

FABIANA APARECIDA DE PAULA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS ESTABELECIMENTOS  
PRODUTORES DE CAFÉ EM MINAS GERAIS**

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

Viçosa  
Minas Gerais – Brasil  
2013

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

P324a  
2013

Paula, Fabiana Aparecida de, 1989-  
Análise da eficiência técnica dos estabelecimentos  
produtores de café em Minas Gerais / Fabiana Aparecida de  
Paula. – Viçosa, MG, 2013.  
xi, 58f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Denis Antônio da Cunha.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 51-58.

1. Café - Comércio. 2. Café - Cultivo. 3. Café - Exportação.  
4. Mudanças climáticas. 5. Café - Aspectos econômicos.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Economia  
Rural. Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada.  
II. Título.

CDD 22. ed. 338.17373}

**FABIANA APARECIDA DE PAULA**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS ESTABELECIMENTOS  
PRODUTORES DE CAFÉ EM MINAS GERAIS**

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

APROVADA: 26 de novembro de 2013.

---

André Luis Ribeiro Lima

---

Elvanio Costa de Souza

---

Marcel Viana Pires

---

Dênis Antônio da Cunha

A Deus.

Aos meus amados pais, Dadinha e Zé Mariano, que sempre serão a maior motivação  
para as minhas conquistas.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar forças e colocar pessoas especiais à minha volta.

Aos meus pais, por me apoiar e incentivar, pelo carinho, dedicação e amor.

Aos professores Dênis e Campos pelos conselhos e ensinamentos.

A todos os professores do Departamento de Economia Rural, pelos ensinamentos ao longo do curso.

Ao professor Rufino por tornar viável esta pesquisa.

À Universidade Federal de Viçosa pela excelência em ensino.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, fundamental ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao projeto EDUCAMPO pela disponibilização dos dados.

Ao Tiago pela ajuda da execução do modelo.

A todos os funcionários do Departamento de Economia Rural.

A todos os meus colegas de curso.

Ao Neto, pela compreensão, carinho, amor e companheirismo, fundamental nesta caminhada.

À minha irmã Elis pelo apoio e companheirismo.

## **BIOGRAFIA**

FABIANA APARECIDA DE PAULA, filha de José Evaristo de Paula Irmão e Maria da Piedade Coelho Paula, nasceu em São Paulo, São Paulo, em 06 de fevereiro de 1989.

Ingressou no curso Gestão do Agronegócio da Universidade Federal de Viçosa em março de 2006, concluindo-o em dezembro de 2010.

Em agosto de 2011, iniciou o curso de Mestrado do Programa de Graduação *Stricto Sensu* em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1.Considerações iniciais .....	1
1.2. O problema e sua importância .....	6
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	9
2.1. Aspectos fisiológicos do café .....	9
2.2.O café em Minas Gerais .....	11
2.3. O café no Cerrado de Minas Gerais .....	14
2.4. O café no Sul de Minas Gerais .....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	19
3.1. Produção e eficiência .....	19
4. METODOLOGIA.....	24
4.1. Modelo Analítico .....	25
4.2. Fonte de dados .....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
6. CONCLUSÕES.....	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51

## LISTA DE FIGURAS

1. Evolução de consumo interno de café no Brasil para o período de 1990 a 2012 (em milhões de sacas)----- 2
2. Evolução do volume (em mil sacas) e receita cambial (em US\$ milhões) das exportações de café nos anos-safras 2009/10 a 2011/ 12----- 3
3. Apresentação esquemática dos diferentes estádios fenológicas da cultura do café arábica, durante 24 meses----- 11
4. Mapa de Minas Gerais, por mesorregiões----- 14
5. Eficiência técnica, alocativa e econômica----- 22
6. Representação das funções de produção média, dado um produtor hipotético, representado pela função  $D$ , e da função de produção estocástica, dado pela função  $C$ ----- 26
7. Função de Produção de Fronteira Estocástica----- 27
8. Fronteira de produção estimada por Mínimos Quadrados Ordinários (OLS) e Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos (COLS)----- 29



## LISTA DE TABELAS

1. Produção brasileira de café de 2004 a 2012 (em mil sacas beneficiadas)-- 4
2. Análise descritiva das variáveis utilizadas na fronteira de produção estocástica para os produtores de café de Minas Gerais (Receita e custos em R\$/ha e precipitações em mm)----- 34
3. Coeficientes obtidos para as fronteiras de produção estocásticas para os Modelos 1 e 2----- 38
4. Estatísticas descritivas da eficiência técnica dos produtores de café para os Modelos 1 e 2----- 42
5. Distribuição de frequência das medidas de eficiência técnica dos produtores para os Modelos 1 e 2----- 44
6. Análise descritiva referente aos custos e receitas para os menos e mais produtores eficientes (por hectare)----- 47

## RESUMO

PAULA, Fabiana Aparecida de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2013. **Análise da eficiência técnica dos estabelecimentos produtores de café em Minas Gerais.** Orientador: Dênis Antônio da Cunha.

O café, como produto da pauta de exportações, é um importante gerador de divisas, além de movimentar o comércio interno brasileiro. Também é uma das principais culturas do agronegócio nacional, responsável pela geração de emprego e renda em diversos estados brasileiros. Os principais estados produtores de café são Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Paraná e Bahia. Minas Gerais destaca-se como o maior estado produtor, além de ser também o maior exportador e um dos principais produtores de cafés especiais do país. Duas regiões mineiras produtoras de café se destacam por apresentarem características bem distintas em relação ao sistema produtivo, as quais podem ser denominadas “Sul de Minas” e “Cerrado”. As duas regiões, juntas, representam 66% das exportações mineiras de café. A análise da eficiência pode ser fundamental tanto para fins de planejamento, quanto para auxiliar os cafeicultores na tomada de decisões que busquem melhorias na gestão de suas propriedades, além de auxiliar o desenvolvimento de políticas favoráveis à melhoria de seu desempenho. No entanto, a omissão de variáveis ambientais na determinação da eficiência técnica pode viesar os resultados, uma vez que as escolhas de insumos dos agricultores normalmente respondem, em parte, às condições ambientais. O fato das condições ambientais de produção raramente estarem simetricamente distribuídas, a sua não consideração também leva, muitas vezes, a uma

superestimação da eficiência técnica. Sendo assim, este estudo buscou analisar a eficiência técnica de cafeicultores das regiões Cerrado e Sul de Minas Gerais e verificar como a inclusão de variáveis climáticas poderia alterar a análise. Para isso, utilizou-se como ferramenta analítica uma fronteira de produção estocástica. Os resultados permitiram concluir que, ao analisar a eficiência média dos produtores observa-se impacto muito pequeno da adição das variáveis climáticas para a determinação da eficiência técnica. No entanto, ao analisar a eficiência de cada um dos produtores e também considerando separadamente as regiões estudadas, é possível identificar que há alguma influência de variáveis ambientais para a determinação da eficiência técnica, ainda que relativamente modesta. O número de produtores nas classes mais altas de eficiência diminuiu quando foi considerado o impacto da precipitação. Ressalta-se que este resultado é referente ao cenário climático atual. Em decorrência das mudanças climáticas que estão ocorrendo, estes resultados podem sofrer grandes alterações.

## ABSTRACT

PAULA, Fabiana Aparecida de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, November of 2013. **Analysis of the technical efficiency of coffee farms in Minas Gerais.** Adviser: Dênis Antônio da Cunha.

Coffee, as a product of exports, is an important foreign exchange generator besides, it moves the internal trade in Brazil. It is also one of the main cultures of national agribusiness, responsible to jobs creation and income in many Brazilian states. The main coffee producing in Brazil are Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Paraná, and Bahia. Minas Gerais is the most prominent region in coffee production, and it is also the major in export in addition to be the main producer of special coffee of the country. Two regions from Minas Gerais are prominent for exhibit different characteristics in relation to the coffee production system, they are: “South of Minas” and “Cerrado”. These regions together represents 66% of Minas Gerais coffee exports. The analysis of efficiency can be fundamental to planning and help the coffee farmers to make decisions in order to improve their properties management and to assist in the development of policies to make its performance better. However, the results can be modified by the omission of environmental variables in the determination of technical efficiency, because the choice of farmers’ inputs respond, in parts, to the environmental conditions. The environmental conditions are often not symmetrically distributed, but don’t consider it can lead to overestimate technical efficiency. In that way, this study aimed to analyze the coffee planters technical efficiency in Cerrado and South of Minas Gerais and verify how

climate variables (precipitation and temperature) could modify the results. For this, it was used as analytical tool a stochastic frontier production. Based on the results, we first observed a very small impact of the addition of climate variables to determine technical efficiency. However, analyzing the producer's efficiency and viewed separately each region is possible to identify some influence of environmental variables to determine the technical efficiency, still fairly modest. The number of producers in high classes decrease when it was considerate the rainfall impact. We emphasize that this result is related to the current climate scenario. As a result of climate changes that are occurring, these results may change significantly.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Considerações iniciais

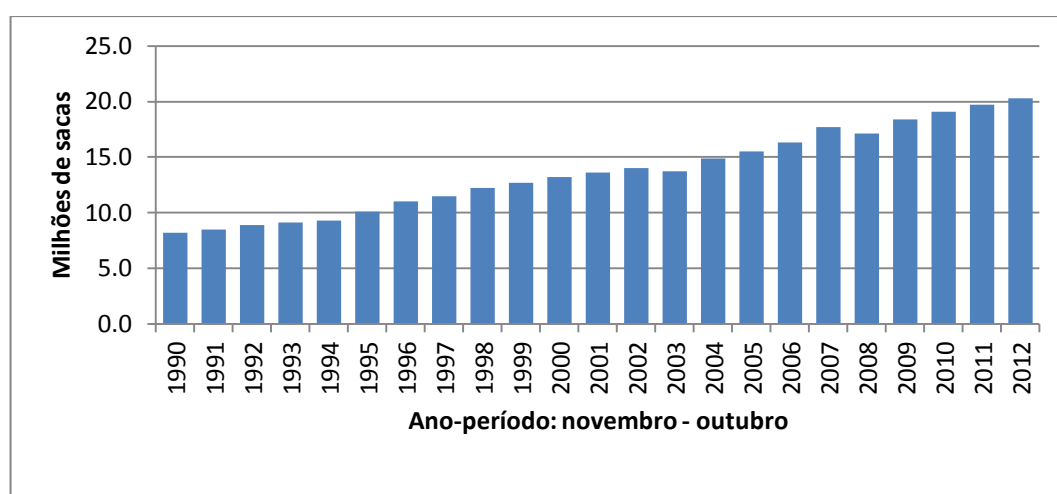
O Brasil é um produtor tradicional de café desde o início do século XIX, tendo grande experiência nessa atividade, além de condições climáticas e de solos altamente favoráveis para o cultivo desta espécie. O café se adaptou rapidamente ao solo da região e ao clima, atingindo grande relevância no eixo econômico regional. Segundo Souza (1996), o Brasil chegou a representar 77% das exportações de café do mundo entre 1900 a 1909, sendo que naquela época o produto respondia por 54% da receita cambial do país.

Atualmente, como produto da pauta de exportações, o café é um importante gerador de divisas, além de movimentar o comércio interno. O café configura-se uma das principais culturas agrícolas do país, responsável pela geração de emprego e renda em alguns estados brasileiros, tais como Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Espírito Santo. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2011), a cadeia produtiva do café é responsável pela geração de mais de oito milhões de empregos no Brasil.

O Brasil ainda é o maior produtor mundial de café, seguido por Vietnã, Indonésia e Colômbia. Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria do Café – ABIC (2013), o Brasil produziu 50.826 mil sacas em 2012, 35,15% da produção mundial, sendo 38.344 mil sacas da espécie *Coffea arabica* (café arábica) e 12.482 mil sacas da espécie *C. Canephora* (café conilon). Ainda de acordo com a ABIC (2013), em 2012, as áreas correspondentes às lavouras de café em formação e

produzindo corresponderam em 279.619 ha e 2.049.738 ha, respectivamente. Já o número de covas de café das lavouras em formação e produzindo foram, respectivamente, 973.547.000 covas e 5.745.705.000 covas, em 2012 (ABIC, 2013).

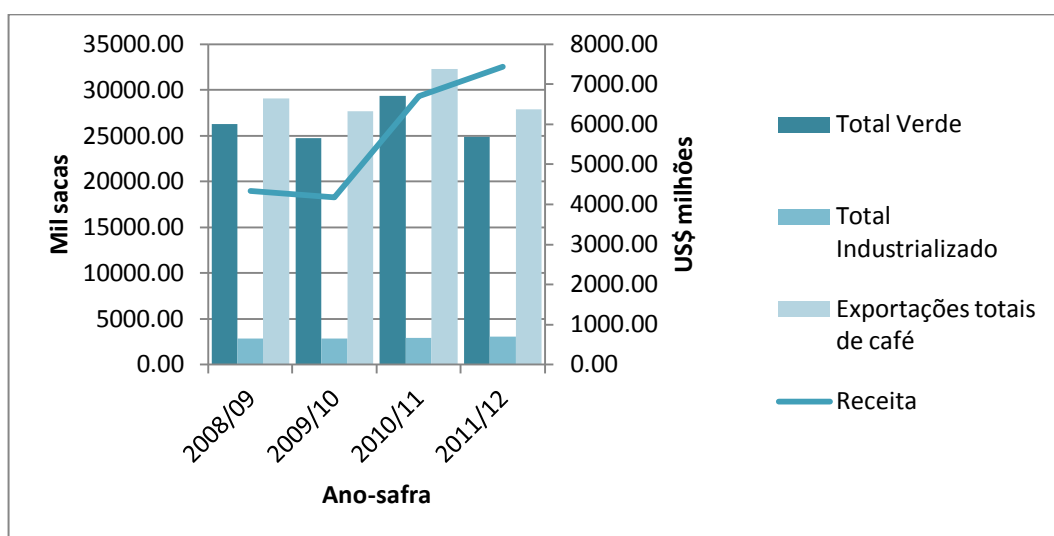
O mercado brasileiro é o segundo maior consumidor desta bebida perdendo apenas para os Estados Unidos, sendo que o consumo brasileiro de café vem aumentando nos últimos anos. No período compreendido entre novembro de 2011 e outubro de 2012, a ABIC (2013) registrou o consumo de 20,3 milhões de sacas no Brasil, como mostra a Figura 1.



Fonte: ABIC (2013)

Figura 1: Evolução de consumo interno de café no Brasil para o período de 1990 a 2012 (em milhões de sacas).

No cenário internacional, o Brasil é o maior exportador mundial de café. De acordo com o Conselho de Exportadores de Café do Brasil – CECAFÉ (2013), o país exportou, em 2011/12, um volume de 27,88 milhões de sacas. Ainda de acordo com o CECAFÉ (2013), no mesmo período, a receita cambial com as exportações foi de US\$7,43 bilhões, como mostra a Figura 2. O país exporta principalmente o café arábica (93,76% das exportações de 2011/12), mas também o café conilon (6,24% das exportações de 2011/12). O café em grão verde é a principal forma de exportação, sendo o café solúvel exportado em menor escala. No entanto, o Brasil ainda é considerado um dos maiores e mais tradicionais exportadores de café solúvel. Em 2012, foram exportadas 2,48 milhões de sacas deste produto, com uma receita de US\$508,37 milhões (ABIC, 2013).



Fonte: CECAFE (2013)

Figura 2: Evolução do volume (em mil sacas) e receita cambial (em US\$ milhões) das exportações de café nos anos-safras 2009/10 a 2011/ 12.

Os cafés industrializados (torrado em grão e torrado e moído, com marca brasileira) também são exportados regularmente pelo Brasil desde 2002, por meio do Projeto Setorial Integrado de Promoção à Exportação de Cafés Industrializados (PSI) realizado em convênio com a ABIC e a Agência Brasileira de Promoção a Exportações e Investimentos (APEX Brasil). Em 2011, as vendas totalizaram US\$25,98 milhões, contra US\$22,07 milhões em 2010 (ABIC, 2012).

Os principais estados produtores de café são Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Paraná e Bahia (Tabela 1). A produção de café em Minas Gerais, objeto deste estudo, será detalhada mais à frente. No Espírito Santo, a produção de café também vem destacando-se na composição da oferta brasileira de café, sobretudo a partir dos anos 1990, quando começa a expandir seu parque cafeeiro, hegemonicamente, para a produção de café robusta soja (CARVALHO; BITENCOURT, 2010).

Desde 1969, houve uma diminuição no parque cafeeiro de São Paulo e Paraná, levando esses estados a investirem em outras culturas, tais como laranja, cana-de-açúcar e soja (CARVALHO; BITENCOURT, 2010).

O processo de diminuição da competitividade da cafeicultura brasileira no final dos anos 1980 e início de 1990 teve grande impacto na agricultura do Paraná,



sendo que, no período 1960 a 1996, a área e o número de produtores de café foram reduzidos em 90,8% e 71,1%, respectivamente (MOACYR, 1997).

Na Bahia, a partir de 1970, houve incentivo à cafeicultura. No oeste baiano, o governo investiu no Programa de Desenvolvimento da Cafeicultura (PRODECAF), cujos objetivos são distribuir sementes certificadas para viveiro, como formação e produção de mudas; estimular o consócio agro-florestal; difundir informações e procedimentos relativos à capacitação do agricultor e da sua família para o perfeito manejo desde o viveiro, os tratos culturais e a colheita até a comercialização do café; introduzir tecnologia adequada; aumentar a produtividade; e melhorar as condições socioeconômicas e culturais do produtor. A atividade cafeeira nessa região é bastante promissora, desde que sujeitas a tratos culturais (MATIELLI; RUGGIERO, 2005 citado por MOSS, 2006).

Tabela 1 – Produção brasileira de café de 2004 a 2012 (em mil sacas beneficiadas)

UF	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Minas Gerais	18.777	15.219	21.987	16.473	23.581	19.880	25.155	22.181	26.634
Espírito Santo	6.795	8.070	9.009	8.139	10.230	10.205	10.147	11.573	12.502
São Paulo	5.870	3.223	4.470	2.632	4.420	3.423	4.662	3.111	5.214
Paraná	2.526	1.435	2.248	1.732	2.608	1.467	2.284	1.842	1.600
Bahia	2.279	1.812	2.251	2.342	2.142	1.874	2.284	2.290	2.165
Rondônia	1.760	1.772	1.263	1.482	1.876	1.547	2.369	1.428	1.421
Mato Grosso	310	310	250	152	138	141	203	138	125
Pará	220	330	280	266	233	228	229	184	167
Rio de Janeiro	269	298	264	280	266	265	250	260	262
Outros	475	475	490	405	498	440	503	477	262
<b>Brasil</b>	<b>39.272</b>	<b>31.944</b>	<b>42.512</b>	<b>36.470</b>	<b>45.992</b>	<b>39.470</b>	<b>48.095</b>	<b>43.484</b>	<b>50.721</b>

Fonte: MAPA – S.P.A.E./CONAB (2013).

Minas Gerais destaca-se como o maior estado produtor nacional de café, tendo produzido 26.634 mil sacas em 2012, o que correspondeu a 52,5% da produção nacional (ABIC, 2013). Além disso, este estado é um dos principais produtores de cafés especiais<sup>1</sup> do país. Praticamente 100% das plantações no estado são de café arábica. Segundo o Centro de Inteligência do Café – CIC (2012), em média, 700 municípios mineiros plantam e colhem café em 1,1 milhão de hectares plantados e

<sup>1</sup> Segundo a Brazil Speciality Coffee Association – BSCA (2013), os atributos de qualidade para que o café se torne especial cobrem ampla gama de conceitos, que vão desde características físicas, como origens, variedades, cor e tamanho, até preocupações de ordem ambiental e social, como os sistemas de produção e as condições de trabalho da mão de obra cafeeira. As principais categorias de cafés especiais são: café de origem certificada, café *gourmet*, café orgânico e café *fair trade*.

este sistema produtivo emprega mais de quatro milhões de pessoas. Essa atividade é responsável por aproximadamente 25% do PIB do agronegócio mineiro, o que corresponde a cerca de quatro bilhões de reais. Além de maior estado produtor, Minas Gerais também é o maior estado exportador de café (CIC, 2012).

Duas regiões mineiras produtoras de café se destacam por apresentarem características bem distintas em relação ao sistema produtivo, as quais podem ser denominadas “Sul de Minas” e “Cerrado”. As duas regiões, em conjunto, representam 66% das exportações mineiras de café, conforme o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE (2013). A região aqui denominada de Sul de Minas compreende 146 municípios localizados nas mesorregiões Sul e Sudoeste de Minas Gerais. Já a região chamada de Cerrado compreende 55 municípios localizados nas mesorregiões do Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro e Noroeste de Minas. Essas regiões possuem diferenças significativas nos sistemas produtivos de café, como nível de organização e dotação de fatores produtivos.

De acordo com Simões e Pelegrini (2010), no Cerrado mineiro, os produtores, geralmente, preferem plantar cultivares que apresentam maior produtividade, embora suscetíveis ao ataque de patógenos. As inovações mecânicas, facilitadas pelo fator geográfico, têm sido intensificadas na cafeicultura da região e possibilitado maior eficiência técnica e econômica. Pode-se afirmar ainda que há muitos cafezais irrigados nessa área. Porém, a disponibilidade de água vem se reduzindo nos últimos anos, como consequência da intensa utilização desses recursos, principalmente na região de Patrocínio e Uberlândia.

Já na região Sul, a cafeicultura é praticada a partir de métodos convencionais, com cultivos poucos mecanizados (ou não mecanizados), em área de topografia geralmente inclinada, sem equipamentos de irrigação. Nessa região predominam as pequenas áreas de cultivo de café (SIMÕES; PELEGRINI, 2010). Conforme Castillo (2008), o sistema de armazenamento do produto, transporte e escoamento da produção é bem integrado, o que permite uma boa logística econômica do café para essa região. Vale ressaltar o investimento em infraestrutura e benfeitorias próprias que, junto com a qualidade do produto, levou essa região a se especializar nessa *commodity*, tornando-se, assim, uma “região competitiva”.

## **1.2. O problema e sua importância**

Considerando um ambiente econômico marcado pela crescente competição em mercados cada vez mais globalizados, quanto maior for o controle e o conhecimento do processo produtivo, maiores serão as possibilidades de melhoria dos resultados econômicos das unidades produtivas. Sendo assim, a análise da eficiência técnica dos produtores de café tem importância cada vez maior para determinar sua competitividade.

A compreensão dos fatores que determinam o nível de eficiência técnica do produtor também é relevante, pois pode auxiliar o desenvolvimento de políticas favoráveis à melhoria de seu desempenho. Conforme Gorton e Davidova (2004), as variáveis que podem influenciar a eficiência técnica dos produtores podem ser divididas em dois grandes grupos: capital humano e fatores estruturais. O primeiro grupo compreende variáveis tais como educação formal e informal, experiência, treinamento e idade do produtor, ao passo que o segundo grupo engloba, entre outras variáveis, acesso a crédito, situação quanto à propriedade da terra e variáveis ambientais.

Embora a literatura venha sendo eficaz ao considerar o papel de aspectos socioeconômicos para a explicação da eficiência técnica de produtores de café, em geral observa-se que questões relacionadas às condições naturais e ambientais às quais o produtor está exposto são negligenciadas (SHERLUND et al., 2002; GORTON; DAVIDOVA, 2004). De acordo com Sherlund et al. (2002), essa omissão pode viesar os resultados, uma vez que as escolhas de insumos dos agricultores respondem, em parte, às condições ambientais. Ainda segundo esses autores, o fato de as condições ambientais de produção raramente estarem simetricamente distribuídas, a sua não consideração também leva, muitas vezes, a uma superestimação da eficiência técnica.

Em decorrência das mudanças climáticas que vêm sendo cada vez mais reconhecidas pela comunidade científica (International Panel on Climate Change – IPCC, 2013), a consideração de variáveis referentes ao clima nas análises é de fundamental importância para a estimação da eficiência técnica dos produtores. Ressalta-se que trabalhos desta natureza tratam-se de uma análise estatística e não há variação temporal, ou seja, não é possível estimar as mudanças de eficiência no futuro dadas as mudanças climáticas. É importante destacar que, devido à

dependência direta da temperatura e precipitação, especialistas acreditam que o maior impacto das mudanças climáticas pode ser no setor agrícola (DESCHÊNES; GREENSTONE, 2007; FISHER et al., 2009). Apesar de todos os avanços tecnológicos, as condições ambientais ainda são fundamentais para a produtividade agrícola. O clima interfere tanto no crescimento e desenvolvimento das plantas, quanto nas diversas etapas das atividades agrícolas, tais como o preparo da terra para semeadura, época de plantio, colheita, transporte e armazenamento de produtos (GOUVÊA, 2008).

Dentre os diversos fatores limitantes da produção vegetal, o déficit hídrico ocupa posição de destaque, pois além de impactar diretamente as relações hídricas nas plantas, alterando-lhes o metabolismo, este fenômeno está ocorrendo em grandes extensões de áreas cultivadas (BAUER; VARGAS, 2008). De acordo com Boyer (1982), as plantas podem ter criado mecanismos que minimizam os efeitos da falta de água no solo, podendo ser transmitidos geneticamente. No entanto, Mazzafera e Carvalho (1987) salientam a importância de correlacionar a produtividade dos cafeeiros com condições de deficiência hídrica, uma vez que, muitos progênies tolerantes à seca possuem baixas produções.

O Brasil apresenta grande heterogeneidade climática e condições que podem ser favoráveis e desfavoráveis, dependendo da cultura agrícola. Conseqüentemente, as alterações climáticas ocasionarão mudanças nas áreas consideradas aptas para o plantio no país, impactando positivamente ou negativamente determinada cultura (PINTO et al., 2003). O estudo de Margalis e Dubeux (2010) mostram, a partir do Índice de Satisfação das Necessidades de Água da Planta (ISNA)<sup>2</sup>, como hoje áreas consideradas aptas à produção deixarão de ser no futuro e suas implicações para a apolítica de crédito.

Considerando que as reduzidas margens, isto é, o lucro advindo da atividade, e o ambiente produtivo limita o desenvolvimento da cafeicultura, estudos que busquem compreender a formação dessa margem e a análise do efeito de variáveis climáticas, bem como as diferenças entre os recursos utilizados pelas propriedades se tornam importantes. Se existem diferenças nos fatores ambientais e nas práticas e uso de recursos pelos produtores, a composição de custos das propriedades pode apresentar diferenças e, conseqüentemente, o desempenho das propriedades não será

---

<sup>2</sup> O ISNA é geralmente usado para o cálculo de risco climático de determinada região, além de ser usado como ferramenta de análise de crédito pelo Banco do Brasil, Banco do Nordeste, dentre outros.

igual (LIMA, 2012). Nesse sentido, se é observado a ocorrência de ineficiência técnica, pode-se inferir que também existem oportunidades para expandir a produção dos estabelecimentos utilizando-se o nível de insumos e as tecnologias já existentes.

Em cenário marcado por grande concorrência e constante oscilação de preço, a eficiência produtiva pode ser um fator essencial para que o cafeicultor permaneça no mercado. Nesse sentido, o presente trabalho busca, além de analisar a eficiência técnica de duas das mais importantes regiões cafeicultoras de Minas Gerais, verificar qual é o efeito da inclusão de variáveis climáticas sobre os escores de eficiência estimados. Busca-se identificar se, de fato, a não consideração dessas variáveis leva a uma superestimação da eficiência técnica.

Nesse contexto, o objetivo geral do presente estudo foi analisar a eficiência técnica de cafeicultores das regiões Cerrado e Sul de Minas Gerais. Especificamente, objetivou-se verificar como a inclusão de variáveis climáticas poderia alterar a análise. A hipótese testada foi que, ao estimar a eficiência técnica de um produtor, a não inclusão de variáveis ambientais no modelo pode superestimar o valor da eficiência.

A análise da eficiência pode ser fundamental tanto para fins de planejamento, quanto para auxiliar os cafeicultores na tomada de decisões que busquem melhorias na gestão de suas propriedades. Os resultados do presente trabalho possibilitarão identificar os meios pelos quais os produtores podem aumentar sua produtividade, por meio da análise de sua eficiência. Ademais, se de fato for identificada influência significativa do clima sobre a eficiência técnica dos cafeicultores, este estudo poderá contribuir para a definição de políticas públicas específicas para o setor no que se refere a impactos futuros esperados do clima.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

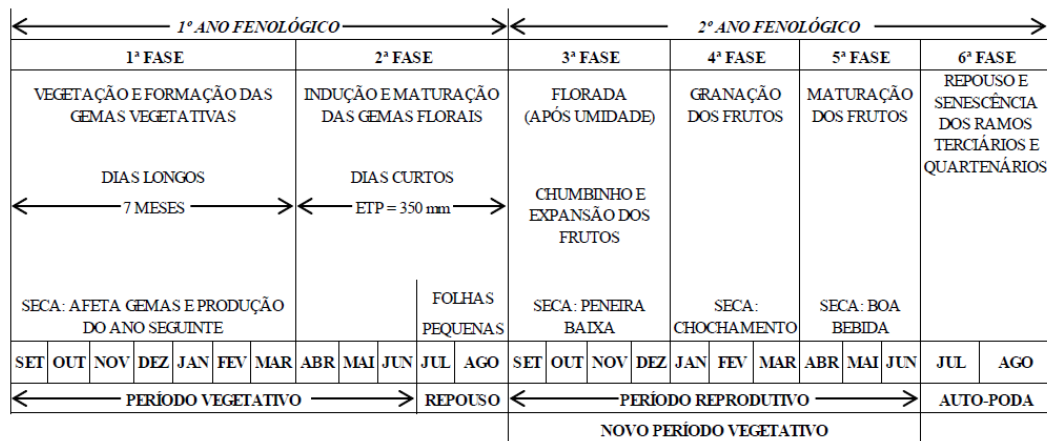
### **2.1. Aspectos fisiológicos do café**

Ao contrário da maioria das plantas que completam o ciclo produtivo no mesmo ano fenológico<sup>3</sup>, o café arábica necessita de dois anos para completar seu ciclo fenológico de frutificação. É importante ressaltar que as condições climáticas influenciam na fenologia das plantas e na produção e qualidade dos frutos (ALBURQUERQUE; ALBURQUERQUE, 1982).

Camargo e Camargo (2001) descrevem a sequência das fases vegetativas e reprodutivas das lavouras de café arábica, nas condições climáticas tropicais do Brasil (Figura 3), que ocorrem em aproximadamente dois anos. Dessa forma, o ciclo fenológico pode ser subdividido em seis fases distintas: (1) vegetação e formação das gemas florais; (2) indução e maturação das gemas florais; (3) florada, chumbinho e expansão dos frutos; (4) granação dos frutos; (5) maturação dos frutos; e (6) repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários. As duas primeiras fases ocorrem no primeiro ano fenológico, enquanto as quatro fases seguintes acontecem no segundo ano fenológico.

---

<sup>3</sup> De acordo com Fancelli e Dourado Neto (1997), fenologia se refere ao estudo dos eventos periódicos da vida da planta em função de sua reação às condições do ambiente.



Fonte: Camargo e Camargo, 2001.

Figura 3: Apresentação esquemática dos diferentes estádios fenológicas da cultura do café arábica, durante 24 meses.

A primeira fase, “vegetação e formação das gemas vegetativas”, ocorre normalmente de setembro a março, onde os dias são mais longos, com fotoperíodo acima de 13 a 14 horas de luz efetiva (CAMARGO, 1985). De abril a agosto, em que os dias são mais curtos com menos de 13 horas de luz efetiva (PIRINGER; BORTHWICK, 1955), normalmente ocorre a segunda fase, “indução e maturação das gemas florais”. Após seu completo desenvolvimento, as gemas florais entram em dormência e ficam prontas para a antese quando seu potencial hídrico aumentar, devido à ocorrência de chuvas ou irrigação.

O segundo ano fenológico do cafeeiro inicia-se com a terceira fase, “florada, chumbinho e expansão dos frutos”, compreendendo normalmente de setembro a dezembro. Essa fase inicia-se com a “florada”, após um aumento do potencial hídrico nas gemas florais maduras (choque hídrico) e termina com a “expansão dos frutos”. Uma florada principal acontece quando ocorre um período de restrição hídrica seguido de chuva, irrigação ou mesmo de um acentuado aumento da umidade relativa do ar (CAMARGO; FRANCO, 1985; RENA; MAESTRI, 1985). Damatta e Ramalho (2006) destacam que temperatura ambiente elevada associada a um intenso déficit hídrico durante o início da florada causa a morte dos tubos polínicos pela desidratação, culminando no abortamento das flores, resultando nas chamadas “estrelinhas”. Depois da fecundação, vêm os “chumbinhos” e a expansão dos frutos. Havendo estiagem forte nessa fase, o estresse hídrico poderá prejudicar o crescimento dos frutos e resultar na ocorrência de “peneira baixa” (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

A “granação dos frutos”, que compreende a quarta fase, ocorre de janeiro a março, em pleno verão. É nessa fase que os líquidos internos solidificam-se, formando os grãos. Se nesse período ocorre estresse hídrico, poderão ser produzidos frutos mal granados, que causam os defeitos preto, verde e ardido, assim como o chochamento de grão (MEIRELES et al., 2004).

A quinta fase, “maturação dos frutos”, se verifica normalmente de abril a junho e depende da periodicidade da cultivar e da acumulação de energia solar. Nessa etapa, deficiências hídricas moderadas beneficiam a qualidade do produto (MEIRELES et al., 2009). E por fim, a sexta fase, “repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários”, ocorre em julho e agosto, tendo como característica a autopoda do cafeeiro, em que muitos ramos (terciários e quaternários) secam e morrem, limitando o crescimento vegetativo.

Alégre (1959) menciona que a faixa ótima de precipitação para as lavouras de café deve estar entre 1.200 e 1.800 mm, embora outros trabalhos indiquem que o cafeeiro desenvolve-se sob ampla faixa de precipitações (DAMATTA; RENA, 2002). Quanto à faixa ótima de temperatura para o desenvolvimento do café arábica, Alégre (1959) salienta que temperaturas médias anuais entre 18 e 21°C sem grandes variações sazonais parece ser os limites mais indicados para esta espécie. No entanto, o trabalho de Camargo et al. (1977) estabelece a faixa de temperatura média anual entre 18 e 22°C como sendo apta ao desenvolvimento do café arábica.

## **2.2.O café em Minas Gerais**

O Estado de Minas Gerais possui grande importância no contexto econômico brasileiro. De acordo com o último estudo divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2012), que detalha a participação dos estados no Produto Interno Bruto (PIB), em 2010, Minas Gerais contribuiu com 9,3% do PIB brasileiro, ficando em terceiro lugar entre os maiores estados contribuintes.

Segundo pesquisa elaborada pelo Centro de Estatística e Informação – CEI (2013), da Fundação João Pinheiro (FJP), estimou-se que a economia de Minas Gerais cresceu 2,3% em 2012, enquanto que a economia brasileira cresceu 0,9% no mesmo período. Estes dados salientam que, embora esta diferença no desempenho anual tenha sido observada para a maioria dos setores, foi de fundamental



importância a performance superior da agropecuária mineira, a qual foi impulsionada pela produção de café, cereais e soja. A atividade cafeeira destaca-se como o principal produto da agropecuária mineira. De acordo com os dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal do IBGE (2013), em 2011, a lavoura de café foi a principal cultura, responsável por 40% do valor da produção mineira.

O café foi introduzido no Brasil, no início do século XVIII, por meio de sementes e mudas trazidas da Guiana Francesa, sendo plantadas no estado do Pará, nas proximidades de Belém (RUFINO, 2006). Daí em diante o cultivo de café foi conquistando novas áreas de plantio. Segundo Rufino (2006), o café adaptou-se bem à região do Pará e em 1731, já era plantado em vários locais próximos de Belém. Contudo, nesses locais, a extração de borracha contribuiu para o desinteresse e a decadência do cultivo do cafeeiro, que migrou buscando novas regiões. Inicialmente foi plantado no Maranhão, de onde foi levado para outros estados vizinhos e para a Bahia.

Nesse processo experimental de procura da região ecológica mais apta ao plantio, o café começou a ser plantado nos morros dos arredores da cidade do Rio de Janeiro, de onde se espalhou pela Baixada Fluminense e posteriormente pelo Vale do Paraíba. Após uma grande geada ocorrida em 1975, houve um deslocamento das principais zonas produtoras do Norte do Paraná para áreas de clima mais favorável, como o sul de Minas Gerais e o interior capixaba.

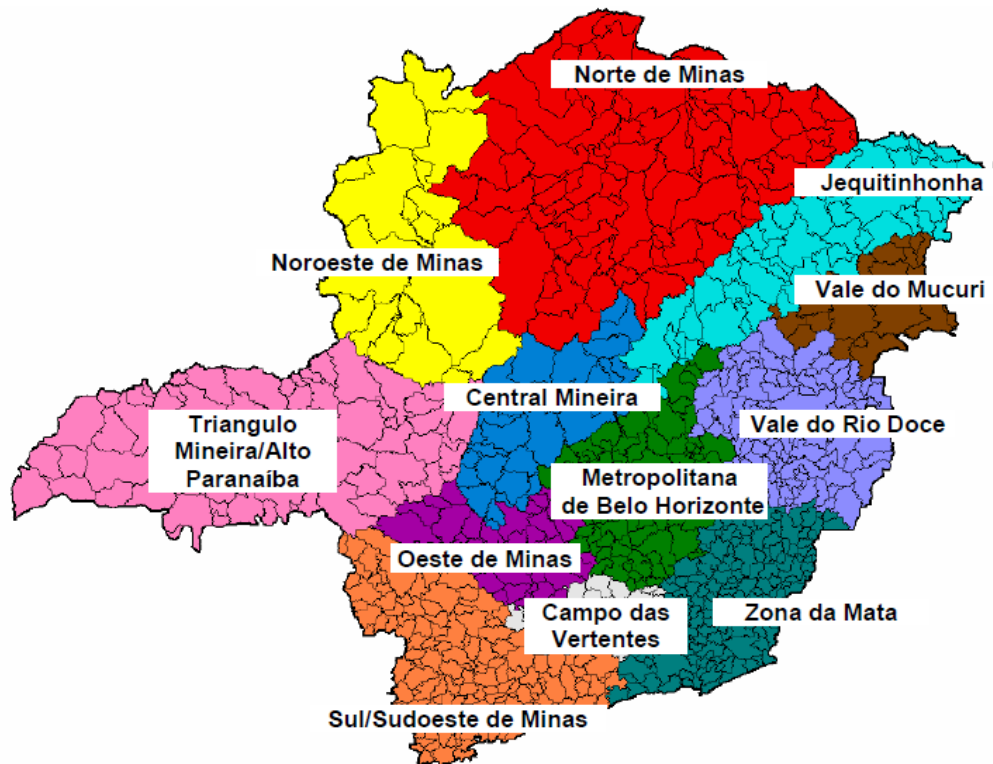
A partir de meados dos anos 1970 houve crescimento da importância relativa da cafeicultura na produção agrícola de Minas Gerais, quando o café passou a ter elevação absoluta da rentabilidade em relação a sua principal alternativa, que era a pecuária. Um fator que contribuiu para o aumento relativo da participação da produção de café mineira no Brasil foi o decréscimo da produção nos estados do Paraná e São Paulo. No Paraná, a produção diminuiu a partir de 1975, depois da ocorrência da maior geada que a cafeicultura enfrentou e do incentivo dos preços da soja naquele período. Já em São Paulo, a partir de 1982, a cafeicultura entrou em decadência com o surgimento de alternativas mais rentáveis, como a laranja e a cana-de-açúcar (CARVALHO; BITENCOURT, 2010).

O estado de Minas Gerais possui uma variabilidade de clima que possibilita a produção de café com qualidade e com características peculiares de cada município. Observa-se uma significativa variabilidade na produtividade obtida pelos produtores em todo o estado, a qual oscila entre duas a 60 sacas por hectare. Segundo Leite

(2005), essa diferença é consequência da existência de lavouras altamente produtivas que coexistem com lavouras de baixos rendimentos, assim como de produtores que apresentam custos elevados e que utilizam alta tecnologia, em contraposição a outros que possuem um baixo nível de adoção de tecnologias.

A cadeia produtiva do café de Minas Gerais caracteriza-se por apresentar inúmeras organizações, instituições e centros de pesquisa que conduzem o desenvolvimento, o controle e o aperfeiçoamento da atividade no estado. O SEBRAE MG (Serviço de Apoio Brasileiro às Micros e Pequenas Empresas de Minas Gerais) apresenta programas de incentivos direcionados à cultura do café. As Universidades Federais de Viçosa (UFV) e de Lavras (UFLA) contribuem através da pesquisa e difusão de novas tecnologias de produção. Centros de pesquisas, como EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) e EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária), a empresa de assistência técnica, EMATER MG (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais), além de outras organizações privadas, como a ApexBrasil, apresentam ações de estímulo ao mercado internacional de café.

Devido a sua extensão territorial e peculiar diversidade climática, a cafeicultura mineira pode ser dividida em quatro grandes regiões (Figura 4): Sul de Minas (Sul/Sudoeste), Matas de Minas (Zona da Mata/Rio Doce), Cerrados de Minas (Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Noroeste) e Chapada de Minas (Vale do Jequitinhonha/Mucuri), cujas participações na produção mineira de café são, respectivamente, 47%, 30,7%, 19% e 3,3% (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE, 2013).



Fonte: Lima (2006)

Figura 4: Mapa de Minas Gerais, por mesorregiões.

No presente estudo, optou-se por analisar as regiões do Cerrado e Sul de Minas devido às significativas diferenças nos sistemas produtivos de café e representatividade na produção total de café de Minas Gerais.

### 2.3. O café no Cerrado de Minas Gerais

Até a década de 1970 na região do Cerrado, a cultura do café constitui-se como uma atividade de produção voltada basicamente para o consumo próprio, sendo cultivada em terras consideradas improdutivas das propriedades. Após esta década, quando o governo lançou programas como o PADAP (Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba) e o POLOCENTRO (Programa para o Desenvolvimento dos Cerrados), o café se tornou uma cultura de maior integração às indústrias a montante e a jusante, e mais voltado à exportação, com um modelo tecnologicamente moderno apoiado na produção em larga escala e em grandes propriedades. Essas propriedades de maior porte foram sendo constituídas por produtores que migraram para a região, incentivados pelos programas de desenvolvimento e ocupação das fronteiras agrícolas lançados pelo governo estadual.

Políticas de crédito agrícola do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) também beneficiaram os produtores locais, possibilitando a incorporação de tecnologias que viabilizaram a introdução da mecanização no processo produtivo, proporcionando um lugar de destaque dessa região na cafeicultura nacional (GARLIPP, 1999).

De acordo com Garlipp (1999), a partir de meados da década de 1980, houve grande expansão da área plantada, decorrente de incentivos do governo federal, visto que as terras da região destinadas à lavoura de café apresentavam vantagens competitivas em relação às demais terras do estado de Minas Gerais. Porém, para que ocorresse ocupação das terras do Cerrado, eram necessários elevados investimentos para adaptá-las às necessidades das novas variedades e para produzirem segundo o padrão tecnológico da Revolução Verde. Para isto, foi preciso que parte dos investimentos fossem destinados à correção do solo, que é ácido e pobre em nutrientes, principalmente em fósforo. Além disso, os solos dessa região apresentam como principal formação o latossolos, é altamente intemperizado, possui baixa capacidade de troca de cátions e toxidez de alumínio (MALAVOLTA; KLIEMANN, 1985). Após essas correções, foi possível a incorporação de tecnologias mais avançadas no cultivo do café, como a adoção de modernos sistemas de irrigação, processos de adubação, uso de herbicidas e utilização de máquinas no período de colheita.

Atualmente, o modelo de produção no Cerrado é considerado um dos mais tecnificados do mundo devido à elevada produtividade que suas lavouras estão alcançando. Além disso, nessa região há maior utilização de insumos, como fertilizantes e defensivos. As terras planas favorecem a mecanização e o investimento em sistemas de irrigação (EXPOCACCER, 2013), o que pode favorecer floradas e, conseqüentemente, maturação mais uniforme.

As terras do Cerrado se localizam em um planalto elevado, com altitudes entre 820 e 1.100 metros, com clima tropical de altitude e temperaturas médias que variam entre 18 e 21 °C. As plantações em terrenos elevados, entre 800 e 1.300 metros, ganham vantagens na formação e no amadurecimento dos grãos do café. A amplitude térmica ao longo do ano é baixa e as estações chuvosas são bem definidas. O Cerrado localiza-se em área continental, o que possibilita padrões de chuvas diferentes dos que ocorrem em outras regiões produtoras de café no Brasil, os quais sofrem influência direta das massas oceânicas. O verão, época da florada dos cafezais, é quente e chuvoso. No inverno, o ar é quente e seco e sem chuvas, criando

condições para um processo de maturação longo, ideal para a retenção de aromas e sabor. Além disso, evita riscos de fermentações dos frutos antes e após a colheita e durante o armazenamento (SAES; JAYRO, 1997).

A aplicação de técnicas modernas e tratos culturais adequados juntamente com as características peculiares da região proporcionam produção de cafés de alta qualidade, com características de corpo, sabor e aroma que o tornam diferenciados dos demais cafés. O café produzido no Cerrado possui particularidades, como aroma intenso, corpo adocicado, constante sabor achocolatado e delicada acidez cítrica (SAES; JAYO, 1997). De acordo com a ABIC (2013), o Cerrado mineiro produziu 6.231 mil sacas de café em 2012, com uma média de 36,99 sacas por hectare.

Visando explorar esta vantagem comparativa e implementar estratégias de diferenciação, os produtores começaram a se organizar em associações. Foi criada a Federação dos Cafeicultores do Cerrado para congregar as Associações e Cooperativas e para certificar a origem e qualidade do café dessa região. Encontram-se localizadas no Cerrado mineiro duas grandes cooperativas, a COOXUPÉ (Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé) e a COOPARAÍSO (Cooperativa Regional dos Cafeicultores de São Sebastião do Paraíso), que possuem núcleos espalhados pelo estado, Brasil e em alguns países. Ambas oferecem aos produtores, os serviços de armazenagem, revenda de insumos e fertilizantes, financiamento e comercialização e exportação do café.

#### **2.4. O café no Sul de Minas Gerais**

O Sul de Minas Gerais é uma região tradicional na produção de café e, atualmente, configura-se como a principal região produtora do estado. O principal entrave à expansão da cafeicultura sul mineira, nas primeiras décadas do século XIX, era a dificuldade de transporte e escoamento da produção. As vias de comunicação eram precárias e as distâncias a serem percorridas muito longas. Após o início da década de 1970, o uso de tecnologias e os aspectos conjunturais, combinados com as características regionais, promoveram o desenvolvimento da cafeicultura nessa região (FILETTO; ALENCAR, 2001).

A expansão da cafeicultura nessa região pode ser dividida em três fases, conforme Fileto (2000). A primeira fase inicia-se no século XIX, onde a expansão

dessa atividade se deu a partir do cultivo do café no Rio de Janeiro e no Vale do Paraíba, onde os tropeiros foram responsáveis pela introdução da planta nas cidades de Aiuruoca, Jacuí e Baependi. Nessa época a produção se destinava para consumo próprio. No final do século XIX tem início a segunda fase, onde a expansão da cafeicultura ocorreu por conta do deslocamento dessa atividade do Oeste Paulista. Foi esse período que permitiu o grande desenvolvimento da cafeicultura na região. E por fim, a terceira fase, que acontece a partir da década 70, ocorrendo simultaneamente com a expansão do meio técnico-científico-informacional para o meio rural e corresponde á geração de um “moderno circuito espacial produtivo de café”.

Segundo Moreira (2007), as lavouras de café se expandiram rapidamente a partir do século XIX e, no início do século XX, já tinha importante papel na economia de municípios do Sul de Minas, tais como: Guaxupé, Varginha, Poços de Caldas, São Sebastião do Paraíso, Cabo Verde, São Sebastião do Gramma, Três Corações, Alfenas e Lavras.

Essa região se caracteriza por um relevo acidentado, sendo altamente propício à produção de café arábica, possuindo regimes de chuvas, solo, temperatura e altitude como vantagem comparativa para a cultura do cafeeiro. Os índices pluviométricos anuais, superiores a 1.300 mm, são adequados ao bom desenvolvimento dessa espécie na região. Além disso, as condições térmicas são ideais para a atividade, dado que as temperaturas médias anuais entre 18 e 22 °C (raramente superiores a 23°C) são faixas térmicas que proporcionam melhor produtividade (PEREIRA, 2008).

Essa região tem várias particularidades que a distingue do Cerrado Mineiro. Por exemplo, apresenta elevada densidade do trabalho nas operações de cultivo devido à impossibilidade, imposta pela topografia, de desenvolver atividades mais mecanizadas e poupadoras de mão de obra (VILELA; RUFINO, 2010). Porém, essas regiões montanhosas possibilitam maior produção de cafés especiais, orgânicos e ecológicos do que naqueles relevos mais planos, como é o caso do Cerrado. Não obstante, as pequenas e médias propriedades predominam nessa região.

As cooperativas tornaram-se entidades importantes para a cafeicultura do Sul de Minas, principalmente para o segmento da produção. Uma das suas principais funções é manter a estabilidade no mercado, dando ao produtor um parâmetro de preços para que ele possa comercializar adequadamente sua produção. Dentre as

cooperativas localizadas nessa região, destacam-se a COCATREL (Cooperativa dos Cafeicultores da Zona de Três Pontas), Minas Sul (Cooperativa dos Cafeicultores da Zona de Varginha) e a Cooperativa de Poço Fundo. Segundo a ABIC, em 2012, a produção de café do Sul de Minas foi de 13.792 mil sacas, com uma média de 26,62 sacas por hectare.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Produção e eficiência

Com base nos pressupostos teóricos da Teoria Microeconômica Neoclássica, o produto de uma firma pode ser obtido por meio da seguinte função de produção  $Q$ .

$$Q = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$

em que  $Q$  é a quantidade produzida em função da quantidade de insumos  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .

Para Varian (2003) a função de produção é dada pela relação entre a quantidade máxima de um produto que se pode obter, a partir da utilização de uma determinada quantidade de fatores de produção, em determinado tempo e mediante a escolha do processo produtivo mais adequado. Para Santos et al. (2009), a função de produção representa apenas as relações físicas entre os fatores de produção e o produto, ou seja, é a tecnologia de produção.

As diversas funções de produção, com as combinações de insumos e tecnologia estabelecida, podem ser representadas pelas Isoquantas<sup>4</sup>. As diferentes combinações de insumos definem a curva de Isocusto de produção. A adoção de novas tecnologias possibilita a redução de custos e, conseqüentemente, o deslocamento da Isocusto.

---

<sup>4</sup> Uma Isoquanta representa pontos de mesma produção, porém com a utilização de diferentes combinações dos fatores de produção (SANTOS et al., 2009).



Na teoria sobre a eficiência econômica da firma, uma empresa pode ser considerada eficiente na produção, na utilização dos insumos ou em ambos. A eficiência no produto pode ser analisada a partir do conceito de eficiência de escala (um produto) e de escopo (mais de um produto). A eficiência na utilização dos insumos pode ser analisada a partir dos conceitos de eficiência técnica, alocativa e econômica (eficiência custo ou lucro).

Sendo assim, a teoria da produção busca analisar de que forma os empresários combinam os vários insumos disponíveis para obter determinado nível de produção de forma eficiente. Nesse caso, a teoria presume que há eficiência técnica da função de produção. Em decorrência, tal fato implica em afirmar que a tecnologia é conhecida e a relação entre insumos e o resultado final do produto é a combinação mais adequada, garantida pelos pressupostos neoclássicos, o que leva a concluir que o empresário não irá operar de forma ineficiente (VARIAN, 2003).

A forma funcional para expressar a relação entre insumos e produto mais empregada nos estudos econômicos é a do tipo Cobb-Douglas. A expressão básica da função de produção tipo Cobb-Douglas, considerando dois insumos e um produto, pode ser expressa como:

$$Q = f(X_1, X_2) = AX_1^\alpha X_2^\beta \quad (2)$$

em que  $Q$  é o produto;  $X_1$  é o insumo 1;  $X_2$  é o insumo 2; e  $A$ ,  $\alpha$  e  $\beta$  são constantes determinadas pela tecnologia empregada. Deve-se ressaltar que, nesse caso, se  $\alpha + \beta < 1$ , a função de produção tem retornos decrescentes de escala; se  $\alpha + \beta = 1$  tem-se retornos constantes à escala; e por fim, se  $\alpha + \beta > 1$ , tem-se retornos crescentes de escala (VARIAN, 2003).

Um problema relacionado à estimação de função de produção tipo Cobb-Douglas consiste no fato de a mesma apresentar-se de forma não linear. Uma alternativa para solucionar tal problema é a linearização da função por meio do uso de logaritmo. Expressando a função de produção tipo Cobb-Douglas (2) em termos de logaritmos naturais, tem-se:

$$\ln Q = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \varepsilon \quad (3)$$

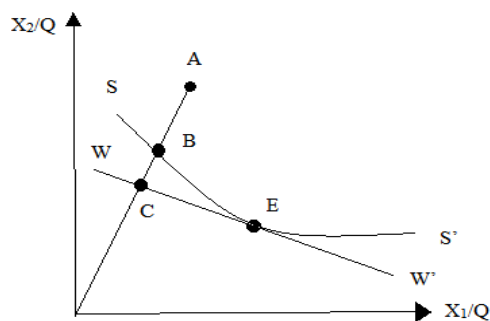
em que os  $\beta$ 's são os parâmetros a serem estimados, equivalentes a  $\beta_0 = \ln A$ ,  $\beta_1 = \alpha$  e  $\beta_2 = \beta$ ; e  $\varepsilon$  é um termo de resíduos aleatórios, definido como ruído branco.

A decomposição da eficiência econômica (ou produtiva ou global) em componentes de eficiência técnica e alocativa, assim como a proposta de uma técnica para sua medição, foi inicialmente realizada por Farrell (1957) baseada na teoria da produção. Neste estudo, o autor afirma que seria mais adequado medir a eficiência a partir de uma comparação com a melhor firma, baseado em seu desempenho observado. Nesse caso, a determinação da fronteira de eficiência seria a partir dos valores observados dos insumos e produtos e a identificação dos melhores produtores (os mais eficientes). Nesse contexto, realiza-se uma comparação entre os produtores existentes e os produtores mais eficientes.

A eficiência técnica (*ET*) é definida como a habilidade da firma em produzir o máximo produto dado um conjunto de insumos e a tecnologia empregada. A eficiência alocativa (*EA*) mede a capacidade da firma em escolher as proporções ótimas dos insumos, na qual a razão do produto marginal de dois insumos quaisquer é igual à razão de seus respectivos preços de mercado. A eficiência econômica (*EE*) é a medida do desempenho total e é igual à eficiência técnica multiplicada pela eficiência alocativa ( $EE = ET * EA$ ) (ALMEIDA, 2012).

Supõe-se que uma empresa utiliza dois insumos ( $X_1$  e  $X_2$ ) para produzir apenas um produto ( $Q$ ), sob o pressuposto de retornos constantes de escala (Figura 5). A curva  $SS'$ , que representa a Isoquanta de plenas empresas eficientes, poderia permitir a medição da eficiência técnica. Se uma determinada empresa utiliza quantidades de insumos do ponto  $A$  para produzir uma unidade de produto, a ineficiência técnica dessa empresa poderia ser representada como a distância  $AB$ . Ela é o montante pelo qual todos os insumos poderiam ser reduzidos proporcionalmente sem declínio na produção, atingindo assim uma produção tecnicamente eficiente. Esta é normalmente expressa em termos percentuais, pela razão  $BA/OA$ . A eficiência técnica (*ET*) de uma empresa é mais comumente medida pela relação:

$$ET = OB/OA \tag{4}$$



Fonte: Khai (2011)

Figura 5: Eficiência técnica, alocativa e econômica.

O valor de  $ET$  representa o grau de eficiência técnica e varia entre 0 e 1. Se  $ET$  é igual a 1, diz-se que a firma produz com eficiência totalmente técnica, como no ponto  $B$ , que se encontra na curva de Isoquanta eficiente.

Se a relação de preço de entrada, representada pela inclinação da linha isocusto,  $WW'$ , também é conhecida, a eficiência alocativa ( $EA$ ) em  $A$  pode ser calculada por meio da relação:

$$EA = OC/OB \tag{5}$$

Se o produtor está atuando no ponto  $B$ , onde ocorre eficiência técnica, mas alocação ineficiente, e passar a atuar no ponto  $E$ , em que há eficiência técnica e alocativa, haverá uma redução nos custos de produção, representada pela distância entre  $B$  e  $C$ .

A eficiência econômica total ( $EE$ ) é definida como sendo a relação:

$$EE = OC/OA \tag{6}$$

O presente trabalho consistiu no cálculo apenas da eficiência técnica dos produtores de café das regiões do Cerrado e Sul de Minas Gerais devido à ausência de informações precisas sobre preços dos insumos necessários às medidas de eficiência alocativa e econômica.

Funções de produção de fronteira têm sido amplamente utilizadas para o cálculo da eficiência, principalmente na economia agrícola. Há duas abordagens, basicamente, utilizadas na estimação de fronteiras, que serão detalhados na próxima seção.



## 4. METODOLOGIA

Existem duas principais abordagens voltadas à mensuração da eficiência: a paramétrica e a não paramétrica. De acordo com Thiry e Tulkens (1989), a escolha entre esses enfoques depende da especificação ou não da fronteira<sup>5</sup> como uma função com parâmetros constantes. O modelo paramétrico consiste em estimar, antecipadamente à análise, uma forma funcional explícita para a tecnologia e desse modo medir a fronteira e determinar a distribuição das ineficiências. Contudo, é necessário o conhecimento prévio da tecnologia utilizada pelas firmas e a realização de cálculo econométrico. Por outro lado, para o método não paramétrico não é preciso a representação da função de produção.

A principal técnica paramétrica é a análise econométrica, podendo ser estocástica ou determinística. A diferença entre elas está relacionada com a pressuposição de que as distâncias entre as condições observadas e as estipuladas pela forma funcional selecionada correspondem apenas à ineficiência ou ineficiência ajustada ao termo de erro estatístico (THIRY; TULKENS, 1989).

A principal vantagem da utilização do método de estimação de fronteira determinística é a facilidade computacional. Ela também permite que a eficiência seja calculada para cada observação. No entanto, tal procedimento inviabiliza a observação dos erros aleatórios e, com isto, todos os resíduos passam a ser considerados ineficientes para a unidade de decisão. A utilização de um modelo de

---

<sup>5</sup> Uma fronteira de produção pode ser definida como os limites de máxima produtividade que uma firma pode alcançar num processo produtivo utilizando determinada combinação de insumos (REIS et al., 2005).

fronteira estocástica é uma alternativa para minimizar tal limitação. Os modelos de fronteira estocástica permitem evidenciar o *quantum* dos erros aleatórios e erros de eficiência que afetam o nível de produção ótima.

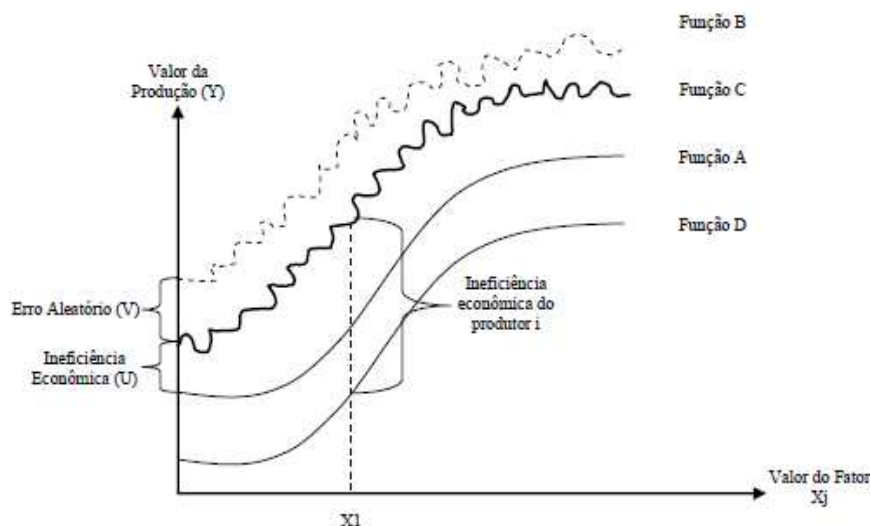
A abordagem não paramétrica tem como principal metodologia a Análise Envoltória dos Dados – DEA (*Data Envelopment Analysis*), cuja principal vantagem é a ausência de uma forma funcional explícita aos dados. Por outro lado, este método pode conter vieses na fronteira estimada se os dados possuírem algum ruído estatístico, como, por exemplo, erro na coleta de dados.

Coelli et al. (2005) salientam que a fronteira estocástica é mais apropriada às aplicações agropecuárias em virtude dos erros aleatórios causados por problemas climáticos e pelas pragas e doenças que incidem sobre o setor de forma significativa e que são incluídos no termo de erro aleatório. Sendo assim, optou-se pela utilização da fronteira estocástica neste trabalho. Dessa forma, na próxima seção será descrita a metodologia para estimação da fronteira estocástica. A segunda seção deste capítulo apresenta a base de dados utilizada.

#### **4.1. Modelo Analítico**

A eficiência econômica de um produtor, na dimensão dos insumos, pode ser obtida a partir da estimativa de uma função de fronteira. De acordo com Lima (2006), a fronteira de produção pode ser definida como a produção máxima possível com determinados fatores, em determinado nível tecnológico. Nesse contexto, a porção do erro adquire grande importância, pois incorpora o que interfere na produção e também o que não é captado pelas variáveis explicativas selecionadas.

O fundamento utilizado para a estimação da fronteira de produção estocástica é o de que o termo de erro, de qualquer função de produção, pode ser dividido em duas partes, conforme pode observado na Figura 6. Uma parte do erro representa a ineficiência econômica do produtor ( $U$ ), a qual possui distribuição unilateral meio-normal. A outra parte seria o erro aleatório propriamente dito, ou seja, os erros de medidas, choques exógenos, dentre outros, e tem distribuição normal ( $V$ ).



Fonte: Lima (2006)

Figura 6: Representação das funções de produção média, dado um produtor hipotético, representado pela função *D*, e da função de produção estocástica, dado pela função *C*.

A partir de uma função de produção estimada, deriva-se a função fronteira de produção (*Função A*, na Figura 6), criada a partir da amostra em questão. A esta *Função A* acrescenta-se o termo de erro composto ( $V+U$ , na Figura 6), o que gera uma *Função B*. Subtraindo-se dessa *Função B* a parte que representa o erro aleatório ( $V$ ), obtém-se a função fronteira de produção (*Função C*, na Figura 6).

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

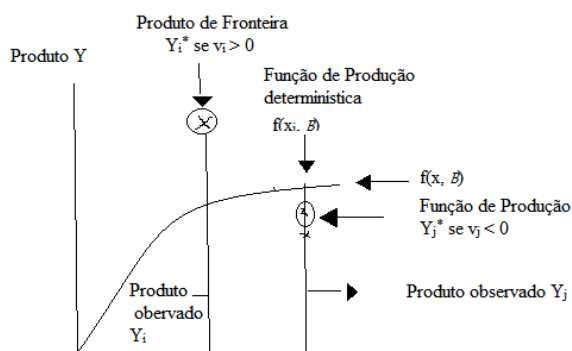
Battese e Coelli (1988) especificaram a função de produção de fronteira estocástica da seguinte forma:

$$Y_i = f(X_{ij}; \beta) e^{\varepsilon_i} \quad (7)$$

em que  $Y_i$  é o produto do produtor  $i$ ;  $X_{ij}$  é o vetor de insumos utilizado pelo produtor;  $\varepsilon_i = v_i - u_i$ ; onde  $v_i$  é o termo de erro aleatório, sendo simétrico ( $-\infty < v < \infty$ ), com distribuição normal [ $v \sim N(0, \sigma_v^2)$ ] e capta os efeitos estocásticos fora do controle do produtor, como erros de medida e fatores climáticos, por exemplo; e  $u_i$  é o termo de

erro unilateral ( $u_i \geq 0$ ) responsável por capturar a ineficiência técnica do *i-ésimo* produtor. Este termo unilateral pode seguir a distribuição meio-normal, normal truncada, exponencial e gama (AIGNER et al., 1977), não havendo *a priori* razões para a opção entre essas distribuições em particular na análise, somente as de conveniência estatística (FORSUND et al., 1980). Porém as distribuições meio-normal e exponencial continuaram a serem as principais distribuições adotadas nos trabalhos e as mensurações da eficiência ainda são sensíveis à distribuição da eficiência. O presente trabalho optou por utilizar a distribuição exponencial. Valores de  $u_i$  próximos a zero indicam produtores próximos à fronteira de produção máxima, dados os insumos. Valores de  $u_i > 0$  indicam ineficiências técnicas e o produtor produz menos devido a essa ineficiência. Pelo modelo, o limite superior da produção possível é a quantidade estocástica  $f(X_i; \beta)e^{(v_i)}$ , em que os termos de erro  $v_i$  e  $u_i$  são independentes entre si.

Suponha que exista dois produtores, *i* e *j*, que produzam as quantidades  $Y_i$  e  $Y_j$ , utilizando insumos representados pelos vetores  $X_i$  e  $X_j$  (Figura 7). O produto de fronteira  $Y_i^*$  excede a função de produção determinística  $f(X_i; \beta)$ , porque as condições de produção foram favoráveis para a do *i-ésimo* produtor, fazendo com que seja positivo o erro aleatório  $v_i$ . Já o *j-ésimo* produtor apresenta produto de fronteira  $Y_j^*$  abaixo do representado pela função de produção determinística, visto que as condições foram desfavoráveis para a sua produção, representadas pelo valor negativo de  $v_j$  (BATTESE, 1992).



Fonte: Vicente (2001)

Figura 7: Função de Produção de Fronteira Estocástica.

Após a estimação da função de produção de fronteira estocástica, Jondrow et al. (1982) introduziu uma abordagem para separar os desvios de fronteira em



componentes aleatórios e de eficiência. Dado um determinado uso de insumos, a estimação de  $u_i$  permitirá obter a medida de eficiência técnica de cada produtor, que é definida como a razão entre o produto observado ( $Y_i$ ) e o correspondente produto de fronteira ( $Y_i^*$ ), onde há ausência de eficiências técnicas. Para o  $i$ -ésimo produtor, a eficiência técnica é dada por:

$$ET_i = Y_i/Y_i^* \quad (8)$$

Inserindo a equação (7) em (8), obtém-se (9).

$$ET_i = \frac{f(X_i;\beta)e^{(v_i-u_i)}}{f(X_i;\beta)e^{v_i}} = e^{(-u_i)} \quad (9)$$

Para Battese e Coelli (1988), essa medida de eficiência técnica é apropriada quando a função é expressa na forma logarítmica. Essa medida encontra-se no intervalo de (0,1), onde 0 consiste em total ineficiência e 1 representa plena eficiência.

Embora esse conceito de eficiência técnica seja o mesmo do modelo de função de produção determinístico, os valores calculados não são os mesmos. Para o produtor  $j$ , por exemplo, é considerada mais eficiente, dadas as condições desfavoráveis que enfrentou no processo produtivo ( $v_j < 0$ ), do que se fosse considerado o valor da fronteira determinística; para o produtor  $i$ , ocorre o oposto (Figura 7). De acordo com Battese (1992), para um determinado conjunto de dados, as estimativas da eficiência técnica serão maiores no caso de fronteira estocástica, uma vez que o limite estabelecido não pode ser ultrapassado no modelo determinístico.

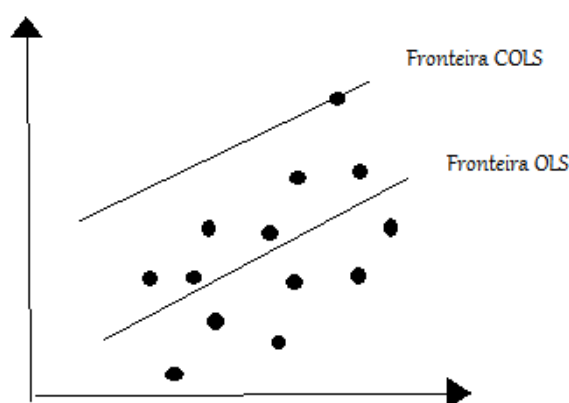
O primeiro passo para a construção da fronteira de produção é a escolha da forma funcional. Existem várias formas funcionais possíveis de utilizar na modelação e caracterização de uma determinada tecnologia uniproduto, sendo que as mais utilizadas são a Cobb-Douglas, CES (*Constant Elasticity of Substitutions*) e Translog (Transcendental Logarítmica). De acordo com Hanley e Spash (1993), a função Cobb-Douglas é preferível a outras formas caso haja três ou mais variáveis independentes no modelo, como é o caso deste estudo, que apresenta oito variáveis independentes relacionadas ao custo de produção. Além disso, conforme Lima

(2012), a função Cobb-Douglas permite identificar a elasticidade de produção de um fator de produção, assim como sua importância no processo produtivo. Dessa forma, o modelo estimado em sua forma logarítmica foi:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln Adm + \beta_2 \ln Adu_{solo} + \beta_3 \ln Adu_{foliar} + \beta_4 \ln Con_{pragas} + \beta_5 \ln Con_{plantas} + \beta_6 \ln Col + \beta_7 \ln Pre_{ver} + \beta_8 \ln Pre_{inv} \quad (10)$$

em que  $Y_i$  é a receita bruta do produtor de café  $i$ ;  $Adm$ ,  $Adu_{solo}$ ,  $Adu_{foliar}$ ,  $Con_{pragas}$ ,  $Con_{plantas}$  e  $Col$  são, respectivamente, gastos com administração, adubação via solo, adubação foliar, controle de pragas e doenças, controle de plantas daninhas e colheita; e  $Pre_{ver}$  e  $Pre_{inv}$  são, respectivamente, precipitações de verão e inverno.

Os modelos de fronteiras estocásticas podem ser estimados por Máxima Verossimilhança ou por Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos (COLS). O procedimento conhecido como Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos consiste em ajustar o intercepto estimado pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários até que os resíduos, exceto um, sejam negativos, a fim de garantir que a fronteira estimada envolva todos os produtores e contemple os produtores mais eficientes (Figura 8).



Fonte: Silva (2009)

Figura 8: Fronteira de produção estimada por Mínimos Quadrados Ordinários (OLS) e Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos (COLS).

Olson et al. (1980) concluíram que o desempenho das duas técnicas era equivalente, tanto em amostras pequenas como em amostras grandes. Através de experimentos de Monte Carlo, Coelli (1995) concluiu que tanto por Mínimos

Quadrados Ordinários Corrigidos quanto por Máxima Verossimilhança, as estimações apresentavam vieses, entretanto, o segundo estimador forneceria melhores estimativas, e os vieses tenderiam a diminuir com o aumento do tamanho da amostra. Sendo assim este trabalho calculou a fronteira de produção estocástica pelo do método de Máxima Verossimilhança.

A estimativa das equações de fronteira de produção e da ineficiência pode ser feita em apenas uma etapa ou em duas etapas. O procedimento de duas etapas consiste primeiramente em especificar e estimar a função de fronteira estocástica de produção e, em seguida, estimar um modelo de regressão onde a variável dependente é a previsão de eficiência técnica da primeira etapa e as variáveis explicativas são um conjunto de fatores exógenos, como apresentado na função (11).

$$TE_i = Y_0 + Y_k Z_{ik} + \varepsilon_i \quad (11)$$

em que  $TE$  é o termo de eficiência obtido a partir de (8), e  $Z$  é a matriz de variáveis explicativas da eficiência.

O método de duas etapas possui algumas críticas em relação às estimativas tendenciosas dos parâmetros, devido à falta de independência dos regressores da segunda etapa, relacionados com os da primeira fase (KUMBHAKAR; LOVELL, 2000). Algumas variáveis exógenas englobariam fatores econômicos, demográficos, gerenciais, ambientais, biológicos e sociais. No entanto, no procedimento de uma única etapa, estima-se a fronteira de produção estocástica e a relação entre a ineficiência e seus determinantes por meio da construção de um sistema de equações, considerando (7) e (11), no qual o termo de eficiência é uma função de variáveis exógenas (KARAGIANNIS; SARRIS, 2002). O procedimento de uma única etapa é atualmente mais aceitável, e foi o adotado neste trabalho<sup>6</sup>. Por fim, ressalta-se que uma desvantagem do modelo de fronteira estocástica era a impossibilidade de estimar o nível de eficiência técnica para cada observação. No entanto, essa dificuldade foi superada por Jondrow et al. (1982), para os casos em que seja assumido que  $U$  apresenta distribuição meio-normal ou exponencial e, posteriormente, generalizado por Battese e Coelli (1988).

---

<sup>66</sup> O software utilizado para estimar a fronteira de produção estocástica, bem como todos os procedimentos estatísticos, foi o Stata 12.0.

No presente estudo foi utilizado o método proposto por Greene (2005a, b), que permite separar a heterogeneidade não observada dos efeitos do componente ligado à eficiência técnica do produtor. Este modelo considera que cada produtor possui um ano “*benchmarck*” dele mesmo, isto é, entre os anos analisados, o desempenho de um ano se sobressai ao do outro(os) ano(s). Para obter um comparativo em relação a todos produtores, calcula-se a média da eficiência técnica para cada produtor.

Os dados para estimar a fronteira estocástica podem estar organizados como *cross-section* ou em painel. Nesse trabalho optou-se por utilizar um painel, uma vez que apresenta várias vantagens. Segundo Ferreira (2010), o uso de dados em painel permite aumentar o número de graus de liberdade para estimação dos parâmetros e a consistência da estimação das ineficiências individuais dos produtores para períodos de tempo suficientemente longos. Ademais, não é necessário fazer hipóteses distribucionais específicas para o termo  $u_i$ , tampouco assumir que a ineficiência é independente dos regressores. Por fim, essa técnica ainda permite a ocorrência de mudança na estrutura técnica de produção, enquanto se analisa a trajetória da eficiência técnica da firma durante o período de tempo.

#### **4.2. Fonte de dados**

No presente estudo foram utilizados duas bases de dados: (i) valores de receitas e custos de produção, em reais, para cafeicultores das regiões do Cerrado e Sul de Minas Gerais; e (ii) valores médios de precipitação, em milímetros (mm).

Os valores monetários de receitas e custos foram fornecidos pelo projeto EDUCAMPO Café, que consiste em uma iniciativa do SEBRAE MG que visa fornecer assistência gerencial e técnica aos produtores rurais, tornando-os mais eficientes e competitivos. Além da receita bruta de cada produtor (variável dependente na estimação da fronteira de produção), os custos de produção (variáveis explicativas) consistiram em gastos com administração da propriedade, adubação via solo, adubação foliar, controle de pragas e doenças, controle de plantas daninhas e colheita. As amostras de produtores do Cerrado e Sul de Minas Gerais consistiram em, respectivamente, 91 e 42 produtores, sendo que em ambas as regiões os produtores estão distribuído em 18 municípios. Para a construção do painel de dados, foram consideradas as safras de 2010/2011 e de 2011/2012. A opção por analisar

duas safras consiste no fato de que o café leva dois anos para completar seu ciclo produtivo e o sucesso de sua produção depende do sincronismo entre suas fases fenológicas e o clima da região de cultivo. Dessa forma, o painel de dados construído contou com 266 observações.

As variáveis relativas aos valores médios históricos de precipitação (mm) foram construídas a partir dos dados do Climate Research Unit – CRU/University of East Anglia (CRU Time Series 2.0). Essas variáveis correspondem aos períodos de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e inverno (junho, julho e agosto) para cada um dos municípios nos quais os produtores selecionados estão localizados. A opção apenas por precipitação foi baseada na constatação de diversos estudos que apontam que, para a maior parte da população em regiões tropicais, o principal problema climático não é a alteração na temperatura, a qual varia muito pouco sazonalmente, mas sim a instabilidade dos padrões de precipitação (ALMEIDA et al., 2008; HOFFMANN, 2011; MENGISTU, 2011; HARTTER et al., 2012). Segundo Hartter et al. (2012), as alterações na quantidade e nos padrões de precipitação irão impactar, por sua vez, a produtividade de áreas agrícolas, o que torna o conhecimento da variabilidade de chuvas essencial para a segurança alimentar, recursos hídricos e manejo do uso da terra. Além disso, as faixas de temperaturas das regiões de estudo ainda estão de acordo com as temperaturas aceitáveis pela produção de café. Ademais, optou-se por considerar apenas a precipitação de verão e inverno, ao invés das quatro estações do ano, pois esta especificação é, segundo Seo e Mendelsohn (2008) e Seo (2011), a mais adequada a análises referentes à América do Sul, já que nessa região as quatro estações não são tão bem definidas como no hemisfério Norte.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nesta seção serão apresentados e discutidos os principais resultados da pesquisa. Primeiramente foi realizada a análise estatística descritiva das variáveis utilizadas na estimação da função representativa da fronteira de produção dos cafeicultores analisados. Optou-se por apresentar esses dados desagregando os valores para as duas regiões em estudo (Cerrado e Sul de Minas) e também para a amostra completa, a fim de verificar as diferenças de composição de custo das propriedades pertencentes a cada uma das duas regiões analisadas. Em seguida, estimou-se a função de fronteira estocástica, considerando duas possibilidades: ausência e presença de variáveis climáticas (Modelos 1 e 2, respectivamente). A estimação dos dois modelos permitiu avaliar o impacto de variáveis ambientais na receita bruta e, conseqüentemente, na eficiência técnica dos produtores. Posteriormente, calculou-se o escore de eficiência técnica média para ambos os modelos. Essa análise foi também desagregada por produtor e região, buscando melhor determinação da influência das variáveis ambientais no cálculo da eficiência técnica.

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise estatística descritiva das variáveis utilizadas na estimação dos modelos.

Tabela 2: Análise descritiva das variáveis utilizadas na fronteira de produção estocástica para os produtores de café de Minas Gerais (Receita e custos em R\$/ha e precipitações em mm)

Variável	Amostra Completa		Cerrado		Sul	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Receita Bruta	14.147,74	5.702,92	14.607,75	6.123,03	13.151,07	4.539,98
Administração	805,36	704,89	720,10	709,15	990,08	662,76
Adubação via solo	2.159,69	837,20	2.410,45	818,66	1.616,36	582,77
Adubação foliar	278,16	154,79	292,32	152,25	247,50	156,70
Controle de pragas e doenças	956,77	447,65	1.121,02	414,97	600,90	277,39
Controle de plantas daninhas	334,40	195,93	309,31	191,15	388,75	196,25
Colheita	2.209,66	1.139,00	1.835,18	821,47	3.021,04	1.302,56
Precipitação de verão	257,95	24,64	255,29	5,10	269,76	17,37
Precipitação de inverno	16,89	22,64	12,08	3,88	21,52	3,54

Fonte: Projeto EDUCAMPO (2013); Climate Research Unit – CRU.

Nos dados da Tabela 2 verifica-se que a receita média da produção dos cafeicultores do Cerrado de Minas é maior. Em relação aos custos de produção, devido às condições edafoclimáticas diferentes, o Cerrado e Sul de Minas possuem padrões diferentes de gastos. Os produtores do Cerrado apresentam maior valor médio para os itens adubação via solo, adubação foliar e controle de pragas e doenças, ao passo que os produtores do Sul possuem maior valor médio para os itens administração, controle de plantas daninhas e colheita.

No caso da região do Cerrado, as características de seus solos, tais como deficiência de nutricional acentuada, maior acidez nas partes mais profundas do solo e baixa capacidade de troca de cátions (MALAVOLTA; KLIEMAN, 1985), pode ser uma justificativa para o maior gasto com adubação via solo. Além disso, conforme Matiello (2001), existe maior incidência de Bicho Mineiro (*Leucoptera coffeella*) na região do Cerrado, a qual consiste numa das principais pragas das lavouras de café. Essa região apresenta condições edafoclimáticas que favorecem a manifestação dessa praga, como temperaturas mais elevadas e maior déficit hídrico, o que também fica comprovado pelos valores médios das variáveis relativas à precipitação. Além disso, as lavouras de café dessa região também apresenta a manifestação de outras doenças, como a ferrugem, antracnose e cercosporiose. Isso pode ser uma possível explicação para maior gasto com controle de pragas e doenças nessa região.

Segundo Vieira (2008), a adubação foliar, a qual consiste no fornecimento de nutrientes para as plantas por meio da pulverização de soluções nutritivas nas plantas, apresenta a vantagem de absorção rápida dos nutrientes. Entretanto, essa técnica apresenta melhores resultados quando são aplicados nutrientes requeridos em menor quantidade pelas plantas, os denominados micronutrientes, fazendo com que seja necessário maior frequência nas aplicações. Os resultados indicam que os produtores do Cerrado estão investindo mais nessa técnica. É importante ressaltar que a adubação foliar, cujo custo de aplicação é elevado, de macronutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), no cafeeiro não substitui a adubação no solo, devendo ser usada em ocasiões excepcionais para correção e auxílio. As mais frequentes deficiências de micronutrientes em café são zinco (Zn), boro (B), cobre (Cu) e manganês (Mn).



Já na região Sul, os cafeicultores possuem maiores gastos médios com administração, controle de plantas daninhas e colheita. Com relação aos gastos com controle de plantas daninhas, acredita-se que as características edafoclimáticas e dos sistemas de produção podem estar influenciando positivamente a maior infestação de plantas daninhas nas lavouras de café do Sul de Minas, como por exemplo, a tiririca (*Cyperus rotundus*). De acordo com Santos et al. (2008), a infestação de plantas daninhas é influenciada pelas condições climáticas, propriedades do solo, tipo de exploração e sistema de manejo, os quais contribuem positivamente ou negativamente para a presença de determinada espécie num dado local ou região. O menor grau de mecanização dos sistemas produtivos dessa região gera dificuldades no manejo das plantas daninhas. Com isso, há maior competição das plantas daninhas com a lavoura e, conseqüentemente, os custos para o controle dessas plantas serão maiores.

Por fim, devido à topografia acentuada da região, a colheita de café é feita no Sul de Minas, em sua maior parte, manualmente, o que aumenta os gastos com mão de obra nessa fase. Por exemplo, dependendo do sistema escolhido, a colheita é feita na forma de derrixa no pano ou no chão, podendo também ser feita a dedo.

Conforme esperado, os valores médios tanto da precipitação média de verão, quanto da precipitação média de inverno, são menores para o Cerrado. Essa região é marcada por temperaturas mais elevadas e deficiência hídrica, o que explica o fato de muitos agricultores utilizarem irrigação em seus sistemas produtivos.

Feitas essas considerações, a Tabela 3 apresenta os resultados para as fronteiras estocásticas estimadas para o Modelo 1, que desconsidera a influência das variáveis climáticas, e o Modelo 2, que as incorpora. Como é de praxe na literatura, as variáveis foram transformadas em logaritmos naturais. Dessa forma, os coeficientes estimados podem ser interpretados como elasticidades. Todos os coeficientes foram estatisticamente significativos a 1% de probabilidade, e apresentaram sinais esperados (exceto o coeficiente relativo ao gasto com plantas daninhas). De maneira geral, pelo teste da razão de Máxima Verossimilhança ( $LR = 118,28$  para o Modelo 1 e  $LR = 98,08$  para o Modelo 2), rejeita-se a hipótese de que todos os coeficientes são conjuntamente iguais a zero.

Pela estatística individual da variância do termo de ineficiência (*sigma u*), pode-se inferir que a disparidade na forma de gerenciar a propriedade rural é importante para explicar a receita dos produtores para ambos os modelos. Em outras

palavras, o componente relacionado à eficiência técnica é estatisticamente significativo na fronteira de produção dos empresários rurais e, sob essa condição, é pertinente estimar o modelo de fronteira estocástica. O valor de *lambda* retrata a divisão entre a variância da ineficiência e a variância do erro aleatório. Nos modelos estimados, esse valor foi relativamente alto, sendo igual a 295.607,4 e 9.257.463, para os Modelos 1 e 2, respectivamente

Tabela 3 – Coeficientes obtidos para as fronteiras de produção estocásticas para os Modelos 1 e 2

Variável	Modelo 1		Modelo 2	
	Coeficiente	Erro padrão	Coeficiente	Erro padrão
Administração	0,29669	0,00514***	0,16466	0,00001***
Adubação via solo	0,10932	0,00786***	0,09919	0,00001***
Adubação foliar	0,14437	0,00201***	0,11637	0,00001***
Controle de pragas e doenças	0,11138	0,00628***	0,42455	0,00001***
Controle de plantas daninhas	-0,17999	0,00530***	-0,05480	0,00003***
Colheita	0,56723	0,00470***	0,47781	0,00001***
Precipitação de verão	-	-	-0,10089	0,00001***
Precipitação de inverno	-	-	0,06879	0,00002***
<i>Sigma u</i>	0,23564	0,01444***	0,25443	0,01560***
<i>Sigma v</i>	0,0000		0,0000	
<i>Lambda</i>	295.607,4		9.257.463	

Nota: (\*\*\*) indica significância a 1%.

Fonte: Resultados de pesquisa.

A análise do sinal dos coeficientes estimados indica que todas as variáveis representativas de gastos com insumos, exceto os custos referentes ao controle de plantas daninhas, apresentaram relacionamento direto com a receita bruta. Dessa forma, pode-se afirmar que aumentos na quantidade utilizada provocam elevação na receita bruta dos agricultores. O efeito negativo apresentado pela variável indicativa dos gastos com controle de plantas daninhas possivelmente está evidenciando que o cafeicultor, no intuito de melhorar a produtividade do grão, está aplicando em excesso um gasto com alternativas, como herbicidas, para o controle de plantas daninhas. Uma possível alternativa para resolver este problema, seria reduzir a quantidade utilizada deste insumo para aumentar a produtividade. Resultado semelhante a este foi encontrado por Pereira (2011), em que o gasto com alimentação apresentou efeito negativo sobre a quantidade anual de leite produzido e conseqüentemente, sobre o nível de eficiência, evidenciando que o agricultor familiar, buscando aumentar sua produtividade, estava gastando em excesso com trato das pastagens, ração concentrada, farelos, grão e suplementos naturais.

Os gastos referentes à colheita apresentaram o maior impacto na receita bruta para ambos os modelos. Aumentos de 10% nesse tipo de gasto estão associados a acréscimos de aproximadamente 5,67% e 4,78% na receita bruta nos Modelos 1 e 2, respectivamente. Ressalta-se que parcela considerável dos produtores do Cerrado mineiro investe em colheita mecanizada e essa prática, conforme Ortega e Jesus (2011), tem elevado a produtividade e a eficiência, o que certamente se reflete em aumentos no valor da produção. Ademais, Oliveira et al. (2007) afirmam que, a despeito das dificuldades do relevo, o crescimento da colheita mecanizada de café no sul de Minas Gerais tem aumentado a qualidade do produto e gerado redução de perdas, elevando os lucros dos cafeicultores.

Outros gastos que também tiveram impacto relativamente alto sobre a receita bruta para o Modelo 1 foram os relacionados à administração e ao controle de plantas daninhas, enquanto que para o Modelo 2 foram os gastos referentes ao controle de pragas e doenças e administração.

Segundo Demoner et al. (2003), os problemas que mais afetam a produtividade do café após a sua implantação correta são: a nutrição deficiente das plantas, aplicação incorreta ou inadequada do controle fitossanitário, especialmente das pragas e doenças que causam o seu desfolhamento. Entre os gargalos que mais afetam a qualidade do café estão as práticas de colheita e de pós-colheita feitas

inadequadamente. A não resolução desses problemas reduzem as receitas e aumentam os custos unitários da atividade, conseqüentemente reduzindo o lucro. A região do Cerrado apresenta alta incidência de Bicho Mineiro, logo investimentos em controle de pragas e doenças podem melhorar a produtividade de suas lavouras de café, obtendo maior impacto na receita. No entanto, como mencionado anteriormente, os resultados indicam que os produtores podem estar gastando em excesso com controle de plantas daninhas, o que pode não estar gerando o impacto desejado sobre a produtividade. Dessa forma, pode estar havendo redução da receita ao invés de aumento.

Em relação às variáveis climáticas utilizadas no Modelo 2, a precipitação de verão apresentou impacto negativo na receita bruta, ao passo que o aumento da precipitação de inverno gerou elevação na receita dos cafeicultores. O valor dos coeficientes indica que, ao aumentar a precipitação de verão em 10%, a receita bruta diminui 1,01%; já uma elevação de 10% na precipitação de inverno ocasiona aumento de 0,69% na receita bruta. Para melhor compreender as implicações dessas elasticidades, é importante ressaltar que a fisiologia da produção do cafeeiro é extremamente dependente das condições climáticas, principalmente no que se refere ao fator precipitação. O impacto da precipitação sobre o cafezal irá depender de sua intensidade e distribuição ao longo do período de cultivo. Além disso, o tempo ao qual as lavouras estiveram expostas a qualquer nível de estresse hídrico também influencia os efeitos que a precipitação pode gerar no cafeeiro.

Segundo Clifford (1985), fatores climáticos exercem efeito acentuado sobre a uniformidade de maturação e secagem do café. Na avaliação dos especialistas, o setor cafeeiro mundial apresenta grandes desafios decorrentes das alterações do clima global, entre os quais a queda da qualidade que resulta do amadurecimento prematuro dos grãos; o declínio da produtividade devido aos efeitos da elevação das temperaturas sobre o metabolismo do cafeeiro; a propagação de determinadas pragas e doenças à medida que as temperaturas sobem; padrões irregulares de precipitação pluvial; e redução de áreas adequadas ao cultivo de café de qualidade, tornando a produção global mais propensa a grandes flutuações; e elevação dos custos de produção.

Diversos estudos relatam no período de crescimento vegetativo (que vai de outubro a maio do primeiro ano fenológico) e frutificação (janeiro a março do segundo ano fenológico), o cafeeiro necessita de maior disponibilidade de água, e na

fase de colheita e repouso, de junho a setembro, a necessidade de água é menor, permitindo a ocorrência de pequena deficiência hídrica sem grandes prejuízos para o cafeeiro. Além disso, os períodos de seca podem ser importantes para o crescimento das raízes, maturação dos ramos formados na estação chuvosa anterior e, principalmente, para a diferenciação floral e maturação dos frutos. No caso do café, mais importante que a precipitação total durante o ano é a distribuição dessa precipitação ao longo das diversas etapas de desenvolvimento da planta (CAMARGO; CAMARGO, 2001; CAMARGO; FRANCO, 1985; MATIELLO, 1991).

Destaca-se que, principalmente em janeiro e fevereiro, se há excesso de chuva, a ocorrência de baixas temperaturas, seguidas de altas temperaturas (choques térmicos), causam distúrbios fisiológicos na planta, induzindo florescimento tardio. Nesse caso, a maturação dos frutos se antecipa e pode ocorrer uma estação muito quente e chuvosa (PEREIRA et al., 2008), repercutindo na qualidade do produto (CAMARGO, 1985). Esse efeito provavelmente levará à produção de frutos de pior qualidade, pois podem não atingir seu ponto ideal de maturação. Nesse caso, a receita bruta será reduzida. Isto pode explicar, em parte, o porque da variável relativa à precipitação de verão estar indicando efeito negativo sobre a receita dos cafeicultores e, conseqüentemente, menor eficiência técnica.

A ocorrência de maior precipitação no mês de julho, que normalmente é de estiagem, pode antecipar a florada do café, o que pode explicar o fato de a variável relativa à precipitação de inverno estar aumentando a receita dos cafeicultores e, conseqüentemente, aumentando a eficiência. O aumento das chuvas no final do inverno e início da primavera, quando o cafeeiro está na sua terceira fase fenológica (florada, chumbinho e expansão dos frutos), representa uma considerável melhoria nas condições para o desenvolvimento da lavoura. Isso porque incrementos na precipitação levam ao aumento da umidade do solo e, conseqüentemente, ao aumento das taxas de “pegamento” (frutificação final) da florada, o que refletirá o sucesso da safra do próximo ano. Além disso, a indução floral e a abertura dos botões florais (antese) são influenciadas por elevados níveis de chuva. Por outro lado, padrões irregulares de precipitação nessa época influenciam negativamente a próxima safra, devido ao retardo da indução floral ocasionado por baixos volumes de chuva. Dessa forma, diz-se que o cafezal está em fase de dormência, o que pode levar à

diminuições de produtividade consideráveis (CAMARGO; FRANCO, 1985; RENA; MAESTRI, 1985).

Após a análise dos sinais das variáveis dos modelos, verificou-se os retornos de escala dos produtores. Tanto no Modelo 1 quanto no Modelo 2, os retornos de escala foram crescentes. Dessa forma, quando os gastos com insumos aumentam em 1%, a receita bruta aumenta em 1,04% e 1,20% para os Modelos 1 e 2, respectivamente. Em outras palavras, conforme Barros et al. (2012), pode-se afirmar que, com o mesmo nível gastos com insumo, os produtores poderiam se tornar mais eficientes apenas aproveitando melhor o espaço disponível para realizar a atividade produtiva.

A partir dos resultados do modelo de fronteira estocástica, a previsão da eficiência técnica é apresentada na Tabela 4, para os Modelos 1 e 2. Esses valores correspondem à razão do valor observado da produção ( $Y_i$ ) e a receita bruta ( $Y_i^*$ ), obtida para cada produtor pesquisado, conforme expressão (8).

Tabela 4 – Estatísticas descritivas da eficiência técnica dos produtores de café para os Modelo 1 e 2

	Modelo 1			Modelo 2		
	Amostra completa	Cerrado	Sul	Amostra completa	Cerrado	Sul
Média	0,8376	0,8205	0,8761	0,8269	0,8163	0,8507
Máximo	0,9999	0,9999	0,9998	0,9971	0,9955	0,9971
Mínimo	0,5295	0,5295	0,6712	0,5254	0,5254	0,6159

Fonte: Resultados de pesquisa.

Com base na Tabela 4, pode-se afirmar que, em média, a eficiência técnica dos cafeicultores nos Modelos 1 e 2 são, respectivamente, 83,76% e 82,69%. Verifica-se que a menor eficiência técnica observada no Modelo 1 foi de 52,95%, ao passo que a maior foi de 99,99%. Já para o Modelo 2, observa-se que 52,54% foi a menor eficiência técnica, enquanto que a maior foi 99,71%. Nota-se que nenhum produtor é totalmente eficiente tecnicamente. Logo, para todos os produtores da amostra, há margem para redução nos gastos com insumos sem, no entanto, comprometer o nível de produção. Os níveis de eficiência obtidos nesta pesquisa, embora baseados em técnicas de estimação e variáveis distintas, foram semelhantes aos observados em outros trabalhos presentes na literatura. Reis et al. (2005), utilizando um modelo de fronteira de produção (fronteira *homotética-raio*, estimada

por Mínimos Quadrados Ordinários), analisaram a eficiência técnica dos produtores de café do Sul de Minas Gerais (safra 1998/99), e obtiveram um valor médio de 80%. O trabalho de Lima et al. (2012), que considerou produtores de café de todo o estado de Minas Gerais e utilizou os método de fronteira estocástica, apresentou valores de eficiência de 79% para a safra 2008/09

Ademais, o valor da eficiência dos produtores de café analisados no presente estudo estão em conformidade com o padrão de eficiência da agricultura de Minas Gerais. Souza et al. (2010), utilizando dados dos censos agropecuários de 1995/96 e 2006, por meio de um modelo de fronteira estocástica, avaliou a eficiência técnica da produção agrícola dos 26 estados e do Distrito Federal do Brasil. A eficiência técnica média da produção agrícola de Minas Gerais, considerando dados dos dois censos, foi de 82%.

Os resultados da Tabela 4 permitem afirmar que a hipótese de que há diferença significativa entre os valores médios da eficiência técnica para os modelos com e sem inclusão de variáveis climáticas deve ser rejeitada. A literatura internacional (GORTON; DAVIDOVA, 2004) enfatiza a necessidade de incluir variáveis ambientais devido à dependência da produção agrícola em relação a condições climáticas e assim, evitar o viés de variáveis omitidas e possível superestimação da eficiência. No entanto, para a amostra de produtores considerados nesta pesquisa, essa questão não parece ter influência significativa na estimação da eficiência. Uma possível explicação para este resultado é que, conforme dados do Climate Change Knowledge Portal (WORD BANK, 2013), ambas as regiões analisadas, atualmente, apresentam padrões históricos de temperatura/precipitação condizentes com os tolerados pela produção de café.

Desagregando-se os valores para cada uma das regiões mineiras que compõem a amostra de produtores analisados, verifica-se que, embora o Modelo 2 apresente menores valores para a região Sul, em geral a diferença na eficiência é muito pequena. Tratando especificamente dos produtores do Cerrado, o uso de irrigação poderia explicar essa proximidade de valores médios, pois este instrumento configura-se como medida adaptativa aos efeitos climáticos adversos. A irrigação pode contribuir significativamente para o incremento da produtividade, principalmente em regiões nas quais a variabilidade climática é caracterizada por baixa precipitação (COELHO et al., 2006). Ressalta-se ainda que o estudo de Cunha et al. (2013) demonstrou que os valores de receita líquida de irrigantes podem se



manter relativamente estáveis até mesmo em cenários futuros de mudanças climáticas.

Por fim, é importante ressaltar que, embora os resultados gerais levem à rejeição da hipótese norteadora deste estudo, a análise detalhada da distribuição de frequência dos valores de eficiência técnica dos produtores por modelo, sinaliza para uma rejeição parcial (Tabela 5).

Tabela 5 – Distribuição de frequência das medidas de eficiência técnica dos produtores para os Modelos 1 e 2

Classes de eficiência	Modelo 1			Modelo 2		
	Freq.	%	% acumulada	Freq.	%	% acumulada
0 ÷ 0,5	0	0,00	0	0	0,00	0,00
0,5 ÷ 0,7	18	13,53	14	20	15,04	15,04
0,7 ÷ 0,9	67	50,38	64	70	52,63	67,67
0,9 ÷ 1	48	36,09	100	43	32,33	100
=1	0	0,00	100	0	0,00	100
Total	133	100		133	100	

Fonte: Resultados de pesquisa.

Pode-se notar, pela Tabela 5, que a inclusão das variáveis de precipitação diminuiu o número de produtores nas classes mais altas de eficiência técnica (90% a 100%). No Modelo 1 esse número era de 48 cafeicultores, ao passo que no Modelo 2 esse número cai para 43. Verifica-se que, desses cinco produtores, dois caíram para a classe de eficiência compreendida entre 50% e 70% e três para a classe de 70% a 90%. Considerando as regiões separadamente, o número de produtores na classe mais alta de eficiência (90% a 100%) caiu de 27 para 24 no Cerrado e de 21 para 19 no Sul de Minas Gerais.

Por fim, a Tabela 5 também indica que há predomínio de produtores com ineficiência técnica, ou seja, escores de eficiência inferior a 0,9 (64% no Modelo 1 e 67,7% no Modelo 2). Esse resultado é condizente com o estudo de Santos et al. (2009), que também estudam produtores do Cerrado e do Sul de Minas Gerais, para os anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06. Segundo os autores, para a maior parte dos cafeicultores há margem para redução dos insumos sem, no entanto, comprometer o nível de produção. Santos et al. (2009) afirmam ainda que, a explicação para esse resultado pode estar associada às limitações financeiras e, ou educacionais dos

produtores. Tais fatores poderiam estar impedindo a completa assimilação da assistência técnica oferecida pelo projeto Educampo, que assiste a todos os produtores considerados nesta pesquisa.

De modo geral, pode-se concluir que ao analisar a eficiência média dos produtores observa-se um impacto muito pequeno da adição das variáveis climáticas para a determinação da eficiência técnica. No entanto, ao analisar a eficiência de cada um dos produtores e também considerando separadamente as regiões estudadas, é possível identificar que há alguma influência de variáveis ambientais para a determinação da eficiência técnica, ainda que relativamente modesta.

A fim de conhecer melhor o perfil dos produtores que apresentam menor e maior eficiência técnica, foi realizada uma análise descritiva referente aos custos de produção e receitas para os menos eficientes (eficiência maior ou igual a 0,5 e menor do que 0,7) e para os mais eficientes (eficiência maior ou igual a 0,9). Foram 18 produtores que ficaram no grupo de menos eficientes enquanto que 48 produtores alcançaram a faixa de maior eficiência(Tabela 6).

Tabela 6: Análise descritiva referente aos custos e receitas para os menos e mais produtores eficientes (por hectare)

Variável	Menos eficientes (0,5 † 0,7)		Mais eficientes (0,9 † 1)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Receita Bruta	16.254,46	3.223,45	13.235,05	2.774,67
Administração	994,03	496,44	961,74	618,14
Adubação foliar	2.527,55	586,68	1.669,13	436,48
Adubação foliar	301,63	158,78	247,68	123,95
Controle de pragas e doenças	1151,40	291,27	682,48	352,90
Controle de plantas daninhas	410,62	142,24	384,41	162,05
Colheita	1865,65	446,86	2835,37	1054,38
Custo total	23.505,34	-	20.015,87	-
Precipitação de verão	260,39	11,50	260,14	13,55
Precipitação de inverno	14,62	4,81	15,97	6,16

Fonte: Resultados de pesquisa.

Pela análise da Tabela 6, percebe-se que os produtores que obtiveram menor eficiência técnica apresentam maior receita média por hectare, no entanto, também apresentam maior custo total médio por hectare. Por outro lado, os produtores mais eficientes tecnicamente apresentam menor receita e custo de produção. Pode-se concluir que um maior nível de receita não significa necessariamente maior eficiência.

A precipitação média de verão é praticamente a mesma para ambos os grupos de produtores. No entanto, o valor médio da precipitação de inverno é maior para o grupo de produtores mais eficientes, o que corrobora o resultado encontrado de que o aumento da precipitação de inverno impacta positivamente a eficiência do produtor.

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal a análise do impacto de variáveis climáticas sobre a eficiência técnica dos produtores de café de Minas Gerais. Especificamente, foram consideradas as médias históricas de precipitação relativas às estações verão e inverno. A amostra de produtores englobou cafeicultores localizados nas regiões do Cerrado e do Sul de Minas Gerais. Essas regiões se destacam por apresentarem características distintas em relação ao sistema produtivo e ao clima, além de serem duas importantes regiões produtoras de café do estado. Adicionalmente foi analisado o valor da eficiência técnica dos cafeicultores da amostra, além das diferenças de composição de seus custos de produção.

Ao fazer uma análise geral, foi possível rejeitar a hipótese de que a não consideração de variáveis ambientais superestima o valor da eficiência técnica. Os valores médios dos modelos estimados (com e sem a inclusão de variáveis climáticas) foram muito próximos, indicando que, pelo menos no período atual, para a amostra selecionada, o padrão histórico de precipitação não tem induzido diferenças significativas na eficiência técnica. Todavia, ao analisar os produtores individualmente, observou-se um impacto, ainda que modesto, das variáveis ambientais sobre o cálculo da eficiência. O número de produtores nas classes mais altas de eficiência diminuiu quando foi considerado o impacto da precipitação. Ressalta-se que este resultado é referente ao cenário climático atual. Em decorrência das mudanças climáticas que estão ocorrendo, estes resultados podem sofrer grandes alterações.

Observou-se que as regiões do Cerrado e Sul de Minas apresentam níveis de eficiência técnica semelhantes, porém a eficiência técnica dos produtores do Sul se sobressai à do Cerrado.

Os gastos mais impactantes na receita bruta para os cafeicultores em ambos modelos analisados foram com colheita. Aumentos de 10% nesse tipo de gasto estão associados a acréscimos de aproximadamente 5,67% e 4,78% na receita bruta nos modelos sem e com a inclusão de variáveis climáticas, respectivamente. Ortega e Jesus (2011) salientam que parcela considerável dos produtores do Cerrado mineiro investe em colheita mecanizada e essa prática tem aumentado a produtividade e a eficiência, o que certamente se reflete em aumentos na receita bruta.

Outros gastos que também tiveram impacto relativamente alto sobre a receita bruta para o modelo sem a inclusão de variáveis climáticas foram aqueles relacionados à administração da propriedade e ao controle de plantas daninhas. No caso do modelo com a inclusão de variáveis climáticas, os gastos referentes ao controle de pragas e doenças e administração tiveram maior impacto.

As variáveis relativas à precipitação de inverno e verão apresentaram, respectivamente, relações direta e indireta com a receita bruta. O aumento de 10% na precipitação de verão causa uma redução de 1,01% na receita; já uma elevação de 10% na precipitação de inverno causa um aumento de 0,69% na receita. Pode-se afirmar que variações positivas na precipitação no período de inverno, ao possibilitar o aumento da umidade do solo e melhorar as taxas de “pegamento” (frutificação final) da florada, leva a melhorias na safra do ano seguinte. Não houve nenhum produtor sem nenhuma margem de ineficiência, indicando que é possível a redução da quantidade utilizada de insumo sem interferir no nível de produção.

O estudo dos sistemas de produção e nível de eficiência técnica para cada região pode ajudar na formulação de políticas públicas de forma a atender as necessidades específicas dos produtores de distintas regiões. As regiões Sul e Cerrado de Minas Gerais apresentam características endofoclimáticas distintas e composição de custo de produção diferente. Logo, os produtores podem necessitar de diferentes políticas de incentivos governamentais.

Sugere-se que sejam realizados outros estudos que busquem identificar o efeito de variáveis ambientais sobre a eficiência dos produtores para regiões específicas, principalmente para aquelas de clima mais quente. Diversos estudos têm indicado que as alterações climáticas esperadas para o futuro ocasionarão mudanças

nas áreas consideradas aptas para o plantio no país, impactando positivamente ou negativamente nas diferentes culturas produzidas. Uma importante limitação referente a estudo desta natureza consiste em obter dados, principalmente dados atuais relacionados ao clima.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of econometrics**, Lausanne, v. 6, n. 1, p. 21-37, jul. 1977.

ALBUQUERQUE, T. C. S. de; ALBUQUERQUE, J. A. S. de. **Comportamento de dez cultivares de videira na região do submédio São Francisco**. Petrolina, PE: Embrapa, 1982. 20 p. (Documento, 12).

ALEGRE, C. Climates et cafeiers d'Arabia. **Agronomie Tropicale**, v. 14, p. 23-58, 1959.

ALMEIDA, R. N. A. **Fronteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006**. 2012. 224 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, 2012.

ALMEIDA, M. F.; SILVA, U. F.; AUGUSTO, S. G. Percepções de alterações climáticas dos agricultores da região de Parauapebas - PA e Nova Ipixuna - PA. In: VIII Semana de Integração das Ciências Agrárias, 2008, Altamira - PA. **Anais...** Altamira: UFPA, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home>>. Acesso em: 21 maio 2013.

BARROS, E. de S.; XAVIER, L. F.; FONSECA, H. V. de P.; COSTA, E. de F. **Eficiência na produção agrícola do Vale do São Francisco**: estimativa de escores e seus determinantes. Seminário de Economia Mineira. 2012. Disponível em: <<http://web.cedeplar.ufmg.br/cedeplar/seminarios/ecn/ecn-mineira/2012/arquivos/EFICI%C3%8ANCIA%20NA%20PRODU%C3%87%C3%83O%20AGR%C3%8DCOLA%20DO%20VALE%20DO%20S%C3%83O%20FRANCISCO.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2013.

BATTESE, G.E. Frontier production functions and technical efficiency: a survey of empirical applications in agricultural economics. **Agricultural Economics**, v. 17, p. 185-208, out. 1992.

BATESE, G.E.; COELLI, T.J. Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data. **Journal of Econometrics**, v. 38, n. 3, p. 387-399, jul. 1988.

BAUER, F. C.; VARGAS Jr., F. M. de. **Produção e gestão agroindustrial**. Campo Grande, MS: UNIDERP, 2008.



BOYER, J. S. Plant productivity and environment. **Science**, v. 218, p. 443-448, 1982.

BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION – BSCA. Disponível em: <<http://bsca.com.br/index.php>>. Acesso em: 05 dez. 2013.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CAMARGO, A.P.; FRANCO, C.F. Clima e fenologia do cafeeiro. In: **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. 5. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, Ministério da Indústria e Comércio, p. 19-50,1985.

CAMARGO, A. P. Florescimento e frutificação do café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p. 831-839, 1985.

CAMARGO, A. P.; PEDRO JÚNIOR, M. L.; BRUNINI, O.; ALFONI, R. R.; ORTOLANI, A. A.; PINTO, H. S. Aptidão ecológica para a cultura do café. In: CHIARINI, J. V. (Ed). **Zoneamento agrícola do estado de São Paulo**. Campinas: Secretaria da Agricultura, v. 2, p. 31-39, 1977.

CARVALHO, J. C. T. de; BITENCOURT, M. B. A competitividade da cadeia produtiva do café em Minas Gerais: uma análise de qualidade. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/384.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2013.

CASTILLO, R. Região competitiva e logística: expressões geográficas da produção e da circulação no período atual. In: **VI SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL**, 2008, Santa Cruz do Sul: Unisc, v. 1.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA DO CAFÉ – CIC. Disponível em: <<http://www.markcafe.com.br/economia-cafeeira/organizacoes-governamentais/673-cic-%E2%80%93-centro-de-inteligencia-do-cafe>> Acesso em: 12 dez. 2012.

CLIFFORD, M. N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M. N.; WILSON, K. C. **Coffee Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage**. Beckenham (Kent): Croom helm, 1985, cap. 13, p. 305-374.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Ney York: Springer, 2005. 331 p.

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL - CECAFE. Disponível em: <<http://www.cecafe.com.br/>>. Acesso em: 21 maio 2013.

COOPERATIVA DOS CAFEICULTORES DO CERRADO – EXPOCACER. Disponível em: <<http://www.expocaccer.com.br/expo/#home>>. Acesso em: 12 jul. 2013.

CUNHA, D. A. **Efeitos das Mudanças climáticas globais na agricultura brasileira: análise da irrigação como estratégia adaptativa**. 2011. 147 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. (Ed). **O estado da arte e tecnologia na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002, p. 93-135.

DEMONER, C. A. et al. **Estudo técnico-econômico da cultura do café**. Curitiba: EMATER-PR, 2003. Disponível em: < [http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Biblioteca\\_Virtual/Premio\\_Extensao\\_Rural/1\\_Premio\\_ER/ESTUDO\\_TEC\\_ECON\\_CAFE.pdf](http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Biblioteca_Virtual/Premio_Extensao_Rural/1_Premio_ER/ESTUDO_TEC_ECON_CAFE.pdf)>. Acesso em: 23 out. 2013.

DECHÊNES, O.; GREENSTONE, M. The economic impacts of climate change evidence from agricultural output and random fluctuation in weather. **The American Economic Review**. V. 97, n. 1, p. 243-385, 2007.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Piracicaba: Publique, p. 1-20, 1997.

FARREL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.

FERREIRA, D. P. de. **Eficiência da indústria brasileira: uma abordagem da fronteira estocástica de produção em dados em painel com heterogeneidade**. 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

FICHER, A. C. et al. **Climate change and agriculture reconsidered**. Disponível em: < [http://siteresources.worldbank.org/INTPOVERTY/Resources/335642-1208437838380/Schlenker\\_ClimateChange1.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTPOVERTY/Resources/335642-1208437838380/Schlenker_ClimateChange1.pdf)>. Acesso em: 03 jul. 2013.

FILETO, F. **Trajetória histórica do café na região sul de Minas Gerais**. 2000. 133 f. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

FILETTO, F.; ALENCAR, E. Introdução e expansão do café na região sul de Minas Gerais. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 3, n. 1, jan/jun 2001.

FORSUND, F. R.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. A survey of frontier productions functions and of their relationship to efficiency measurement. **Journal of Econometrics**, v. 13, n. 1, p. 5-25, maio 1980.

GARLIPP, A. B. P. **Mecanização e emprego rural**: os casos do café e da cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. 1999. 111 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1999.

GOUVÊA, J. R. F. **Mudanças climáticas e a expectativa de seus impactos na cultura de cana-de-açúcar na região de Piracicaba SP**. 2008. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

GREENE, W. H. Reconsidering heterogeneity in panel data of the stochastic frontier model. **Journal of Econometrics**, v. 126, n. 2, p. 269-303, 2005a.

GREENE, W. H. Fixed and random effects in stochastic frontier models. **Journal of Productivity Analysis**, v. 23, n. 1, p. 7-32, 2005b.

GORTON, M.; DAVIDOVA, S. Farm productivity and efficiency in the CEE applicant countries: a synthesis of results. **Agricultural Economics**, v. 30, p. 1-16, 2004.

HANLEY, N.; SPASH, C. L. Farm management research for small farmer development. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, 1993.

HARTTER, J.; STAMPONE, M. D.; RYAN, S. J.; KIRNER, K.; CHAPMAN, C. A.; GOLDMAN, A. Patterns and Perceptions of Climate Change in a Biodiversity Conservation Hotspot. **Plos One**, v. 7, n. 2, 2012.

HOFFMANN, A. F. **A percepção e o contexto no desenho de estratégias de adaptação à mudança climática no uso agrícola das terras**. 2011. 149p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 15 maio 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Contas Regionais do Brasil. Disponível em: < [ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas\\_Regionais/2010/contasregionais2010.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Regionais/2010/contasregionais2010.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2013.

International Panel on Climate Change – IPCC. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Disponível em: <[http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM\\_Approved27Sep2013.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27Sep2013.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2013.

JONDROW, J.; LOVELL, C. A. K.; MATEROV, I. S.; SCHMIDT, P. On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. **Journal of Econometrics**, v. 19, p. 233-238, ago. 1982.

KARAGIANNIS, G.; SARRIS, A. **Direct subsidies and technical efficiency in Greek agriculture**. Disponível em:

<<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/24868/1/cp02kr61.pdf> >. Acesso em: 20 maio 2013.

KHAI, H. V.; YABE, M. Technical efficiency analysis of rice production in Vietnam. **J. Issass**, v. 17, n. 1, p. 135-146, 2011.

KUMBHAKAR, S. C.; LOVELL, C. A. K. **Stochastic Frontier Analysis**. Cambridge University Press: Cambridge, 2000.

LEITE, C. A. M. **Avaliação da cafeicultura nos últimos anos**. Viçosa: UFV, 2005.

LIMA, A. L. R. **Eficiência produtiva e econômica da atividade leiteira em Minas Gerais**. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

LIMA, A. L. R. **Recursos e desempenho de propriedades cafeeiras do estado de Minas Gerais**. 2012. 1127 f. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

LIMA, A. L. R.; REIS, R. P.; ALVES, R. C. Fronteira de produção e eficiência econômica da cafeicultura mineira. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 268-283, 2012.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no Cerrado**. Piracicaba, Brasil: Potafos, 1985.

MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. **Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades**. São Paulo, Brasil: IBEP Gráfica, 2010.

MATIELLO, J.B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320p. (Coleção do agricultor).

MATIELLO, J. B. Tipos de cafeicultura no Brasil. **Anuário estatístico do café 2000/2001**, Rio de Janeiro: *Coffe Business*, p. 38-41, 2001.

MAZZAFERA, P.; CARVELHO, A. Produção e tolerância à seca de cafeeiros. **Bragantia**, v. 46, n. 2, p. 403-415, 1987.

MEIRELES, E. J. M.; CAMARGO, M. A. P. de; FAHL, J. I.; THOMAZIELLO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; NACIF, A. P.; BARDIN, L. **Fenologia do cafeeiro: condições agrometeorológicas e balance hídrico do ano agrícola 2002-2003**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 43 p. (Embrapa Café, Documentos, 2).

MEIRELES, E. J. M.; CAMARGO, M. B. P. de; PEZZOPANE, J. R. M.; THOMAZIELLO, R. A.; FAHL, J. I.; BARDIN, L.; SANTOS, J. C. F.; JAPIASSÚ, L. B.; GARCIA, A. W. R.; MIGUEL, A. E.; FERREIRA, R. A. **Fenologia do cafeeiro: condições agrometeorológicas e balance hídrico do ano agrícola 2004-2005**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 43 p. (Embrapa Café, Documentos, 5).

MENGISTU, D. K. Farmers' perception and knowledge of climate change and their coping strategies to the related hazards: Case study from Adiha, Central Tigray, Ethiopia. **Agricultural Sciences**, v. 2, n. 2, p. 138-145, 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafes/saiba-mais>>. Acesso em: 03 ago. 2012.

MOACYR, D. **Competitividade da cadeia produtiva do café no sistema cooperativo do Paraná**. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/Ase/compet\\_cadcafe.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/Ase/compet_cadcafe.pdf)>. Acesso em: 28 out. 2013.

MOREIRA, A. C. **História do café no Brasil**, São Paulo: Magma Cultural, 2007.

MOSS, S.R. **Competitividade da produção do café arábica em Minas Gerais e São Paulo**. 2006. 75f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

OLIVEIRA, E.; SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P. Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. **Ciência Rural [online]**, v.37, n. 5, p. 1466-1470, 2007.

OLIVEIRA, G. C. de. **Solos da região dos Cerrados**: reconhecimento na paisagem, potencialidades e limitações para uso agrícola. 2009. 69 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de qualificação profissional à distância) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

OLSON, J.A.; SCHMIDT, P.; WALDMAN, D.M. A Monte Carlo study of estimators of stochastic frontier productions functions. **Journal of Econometrics**, v. 13, n. 1, p. 67-82, maio 1980.

ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M. Território Café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 3, p. 771-800, 2011.

PEREIRA, A.R.; CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. **Agrometeorologia de cafezais no Brasil**. Campinas, Brasil: Instituto Agrônômico, 2008.

PEREIRA, L. A. S. **Análise da eficiência técnica da produção leiteira dos agricultores familiares nos núcleos rurais de Rondonópolis – MT**. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios e Desenvolvimento Regional) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

PEREIRA, V. F. **Efeitos da diferenciação sobre riscos e retornos da produção de café em Minas Gerais**. 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; ZULLO Jr., J.; ÁVILA, A. M. H. de Variabilidade climática. In: HAMADA, E. (Ed.). **Água, agricultura e meio ambiente no estado**

**de São Paulo: avanços e desafios.** Jaquariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. Cap I, 1 CD-ROM.

PIRINGER, A. A.; MAESTRI, M. Photoperiodic responses of coffee. **Turrialba**, v. 5, n. 3, p. 72-75, 1955.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v.11, n.126, p.26-40, 1985.

REIS, R. P.; RICHETTI, A.; LIMA, A. L. R. Eficiência econômica na cultura do café: um estudo no Sul de Minas Gerais. **Organizações Rurais Agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 50-59, 2005.

RUFINO, L. S. **Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café: Antecedentes, Criação e Evolução.** Brasília: Embrapa, 2006. 348p

SAES, M. S. M.; JAYO, M. Cacer: coordenando ações para a valorização do café do Cerrado. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL PENSA DE AGRIBUSINESS, 7., São Paulo. **Anais...** 1997, São Paulo: PENSA-FIA-USP, 1997.

SANTOS, M. L. dos; LÍRIO, V. S.; VIEIRA, W. da C. **Microeconomia Aplicada.** Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2009. 649 p.

SANTOS, J. C. F.; MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S. **Cobertura do solo no controle de plantas daninhas no café.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 54 p. (Documentos 226).

SANTOS, V. F.; VIEIRA, W. da C.; RUFINO, J. L. dos S.; LIMA, J. R. F. de. Análise da eficiência técnica de talhões de café irrigados e não-irrigados em Minas Gerais: 2004-2006. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 17, n. 3, p. 677-698, jul/set. 2009.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICROS E PEQUENAS EMPRESA – SEBRAE. Disponível em: < <http://www.sebrae.com.br/>>. Acesso em 20 maio 2013.

SEO, N. An analysis of public adaptation to climate change using agricultural water schemes in South America. **Ecological Economics**, v. 70, n. 4, p. 825-834, 2011.

SEO, N.; MENDELSON, R. A Ricardian analysis of the impact of climate change on South American farms. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 68, n. 1, p. 69-79, 2008.

SHERLUND, S. M.; BARRETT, C. B.; ADESINA, A. A. Smallholder technical efficiency controlling for environmental production conditions. **Journal of Development Economics**, v. 69, p. 85-101, 2002.

SILVA, P. L. **A produção de algodão em Primavera do Leste e Campo Verde (MT): uma investigação dos determinantes da eficiência técnica.** 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Economia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

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

SOUZA, G. da S.; GOMES, E. G.; GAZZOLA, R.; WANDER, A. E. Eficiência técnica na agricultura brasileira: uma abordagem via fronteira estocástica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 13. 2010, Rio de Janeiro, **Anais...**Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2010.

SOUZA, S. M. C. **O café (*coffea arábica* L.) na região Sul de Minas Gerais – revelação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos.** 1996. 171 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

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

VARIAN, H. R. **Microeconomic analysis.** New York: W. W. Norton & Company, 1992. 548p.

VARIAN, H. R. **Microeconomia:** princípios básicos. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2003. 778p.

VICENTE, J. R. **Pesquisa, adoção de tecnologia e eficiência na produção agrícola.** São Paulo: Série Discussão Apta 2, 2002. 151 p.

VIEIRA, G. J. M. **Efeito da aplicação do fertilizante foliar *yogen* café nos teores de nutrientes foliares do cafeeiro.** 2008. 17 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura) – Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Muzambinho, 2008.

WORLD BANK – CLIMATE CHANGE KNOWLEDGE PORTAL. Disponível em: < <http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm> >. Acesso em: 22 out. 2013.