. Metodologia

3.1 Classificação da pesquisa

A pesquisa é descritiva, pois apresentará características de determinada população (GIL, 1987). O estudo é positivista, pois se propõe a estudar fatos e estabelecer interações e relacionamentos apurados através de técnicas estatísticas (MARTINS, 2009). Enquadra-se como metodológica, pois estabelece uma ideia e permite a utilização de ferramentas de base para superar as limitações particulares do pesquisador (VERGARA, 2000).

Para abordagem do tema foi realizado uma revisão bibliográfica para conceituar custos fixos, variáveis econômicas, agronegócio, gestão, custos e despesas da produção do café também foi abordado: a importância da análise desses custos e sua análise de eficiência produtiva através da análise envoltória dos dados.

3.2 Base de dados

O Quadro 1 apresenta 24 linhas e duas colunas, sendo que em cada linha possui a identificação de duas DMUs diferentes uma em cada coluna, portanto, para esse estudo utilizou-se 48 DMUs do período de intervalo do ano de 2009 ao ano 2014 são 06 DMUS diferentes pra cada cidade listadas no Quadro 01.

DMU	Ano	Região/Safra	DMU	Ano	Região/Safra
DMU1	2009	Franca/SP	DMU25	2009	São Sebastião do Paraíso/MG
DMU2	2010	Franca/SP	DMU26	2010	São Sebastião do Paraíso/MG
DMU3	2011	Franca/SP	DMU27	2011	São Sebastião do Paraíso/MG
DMU4	2012	Franca/SP	DMU28	2012	São Sebastião do Paraíso/MG
DMU5	2013	Franca/SP	DMU29	2013	São Sebastião do Paraíso/MG
DMU6	2014	Franca/SP	DMU30	2014	São Sebastião do Paraíso/MG
DMU7	2009	Guaxupé/MG	DMU31	2009	Londrina/PR
DMU8	2010	Guaxupé/MG	DMU32	2010	Londrina/PR
DMU9	2011	Guaxupé/MG	DMU33	2011	Londrina/PR
DMU10	2012	Guaxupé/MG	DMU34	2012	Londrina/PR
DMU11	2013	Guaxupé/MG	DMU35	2013	Londrina/PR
DMU12	2014	Guaxupé/MG	DMU36	2014	Londrina/PR
DMU13	2009	Luís Eduardo Magalhães/BA	DMU37	2009	Manhuaçu/MG
DMU14	2010	Luís Eduardo Magalhães/BA	DMU38	2010	Manhuaçu/MG
DMU15	2011	Luís Eduardo Magalhães/BA	DMU39	2011	Manhuaçu/MG
DMU16	2012	Luís Eduardo Magalhães/BA	DMU40	2012	Manhuaçu/MG
DMU17	2013	Luís Eduardo Magalhães/BA	DMU41	2013	Manhuaçu/MG
DMU18	2014	Luís Eduardo Magalhães/BA	DMU42	2014	Manhuaçu/MG
DMU19	2009	Patrocínio/MG	DMU43	2009	Venda Nova dos Imigrantes/ES
DMU20	2010	Patrocínio/MG	DMU44	2010	Venda Nova dos Imigrantes/ES
DMU21	2011	Patrocínio/MG	DMU45	2011	Venda Nova dos Imigrantes/ES
DMU22	2012	Patrocínio/MG	DMU46	2012	Venda Nova dos Imigrantes/ES
DMU23	2013	Patrocínio/MG	DMU47	2013	Venda Nova dos Imigrantes/ES
DMU24	2014	Patrocínio/MG	DMU48	2014	Venda Nova dos Imigrantes/ES

Quadro 1: Cidades, anos e suas respectivas DMUs. **Fonte:** Elaborado pelos autores, dados extraídos da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), site institucional: <http://www.conab.gov.br/> e manipulados no *software* excel.

A base de dados utilizada tem como fonte de coleta o site institucional da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. A organização dos dados e tabulação foram realizadas no *software Microsoft Excel* e para rodar o modelo proposto pela análise envoltória de dados (DEA) utilizou-se o *software SIAD* (Sistema Integrado de Apoio à Decisão) para fronteira de eficiência, ineficiência, construir o ranking de eficiência relativa da cultura do café Arábica. Utilizou o *Software BioEstat* versão 5.0 para fazer a análise descritiva dos dados, o mínimo o máximo, a média aritmética, o desvio padrão e o coeficiente de variação e com o auxílio deste *software* foi construída a matriz de correlação parcial entre as variáveis para análise dos resultados.

O objetivo principal deste estudo é a exposição da fronteira de eficiência na geração de produção da cultura do café Arábica de acordo com recursos (custos e despesas) no período de 2009 ao ano de 2014. O objetivo secundário desse estudo focou em verificar a eficiência técnica e de escala das cidades: Franca/SP; Guaxupé/MG, Luís Eduardo Magalhães/BA, Patrocínio/MG, São Sebastião do Paraíso/MG, Londrina/PR, Manhuaçu/MG e Venda Nova dos Imigrantes/ES.

Inicialmente realizou-se um estudo com estatística descritiva visando caracterizar a distribuição da probabilidade e verificar a variabilidade dos dados relativos aos custos de produção de café, verificou-se a presença de *outliers*, procedeu-se a análise de correlação e então procedeu-se por último a aplicação do DEA na base de dados que contém as DMUs contidas no Quadro 1 com as respectivas variáveis descritas no Quadro 2.

3.1 Análise Envoltória de Dados – DEA – *Data Envelopment Analysis*

Como método utilizou-se, a abordagem quantitativa com aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) usando os modelos Charnes-Cooper-Rhodes – CCR (Retornos Constantes) e Banker-Charnes-Cooper – BCC (Retornos Variáveis) foi utilizado o banco de dados da cultura permanente do café Arábica e utilizou-se o DEA através do *software SIAD*.

Para verificar o efeito da escala de produção no grau de eficiência técnica, inicialmente, foi utilizado o modelo DEA com retornos constantes à escala. Em seguida, foi utilizado o modelo com retornos variáveis e, com essas medidas, calculou-se a eficiência de escala (Tabela 4). O modelo CCR permite uma avaliação da eficiência global, e o modelo BCC distingue entre a eficiência técnica “pura” e a eficiência de escala.

Neste estudo a orientação é para insumo porque o gestor tem maior controle sobre os fatores de produção podendo minimizar o seu uso e diminuir os custos, já que, no modelo a outputs, pode haver a necessidade de melhoria da tecnologia de forma a aumentar a produção o que, muitas vezes, não é possível devido aos altos custos necessários para investimento.

A medida do coeficiente de eficiência calculada pela DEA faz uma generalização da medida absoluta de produtividade que é a razão dos resultados obtidos sobre os recursos utilizados por cada unidade sob a análise de cada DMU e sua respectiva equação matemática é descrita em uma programação que o DEA resolve vários para cada unidade DMU e assim se torna possível a comparação (ADLER; FRIEDMAN; SINUARY-STER. 2002).

O DEA é uma abordagem desenvolvida para determinar a eficiência de unidades produtivas tomadoras de decisão as *Decision Making Units* – DMU é como se fosse o gerente de uma empresa, representa quem pode tomar a decisão, é possível considerar várias variáveis de entradas e várias variáveis de saída, neste estudo as DMU são os dados das safras do Café Arábica das produções de 2009 a 2014 (MELLO *et. al.*, 2005).

O modelo BCC usa o axioma da convexidade, também chamado de modelo VRS – *Variable Returns to Scale* são os retornos variáveis de escala onde o acréscimo de uma unidade de uma variável de entrada (*input*) pode aumentar não proporcionalmente as saídas (*outputs*) (MELLO *et. al.*, 2005) este modelo ao fazer com que a fronteira seja convexa permite que as DMUS operem com pequenas unidades de *inputs* e tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores de entrada tenham retornos decrescentes de escala (MELLO *et. al.*, 2005). Os modelos Multidimensionais DEA, possuem vários modelos, porém os principais são o modelo CCR e o modelo BCC, aqui aplicou os dois modelos orientados aos *Inputs*.

3.5 Modelo matemático DEA e uso de variáveis

Neste estudo a orientação é voltada para insumo, pois o gestor possui maior controle sobre os fatores de produção (*inputs*) podendo minimizá-los ou tentar diminuir os seus custos e despesas. A escolha das variáveis seguiu o que propõe a literatura e considerando o cenário onde a máxima utilização dos recursos (*inputs*) retorna ao produtor do café arábica o mínimo de custo e despesa possível para aumentar sua margem de lucro frente ao produto comercializado.

Portanto, segue o modelo BCC ou VRS utilizado neste trabalho orientado a *output* (todas variáveis utilizadas no modelo se referem à unidade de hectare (ha)):

Classificação	Variáveis*	Unidade	Classificação
Despesas (Custos Variáveis)	Custeio_da_Lavoura	(R\$/ha)	Input
	Pós_Colheita	(R\$/ha)	Input
	Financeiras	(R\$/ha)	Input
Custos Fixos	Depreciações	(R\$/ha)	Input
	Outros_Custos_Fixos	(R\$/ha)	Input
Sem classificação	Renda_de_Fatores	(R\$/ha)	Input
	Produtividade_Média_(kg/ha)	(Kg/ha)	Output

Quadro 2: Classificação das variáveis e suas respectivas unidades de medidas. **Fonte:** Elaborado pelos autores adaptado de Conab (2013).

Para determinação do ranking foi calculada a eficiência composta normalizada onde cada DMU possuirá um valor diferente (Neves Junior; Vasconcelos; Brito, 2012).

3.2 Eficiência Técnica e de Escala

Os escores obtidos de eficiência podem ser analisados em duas perspectivas: a eficiência técnica também chamada de eficiência pura e eficiência de escala sendo útil a análise, pois, fornece informação importante sobre as fontes de ineficiência das DMUs, podendo ser decorrente da ineficiência do processo de transformação dos recursos em produtos (técnica) ou da ineficiência em escala de produção ou a DMU pode ser ineficiente nas duas ao mesmo tempo (HAAS, 2003).

O modelo BCC permite decompor a eficiência técnica (pura) em eficiência de escala portanto, se faz necessário calcular *posteriori* a eficiência tanto pelo modelo CCR quanto pelo BCC para calcular a medida de eficiência de escala, sendo que é a razão do modelo CCR pelo modelo BCC (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984).

4. Análise dos Resultados

Na Tabela 1 estão os resultados da análise descritiva da produção da cultura do café Arábica de acordo com recursos (custos e despesas) das variáveis: (*Inputs*): Custeio da Lavoura, Pós Colheita, Financeiras, Depreciações, Outros Custos Fixos, Renda de Fatores e Produtividade Média (*Output*) no período de 2009 ao ano de 2014 os valores são gerais e englobam as cidades de Franca/SP; Guaxupé/MG, Luís Eduardo Magalhães/BA, Patrocínio/MG, São Sebastião do Paraíso/MG, Londrina/PR, Manhuaçu/MG e Venda Nova dos Imigrantes/ES.

Analisando na Tabela 1 as despesas financeiras possui o maior mínimo 74,43 R\$ (ha) das variáveis apresentadas sendo relevante essa análise na composição dos custos para um produtor, as variáveis Pós Colheita, Depreciação e Renda de Fatores possuem os maiores valores na casa dos novecentos reais por hectare de terra diminuir esses valores irá suavizar os gastos globais a produtividade tem a maior média 3000 kg (ha) e é justamente essa variável que se deseja aumentar a produtividade e efetividade da produção.

As maiores médias foram: depreciações (517, 37 (R\$/ha)) e renda de fatores (551, 27 (R\$/ha)) e a produtividade média (1736,27 (kg/ha)), porém a variável com maior variação na composição do seu custo é outros custos fixos (R\$/ha) com 131, 03% de variabilidade.

Tabela 1: Análise descritiva das variáveis (*Inputs* (R\$/ha) e *Output* (Kg/ha)) da cultura do café Arábica. (Descritas no Quadro 2).

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média Aritmética	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação*
Custeio da Lavoura (R\$/ha)	4	11	6,93	1,5355	22,13%
Pós Colheita (R\$/ha)	1	990,97	303,87	211,91	69,74%
Financeiras (R\$/ha)	74,43	385,62	247,64	77,11	31,14%
Depreciações (R\$/ha)	1	994,19	517,37	357,88	69,17%
Outros Custos Fixos (R\$/ha)	1	525,47	88,31	115,72	131,03%
Renda de Fatores (R\$/ha)	1	978,66	551,27	219,42	39,80%
Produtividade Média (kg/ha)	1	3000	1736,27	563,24	32,44%

Legenda: (*) C.V. (%): Coeficiente de variação em valores percentuais. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Na Tabela 2 é possível analisar os coeficientes de correlação linear de *Spearman* e seu respectivo p-valor, onde nos traz a percepção das variáveis analisadas e os valores de suas respectivas associações. Os valores sinalizados com asterisco evidenciam as correlações lineares significativas a 5% de significância (2 extremidades) onde cabe a interpretação do resultado dessa variável extrapolando-se a população do produto Café Arábica e as correlações não significativas deve-se restringir a interpretação dos resultados somente para os dados analisados nesse estudo. A maioria das correlações foram valores medianos de correlações o valor do par depreciações e produtividade média apresentou o maior valor (0,7202).

Tabela 2: Correlação Linear de *Spearman* das variáveis de *Inputs* e *Output* da cultura do Café Arábica do ano de 2009 a 2014.

Matriz de Correlação de <i>Spearman</i>	Custeio da Lavoura	Pós Colheita	Finanças	Depreciações	Outros Custos Fixos	Renda de Fatores	Produtividade Média (kg/ha)
Custeio da Lavoura	1	0,2415	0,4631	0,0960	-0,0666	0,0736	0,2339
Pós Colheita	0,0981	1	0,2344	0,6170	0,3733	0,5789	0,8071
Finanças	0,0009*	0,1086	1	0,2595	0,2940	0,3652	0,3556
Depreciações	0,5160	3,0E-06*	0,0747	1	0,4425	0,4498	0,7202
Outros Custos Fixos	0,6527	0,0089*	0,0424*	0,0016*	1	0,4928	0,5995
Renda de Fatores	0,6189	1,6E-05*	0,0106*	0,0013*	0,0003*	1	0,5821
Produtividade Média (kg/ha)	0,1095	4,2E-12*	0,0131*	7,8E-09*	6,68E-06*	1,4E-05*	1

Legenda: Os valores das Correlações Lineares de *Spearman* estão acima da diagonal principal e os respectivos p-valores estão abaixo da diagonal principal. (*): Considerando o nível nominal de 5% de significância as correlações são significativas (2 extremidades). **Fonte:** Elaborado pelos autores de acordo com o banco de dados.

A Tabela 3 construída visa identificar qual a DMU (1 a 48) é a mais eficiente entre as que obtiveram eficiência máxima de acordo com o modelo BCC, para desempatar é analisado também a fronteira invertida onde considera as DMUs que eram eficientes como DMUs ineficientes e vice-versa, atribuindo pesos (valores) as DMUs como forma de desempatar.

Tabela 3: *Score* de eficiência dos anos de 2009 a 2014 da cultura do café Arábica.

DMU	Padrão	Invertida	Composta	Com-posta*	DMU	Padrão	Invertida	Composta	Com-posta*
DMU1	1,00	0,76	0,62	1,01	DMU25	0,85	1,00	0,43	0,69
DMU2	1,00	0,90	0,55	0,89	DMU26	0,83	1,00	0,42	0,68
DMU3	0,99	0,99	0,50	0,81	DMU27	0,90	1,00	0,45	0,73
DMU4	1,00	1,00	0,50	0,81	DMU28	0,91	0,99	0,46	0,75
DMU5	0,75	1,00	0,37	0,61	DMU29	0,67	1,00	0,34	0,55
DMU6	0,84	0,87	0,49	0,80	DMU30	0,66	1,00	0,33	0,53
DMU7	1,00	0,90	0,55	0,89	DMU31	1,00	0,87	0,56	0,92
DMU8	1,00	0,81	0,59	0,96	DMU32	1,00	0,88	0,56	0,91
DMU9	1,00	0,80	0,60	0,98	DMU33	0,96	0,97	0,50	0,81
DMU10	1,00	0,80	0,60	0,98	DMU34	1,00	1,00	0,50	0,81
DMU11	0,76	0,92	0,42	0,69	DMU35	0,80	0,89	0,45	0,73
DMU12	0,87	0,98	0,45	0,72	DMU36	1,00	1,00	0,50	0,81
DMU13	0,92	1,00	0,46	0,75	DMU37	1,00	1,00	0,50	0,81
DMU14	1,00	0,93	0,54	0,87	DMU38	1,00	0,79	0,60	0,98
DMU15	1,00	1,00	0,50	0,81	DMU39	1,00	0,81	0,60	0,97
DMU16	0,91	1,00	0,45	0,74	DMU40	1,00	0,81	0,60	0,97
DMU17	1,00	0,92	0,54	0,88	DMU41	1,00	0,77	0,62	1,00
DMU18	0,94	1,00	0,47	0,76	DMU42	0,94	0,84	0,55	0,90
DMU19	0,85	0,93	0,46	0,74	DMU43	1,00	0,86	0,57	0,93
DMU20	0,89	0,92	0,48	0,79	DMU44	1,00	0,99	0,50	0,82
DMU21	0,86	0,95	0,45	0,74	DMU45	1,00	1,00	0,50	0,81
DMU22	0,83	0,97	0,43	0,70	DMU46	1,00	0,79	0,61	0,99
DMU23	0,83	0,97	0,43	0,70	DMU47	1,00	0,98	0,51	0,83
DMU24	1,00	0,86	0,57	0,93	DMU48	0,96	1,00	0,48	0,78
					Média Geral	0,93	0,93	0,50	0,82

Legenda: (*) São os valores da composta normalizada. **Fonte:** Elaborado pelos autores de acordo com o banco de dados e manipulação *software* SIAD.

Sobre a análise da fronteira de eficiência: “...para uma DMU possuir eficiência alta, esta deve ter um elevado grau de pertinência em relação a fronteira otimista e baixo grau em relação a fronteira pessimista” (MACEDO; STEFFANELLO; OLIVEIRA, 2007). Então quando se calcula a fronteira invertida torna-se possível calcular a fronteira composta normalizada na Tabela 3 tem-se que a DMU1 (Franca/SP - 2009) como a mais eficiente entre todas as cidades analisadas e as DMUs 25 a 30 (São Sebastião/MG – 2009 a 2014) possui os piores valores de eficiência o que as torna ineficientes no cenário apresentado.

Sendo Franca/SP 2009 (DMU 1) a mais eficiente se torna referência e é interessante para os agricultores do meio se voltarem a essa produção para analisar e descobrir quais os motivos de maiores percentuais de eficiência para replicarem em suas culturas de café e assim torna-se mais efetivos na conversão da plantação em produção dados os recursos disponíveis.

A eficiência média foi da ordem de 93%, demonstrando que, mantendo a mesma quantidade produzida, haveria a possibilidade de se reduzir o uso de insumos em aproximadamente 7%. Todas as regiões existem a possibilidade de melhoria no uso dos recursos por parte dos produtores de Café Arábica.

Na Tabela 04 está exposto os valores atuais, os alvos e o percentual de redução para as DMUs se tornarem eficientes.

Analisando a Tabela 4 é possível perceber em todas as cidades produtoras de café Arábica analisados existe a possibilidade de melhoria no uso dos recursos excetuando-se a DMU 39 e a 40 que são exceções.

A utilização do DEA contribui para compreensão dos alvos a serem alcançados pelas DMUs ineficientes, pois indica em quanto às produções devem ser reduzidas ao que compete aos insumos para que as DMUS se tornem eficientes. Os alvos a serem atingidos são maiores na DMU 30 que é a cidade de São Sebastião do Paraíso que confirma-se pela Tabela 3 com os menores valores de eficiência dentre as DMUs.

Tabela 04: Valores atuais, alvos e percentual de redução das DMUs ineficientes.

DMU	Variável	Atual	Alvo	Redução (%)	DMU	Variável	Atual	Alvo	Redução (%)
DMU3 (eficiência: 0.9864)	Input1	8,616.85	7,750.28	10.06	DMU23 (eficiência: 0.8298)	Input1	10,710.95	8,531.80	20.35
	Input2	132.5	130.6988	1.36		Input2	255.02	211.6361	17.01
	Input3	214.76	197.5619	8.01		Input3	300.59	249.4538	17.01
	Input4	531.39	524.1664	1.36		Input4	591.56	490.9241	17.01
	Input5	80.22	75.2586	6.18		Input5	27.35	22.69723	17.01
	Input6	566.61	558.9076	1.36		Input6	546.26	416.1637	23.82
DMU5 (eficiência: 0.7475)	Input1	11,097.35	8,296.20	25.24	DMU25 (eficiência: 0.8519)	Input1	6,512.27	5,547.97	14.81
	Input2	299.3	223.7519	25.24		Input2	277.73	236.6052	14.81
	Input3	340.81	254.7841	25.24		Input3	309.39	260.2474	15.88
	Input4	677.56	506.5329	25.24		Input4	728.7	620.798	14.81
	Input5	29.3	21.90421	25.24		Input5	118.77	44.93124	62.17
	Input6	786.43	424.018	46.08		Input6	693.85	558.6611	19.48
DMU6 (eficiência:)	Input1	7,585.37	6,407.50	15.53	DMU26 (eficiência:)	Input1	6,695.04	5,559.34	16.96
	Input2	543.57	459.1635	15.53		Input2	277.73	230.6177	16.96

0.8447)	Input3	255.47	211.5685	17.18	0.8303)	Input3	276.82	229.8621	16.96
	Input4	541.12	457.094	15.53		Input4	751.76	624.2364	16.96
	Input5	38.83	25.37932	34.64		Input5	133.95	45.7629	65.84
	Input6	783.77	644.4031	17.78		Input6	704.37	529.3675	24.85
DMU7 (eficiência: 0.9951)	Input1	7,636.77	7,600.01	0.48	DMU27 (eficiência: 0.9021)	Input1	6,911.45	6,235.44	9.78
	Input2	317.85	161.3393	49.24		Input2	142.83	128.8597	9.78
	Input3	305.48	267.6997	12.37		Input3	298.54	239.1759	19.88
	Input4	677.63	674.3682	0.48		Input4	787.78	710.7269	9.78
	Input5	34.9	34.73201	0.48		Input5	142.1	56.50345	60.24
	Input6	374.11	372.3092	0.48		Input6	737.22	469.1958	36.36
DMU11 (eficiência: 0.7647)	Input1	9,112.03	6,968.83	23.52	DMU28 (eficiência: 0.9077)	Input1	6,848.47	6,216.86	9.22
	Input2	396.6	303.3175	23.52		Input2	142.83	129.6572	9.22
	Input3	262.38	200.6668	23.52		Input3	251.77	215.4599	14.42
	Input4	816.91	624.7682	23.52		Input4	805.28	731.0116	9.22
	Input5	79.67	54.46651	31.63		Input5	55.38	50.27248	9.22
	Input6	641.83	490.868	23.52		Input6	737.75	471.2712	36.12
DMU12 (eficiência: 0.8683)	Input1	9,270.69	8,050.42	13.16	DMU29 (eficiência: 0.6748)	Input1	8,973.74	6,055.67	32.52
	Input2	475.2	228.4343	51.93		Input2	315.75	213.0749	32.52
	Input3	252.96	218.4549	13.64		Input3	291.18	196.4945	32.52
	Input4	752	653.0164	13.16		Input4	940.17	634.447	32.52
	Input5	102.96	74.34881	27.79		Input5	69.53	46.92034	32.52
	Input6	419.7	364.4561	13.16		Input6	969.49	508.0518	47.6

DMU13 (eficiência: 0.9167)	Input1	8,719.87	7,753.06	11.09	DMU30 (eficiência: 0.6566)	Input1	8,614.42	5,656.83	34.33
	Input2	990.97	908.4326	8.33		Input2	464.54	305.0496	34.33
	Input3	385.62	304.068	21.15		Input3	293.01	192.4109	34.33
	Input4	1,888.47	1,705.33	9.7		Input4	908.25	596.4207	34.33
	Input5	518.94	368.981	28.9		Input5	70.27	32.16833	54.22
	Input6	924.39	847.3981	8.33		Input6	889.11	565.4516	36.4
DMU16 (eficiência: 0.9098)	Input1	8,874.12	6,205.91	30.07	DMU33 (eficiência: 0.9621)	Input1	9,446.80	8,958.61	5.17
	Input2	1,350.00	499.5786	62.99		Input2	362.08	348.39	3.78
	Input3	302.47	268.0445	11.38		Input3	241.13	211.8698	12.13
	Input4	1,975.02	1,544.04	21.82		Input4	1,720.34	1,005.22	41.57
	Input5	132.82	120.8477	9.01		Input5	9.65	9.285139	3.78
	Input6	1,060.73	965.1165	9.01		Input6	418.11	396.7882	5.1
DMU18 (eficiência: 0.9379)	Input1	6,503.92	6,067.03	6.72	DMU39 (eficiência: 1.0000)	Input1	5,711.44	5,711.44	0
	Input2	536	462.8789	13.64		Input2	172.65	172.4768	0.1
	Input3	341.8	264.8109	22.52		Input3	85.65	85.61288	0.04
	Input4	1,638.61	1,529.56	6.66		Input4	892.13	892.13	0
	Input5	105.1	98.5747	6.21		Input5	3.23	3.23	0
	Input6	1,040.27	975.6832	6.21		Input6	523.71	523.71	0
DMU19	Input1	6,583.99	5,565.48	15.47	DMU40	Input1	5,718.60	5,711.44	0.13

(eficiência: 0.8453)	Input2	293.16	247.8095	15.47	(eficiência: 1.0000)	Input2	172.75	172.65	0.06
	Input3	287.5	241.5536	15.98		Input3	85.72	85.65	0.08
	Input4	994.19	840.3933	15.47		Input4	892.13	892.13	0
	Input5	178.64	76.4683	57.19		Input5	3.23	3.23	0
	Input6	636.15	537.7404	15.47		Input6	523.71	523.71	0
DMU20 (eficiência: 0.8853)	Input1	7,012.40	6,208.39	11.47	DMU42 (eficiência: 0.9415)	Input1	6,754.85	6,360.12	5.84
	Input2	185.92	164.6033	11.47		Input2	288.48	190.9771	33.8
	Input3	284.98	252.3055	11.47		Input3	136.6	90.23998	33.94
	Input4	948.3	839.5724	11.47		Input4	765.17	685.9275	10.36
	Input5	166.81	35.11084	78.95		Input5	35.67	33.58558	5.84
DMU21 (eficiência: 0.8570)	Input6	581.2	501.9894	13.63	DMU48 (eficiência: 0.9562)	Input6	448.21	422.0183	5.84
	Input1	7,264.09	6,225.54	14.3		Input1	6,553.29	6,266.31	4.38
	Input2	187.6	160.7788	14.3		Input2	209.22	200.058	4.38
	Input3	295.12	252.9266	14.3		Input3	297.92	196.4052	34.07
	Input4	1,026.04	859.6955	16.21		Input4	494.48	472.8261	4.38
DMU22 (eficiência: 0.8318)	Input5	160.34	35.53477	77.84		Input5	75.11	58.85058	21.65
	Input6	588.71	504.5419	14.3		Input6	483.03	461.8775	4.38
	Input1	7,934.28	6,599.76	16.82					
	Input2	180.6	150.2236	16.82					
	Input3	321.63	267.5328	16.82					
	Input4	913.22	759.6192	16.82					
	Input5	55.98	31.09368	44.46					
	Input6	651.92	448.9404	31.14					

Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com o banco de dados e manipulação *software* SIAD.

Para verificar o efeito da escala de produção no grau de eficiência técnica foi utilizado primeiramente o modelo DEA modelo BCC (constante) e em seguida, utilizou-se o modelo CCR (variável), então calculou-se a eficiência de escala (Tabela 5).

Com base nos retornos constantes à escala, observou-se que o nível médio de ineficiência foi de 0,11 (1-0,89). Como o modelo é orientado a insumos, esse valor indica que, em média, as regiões produtoras poderiam ter gasto 11% menos com os insumos e não teriam redução na quantidade de produção do café.

Destaca-se que a ineficiência também pode ser decorrente da incorreta escala de produção porque a eficiência técnica total (retornos constantes) é composta pela pura eficiência técnica (retornos variáveis) e pela eficiência de escala.

A ineficiência de escala pode ser devido a DMU estar operando abaixo da escala ótima (retorno crescente) ou acima da escala ótima (retorno decrescente). Todas as DMUs ineficientes apresentam retorno crescente de escala, ou seja, podem aumentar a produção a custos médios decrescentes, mas, para isso, precisam aumentar a quantidade da sua produção.

Tabela 05: Eficiência técnica e de escala das regiões produtoras e problemas das regiões produtoras, segundo a eficiência pura e de escala

DMU	CIDADE	ANO	Eficiência Técnica – Retornos Constante	Condição Eficiência Técnica	Eficiência Técnica – Retornos Variáveis	Retorno de Escala	Eficiência de Escala	Problema Maior
DMU1	Franca	2009	0.91	Ineficiente	1.00	Crescente	0.91	E**
DMU2	Franca	2010	0.99	Ineficiente	1.00	Crescente	0.99	E**
DMU3	Franca	2011	0.92	Ineficiente	0.99	Crescente	0.93	E**
DMU4	Franca	2012	0.91	Ineficiente	1.00	Crescente	0.91	E**
DMU5	Franca	2013	0.74	Ineficiente	0.75	Crescente	0.99	E*, E**
DMU6	Franca	2014	0.80	Ineficiente	0.84	Crescente	0.95	E*, E**
DMU7	Guaxupé	2009	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU8	Guaxupé	2010	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU9	Guaxupé	2011	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU10	Guaxupé	2012	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU11	Guaxupé	2013	0.75	Ineficiente	0.76	Crescente	0.98	E*, E**
DMU12	Guaxupé	2014	0.87	Ineficiente	0.87	Crescente	1.00	E*
DMU13	Luís Eduardo	2009	0.90	Ineficiente	0.92	Crescente	0.98	E*, E**
DMU14	Luís Eduardo	2010	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU15	Luís Eduardo	2011	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU16	Luís Eduardo	2012	0.85	Ineficiente	0.91	Crescente	0.94	E*, E**
DMU17	Luís Eduardo	2013	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU18	Luís Eduardo	2014	0.94	Ineficiente	0.94	Crescente	1.00	Não
DMU19	Patrocínio	2009	0.75	Ineficiente	0.85	Crescente	0.88	E*, E**
DMU20	Patrocínio	2010	0.85	Ineficiente	0.89	Crescente	0.96	E*, E**
DMU21	Patrocínio	2011	0.82	Ineficiente	0.86	Crescente	0.96	E*, E**
DMU22	Patrocínio	2012	0.80	Ineficiente	0.83	Crescente	0.97	E*, E**
DMU23	Patrocínio	2013	0.82	Ineficiente	0.83	Crescente	0.99	E*, E**
DMU24	Patrocínio	2014	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU25	São Sebastião P.	2009	0.71	Ineficiente	0.85	Crescente	0.83	E*, E**
DMU26	São Sebastião P.	2010	0.69	Ineficiente	0.83	Crescente	0.83	E*, E**
DMU27	São Sebastião P.	2011	0.78	Ineficiente	0.90	Crescente	0.87	E*, E**
DMU28	São Sebastião P.	2012	0.80	Ineficiente	0.91	Crescente	0.88	E*, E**
DMU29	São Sebastião P.	2013	0.60	Ineficiente	0.67	Crescente	0.89	E*, E**
DMU30	São Sebastião P.	2014	0.56	Ineficiente	0.66	Crescente	0.86	E*, E**
DMU31	Londrina	2009	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU32	Londrina	2010	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU33	Londrina	2011	0.96	Ineficiente	0.96	Crescente	0.99	E**
DMU34	Londrina	2012	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU35	Londrina	2013	0.76	Ineficiente	0.80	Crescente	0.96	E*, E**
DMU36	Londrina	2014	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU37	Manhuaçu	2009	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU38	Manhuaçu	2010	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU39	Manhuaçu	2011	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU40	Manhuaçu	2012	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU41	Manhuaçu	2013	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU42	Manhuaçu	2014	0.88	Ineficiente	0.94	Crescente	0.94	E**
DMU43	Venda Nova I.	2009	0.90	Ineficiente	1.00	Crescente	0.90	E**
DMU44	Venda Nova I.	2010	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU45	Venda Nova I.	2011	1.00	Eficiente	1.00	Constante	1.00	Não
DMU46	Venda Nova I.	2012	0.98	Ineficiente	1.00	Crescente	0.98	E**

DMU47	Venda Nova I.	2013	0.83	Ineficiente	1.00	Crescente	0.83	E**
DMU48	Venda Nova I.	2014	0.75	Ineficiente	0.96	Crescente	0.78	E**
	Média		0.89		0.93		0.96	

Legenda: (*) Problemas de Eficiência; (**): Problemas de Escala. **Fonte:** Elaborado pelos autores de acordo com o banco de dados e manipulação *software* SIAD.

Assim, as médias de eficiência de escala e de pura eficiência são, respectivamente, de 0,96 e 0,93 as regiões ineficientes poderiam, em média, diminuir 4% os custos de produção que obteriam a mesma produção, e, para operarem em escala ótima de produção, deveriam aumentar a quantidade produzida de cana em 7%. Exemplo: A DMU 30 tem ineficiência técnica (0,66), devido ao uso excessivo de insumos e ineficiência de escala (0,86 - média 0,96). Esta última ocorre porque a DMU está operando abaixo da escala ótima e, para operar em escala ótima, seria necessário aumentar a produção. Além disso, deve diminuir o uso excessivo de insumos.

Caso seja eficiente só em escala, o problema é a relação dos insumos com o produto. Sendo eficiente apenas tecnicamente, o problema é a escala produtiva, mas, se for eficiente tanto em escala quanto em técnica, não apresenta problemas.

A ineficiência de escala pode ser devido a DMU estar operando abaixo da escala ótima (retorno crescente) ou acima da escala ótima (retorno decrescente). Por meio desta análise pode-se verificar que todas as DMUs ineficientes apresentam retorno crescente de escala, ou seja, podem aumentar a produção a custos médios decrescentes, mas, para isso, precisam aumentar a quantidade da sua produção. Foi possível observar também que 21 DMUs são eficientes tecnicamente e em escala, ou seja, estão otimizando o uso de recursos e atuam em escala ótima.

5. Conclusão

O trabalho é de extrema relevância, pois aborda o tema eficiência produtiva baseada em custos da produção. Para a empresa agrícola rural conhecer o que torna a produção mais eficiente pode auxiliar na alocação racional dos recursos produtivos diante das condições impostas às quais estão expostos ou da possibilidade de ocorrência de adversidades climáticas (IAFFE *et. al.* 2000). Racionalizar os custos de produção é fundamental na definição da rentabilidade e sustentabilidade do agronegócio, pois a comercialização do café ocorre na forma de *commodity*.

A construção do ranking de eficiência através do modelo BCC trouxe como resultado 1.007 (arredondado para 1.01) sendo a DMU 1 (Franca/SP - 2009) a mais eficiente e a DMU 41 com resultado 1 (Manhuaçu/MG - 2013), indicando que as duas DMU's são as mais eficientes em otimização de suas produções (output) dado os recursos (inputs) que o produtor possuía disponível.

De um total de 48 DMU'S, 27 são ineficientes quando se analisou a ineficiência de escala que pode indicar que está operando abaixo da escala ótima (retorno constante) ou operando acima da escala ótima (retorno decrescente) todas DMU's ineficientes possuem retornos crescente de retorno indicando que se aumentar a demanda e conseqüentemente a produção haverá ganhado de escala, pois haverá decréscimo dos custos e das despesas, as DMU'S eficientes foram: 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 24, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 44 e 45, indicando a eficiência na otimização dos recursos utilizados.

As médias de eficiência de escala e de eficiência pura respectivamente são: 0,89 e 0,93 esses valores indicam que as cidades produtoras de café Arábica ineficientes poderiam em média diminuir 7% dos custos e despesas de produção que continuariam obtendo a mesma

produção, e se analisarmos as mesmas cidades operando em escala ótima de produção teríamos um acréscimo de café Arábica produzido em 11%.

É possível, por meio dessa análise envoltória de dados identificar as DMUS eficientes e ineficientes (gargalos) após essa identificação é possível propor metas de melhorias. Quando se conhece as restrições (gargalos) pode-se atuar frente aos pontos de melhoria e identificar soluções para otimização dos recursos e consequente diminuição dos custos e aumento de produtividade. Outra maneira mais pontual de identificação de gargalos é aplicar a DEA para cada *input* que compõem as variáveis de análise de eficiência de cada DMU, se isso for feito, identifica-se mais pontualmente qual insumo (*input*) menos contribui para a otimização dos recursos e menos contribui para a eficiência na produção final, fica como sugestão futura de pesquisa.

6. Referências

- ADLER. N.; FRIEDMAN. L.; SINUARY-STERN. Z. Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. *European Journal of Operational Research*, v. 140. n. 2. p. 249-265. Reino Unido. 2002.
- BIONDI, L.; MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G, ANGULO-MEZA, L. Integrated System for Decision Support (SIAD Sistema Integrado de Apoio a Decisão). Software Package for Data Envelopment Analysis Model (2005). Pesquisa Operacional, 25.
- ANGULO MEZA. L.; BIONDI NETO. L.; SOARES DE MELLO. J.C.C.B.; GOMES. E.G. ; GOMES JÚNIOR. S.F. SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão: software. Version 3.0. 2005.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da Safra Brasileira. Café safra 2012/2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos Safra 2010/2011**. 12º Levantamento. 2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Base de dados**: Custos de Produção das culturas permanentes do Café Arábica da série 2003 à 2013.
- FERNANDES. Natália. **As rentabilidades dos Cafés do Brasil**. Comissão Nacional do Café (CNA).
- FERREIRA. M. A. M.; GONÇALVES. R. M. L.; BRAGA. M. J. **Investigação do desempenho das cooperativas de créditos de Minas Gerais por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA) – Economia Aplicada**. Número 3. Volume 11. Ribeirão Preto. 2007. p.3.
- GIL. A. C. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. São Paulo: Atlas. 1987.
- HAAS, Dieter J. Productive efficiency of english football teams – a data envelopment analysis approach. *Managerial and Decision Economics*, Chichester, v. 24, p. 403-410, 2003.
- IAFFE, A.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E.; PIRES, R.C.M.; CALHEIROS, R. Avaliação de variáveis agrometeorológicas em correlações com a produção de café em Ribeirão Preto. In: SIMPÓSIO DO CONSÓRCIO DE CAFÉ. **Anais...** Poços de Caldas/MG, 2000.
- BRASIL. 2000. Poços de Caldas. **Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil I**. Embrapa. **Anais...** Brasília/DF 2000.
- MACEDO, M. Á. S.; STEFFANELLO, M.; OLIVEIRA, C. A.. Eficiência combinada dos fatores de produção: aplicação de análise envoltória de dados (DEA) à produção leiteira. **Custos e @agronegócio on line**, Recife, v. 3. n. 2, p. 59-86, jul./dez., 2007.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2014. Link disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>> Acesso em: 30/11/2015 às 15:40 hr.

MARTINS. E. **Contabilidade de Custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas. 2010.

MARTINS. G.A; THEÓPHILO. C. R. **Metodologia da investigação científica para as ciências sociais aplicadas**. 2º edição. São Paulo: Atlas. 2009.

MELLO. J.C.C.B. S.; MEZA. A. L.; GOMES. E.G.; BIONDI NETO. L. Curso de Análise de Envoltória de Dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL 37.. 2005. Gramado/RS. **Anais...** Rio de Janeiro-RJ. Uff . 2005.

MOROZINI. J. F.; MARTIN. D. M. L.; CARDOSO. C. E. **Teoria de opções reais para análise de risco e determinação dos preços de entrada e saída em uma lavoura de café no Brasil, 2012**. Volume 8. número 4.Outubro/Dezembro. 2012. p.2.

NEVES JUNIOR. I. ; VASCONCELOS. E.S.; BRITO. J.L. Análise da eficiência na geração de retorno aos acionistas das empresas do setor da construção civil com ações negociadas na BM&FBOVESPA nos anos de 2009 e 2010 por meio da análise envoltória de dados – DEA. In: Simpósio de excelência em gestão e tecnologia, 2012. **Anais...** Resende-RJ : AEDB. 2012.

RAFAELI. L. **A análise envoltória de dados com ferramenta para avaliação de desempenho relativo**. 2009. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. p. 51-53. 2009.

ROSA. V. G. C. **Modelo Agrometeorológico-espectral para Monitoramento e Estimativa da Produtividade do Café na Região Sul/Sudoeste do Estado de Minas Gerais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. São José dos Campos. 2007.

SAES. M. S. M; FARINA. E. M. M. Q. **O Agribusiness Café no Brasil**. São Paulo: Milkbuzz. 1999. 218 p.

SANTOS. G. J. dos; MARION. J. C.; SEGATTI. S. **Administração de Custos na Agropecuária**. 4. ed. 2 reimpressão. São Paulo: Atlas. 2009. 168p.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. 10º edição. Rio de Janeiro/RJ: editora LTC, 2008.

THOMAZIELLO. R. A. et al. **Café arábica: cultura e técnicas de produção**. Campinas: Instituto Agrônômico. 2000.

VERGARA. S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa de administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas. 2000.

VEGRO. C. L. R.; ASSUMPÇÃO. R. de. Acompanhamento do custo de produção em propriedades cafeeiras: síntese parcial de resultados. **Informações Econômicas**. São Paulo. v. 33. n. 4. p.48-56. abr. 2003. Mensal.

WELSH. G. A. **Orçamento empresarial**. 4. ed. São Paulo: Atlas. 1983.