



MATHEUS MANGIA MARQUES

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ECONÔMICA DA
CAFEICULTURA BRASILEIRA ENTRE 2011 E 2022**

**LAVRAS – MG
2023**

MATHEUS MANGIA MARQUES

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ECONÔMICA DA CAFEICULTURA
BRASILEIRA ENTRE 2011 E 2022**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Administração, linha de pesquisa em Estratégia de Negócios Globais e Finanças Corporativas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Luiz Gonzaga de Castro Junior
Orientador

Prof. Dra. Jaqueline Severino da Costa
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Marques, Matheus Mangia.

Análise de eficiência econômica da cafeicultura brasileira entre
2011 e 2022. / Matheus Mangia Marques. - 2023.

77 p. : il.

Orientador(a): Luiz Gonzaga de Castro Junior.

Coorientador(a): Jaqueline Severino da Costa.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Eficiência econômica. 2. Cafeicultura. 3. Análise envoltória
de dados. I. Junior, Luiz Gonzaga de Castro. II. Costa, Jaqueline
Severino da. III. Título.

MATHEUS MANGIA MARQUES

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ECONÔMICA DA CAFEICULTURA
BRASILEIRA ENTRE 2011 E 2022**

**ECONOMIC EFFICIENCY ANALYSIS OF BRAZILIAN COFFEE
PRODUCTION BETWEEN 2011 AND 2022**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Administração, linha de pesquisa em Estratégia de Negócios Globais e Finanças Corporativas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 19 de abril de 2023.
Prof. Dra. Maria Gabriela Mendonça UnB
Pesq. Dr. Sérgio Parreiras Pereira IAC

Prof. Dr. Luiz Gonzaga de Castro Junior
Orientador

Prof. Dra. Jaqueline Severino da Costa
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar força e perseverança para alcançar meus objetivos.

Agradeço imensamente aos meus familiares, em especial aos meus pais Ely José e Livia e meu irmão Fabrício, por todo o apoio incondicional que me deram durante esse período de estudos do mestrado. Sem eles, não teria sido possível dedicar-me à pesquisa.

Também gostaria de agradecer aos meus amigos e à minha companheira Bruna pela compreensão da minha ausência e afastamento temporários. Seus gestos de carinho e incentivo foram essenciais para me manter motivado durante essa jornada.

Sou grato aos meus orientadores, professores Luiz Gonzaga e Jaqueline, pela orientação cuidadosa e acompanhamento atencioso em cada etapa do projeto. Seus insights e sugestões foram fundamentais para a qualidade do trabalho.

Quero agradecer a Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Programa de Pós-Graduação em Administração da UFLA (PPGA) e ao Centro de Inteligência de Gestão e Mercados (CIM) por terem proporcionado a capacitação e o suporte necessários para o desenvolvimento da minha pesquisa. Agradeço também à Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) pelos dados fornecidos pelo projeto Campo Futuro.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) ou Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

Obrigado a todos que contribuíram direta ou indiretamente para o sucesso deste trabalho.

RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de café e a atividade tem grande relevância econômica no desenvolvimento nacional, contribuindo em larga escala, para a geração de empregos e renda. A cafeicultura nacional é caracterizada por diferentes áreas de cultivo e diferentes tipos de produção, dessa forma, a identificação dos processos mais eficientes e dos fatores determinantes da ineficiência podem tornar a atividade mais sustentável econômica e ambientalmente. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência econômica da cafeicultura nas principais regiões produtoras do Brasil e seus determinantes, apresentando as curvas de eficiência e identificando os períodos cronológicos mais eficientes. Busca-se ainda encontrar as regiões mais eficientes na produção de café frente à utilização dos diferentes pacotes tecnológicos, tais como grau de mecanização e sistema de cultivo. A abordagem metodológica utilizada é a análise envoltória de dados (DEA), e a amostra conta com dados coletados em um painel de propriedades modais entre 2011 e 2022, formando 103 unidades tomadoras de decisão (DMUs). Os resultados foram obtidos por meio de dois modelos, sendo o primeiro executado com a comparação cronológica por município separadamente. No segundo modelo, foram obtidos os resultados por meio da comparação entre todos os modais e todos os anos. Eles foram apresentados por meio de gráficos de curvas de eficiência e tabelas com os alvos e as eficiências atingidas. Concluiu-se que, dentre os modais observados, 2013 foi o ano mais ineficiente e 2020, o mais eficiente. Quanto aos tipos de produção, observou-se que, pelos dados coletados, percentualmente, as unidades produtivas com produção manual foram mais eficientes quando analisadas as quantidades de DMUs eficientes, e, individualmente, a região de Luís Eduardo Magalhães mostrou-se mais eficiente. O estudo ainda contribui propondo estudos futuros com o método para avaliação técnica na alocação de insumos e para a replicação em outras culturas do segmento de frutas.

Palavras-chave: Café, Análise de Eficiência, Análise Envoltória de Dados, DEA, Eficiência Econômica.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of coffee, and the activity has great economic relevance in national development, contributing on a large scale to the generation of jobs and income. The national coffee culture is characterized by different areas of cultivation and different types of production, so the identification of the most efficient processes and the determining factors of inefficiency can make the activity more economically and environmentally sustainable. In this sense, this work aims to evaluate the economic efficiency of coffee cultivation in the main producing regions of Brazil and its determinants, presenting the efficiency curves and identifying the most efficient chronological periods. It is also sought to find the most efficient regions in coffee production in the face of the use of different technological packages, such as degree of mechanization and cultivation system. The methodological approach used is data envelopment analysis (DEA), and the sample has data collected in a panel of modal properties between 2011 and 2022, forming 103 decision-making units (DMUs). The results were obtained through two models, the first of which was performed with chronological comparison by municipality separately. In the second model, the results were obtained by comparing all modes and all years. They were presented through graphs of efficiency curves and tables with the targets and efficiencies achieved. It was concluded that, among the observed modes, 2013 was the most inefficient year and 2020, the most efficient. Regarding the types of production, it was observed that, by the data collected, in terms of percentage, the productive units with manual production were more efficient when the quantities of efficient DMUs were analyzed, and, individually, the region of Luís Eduardo Magalhães was more efficient. The study also contributes by proposing future studies with the method for technical evaluation in the allocation of inputs and for replication in other crops of the fruit segment.

Keywords: Coffee, Efficiency Analysis, Data Envelope Analysis, DEA, Economic Efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de produção.....	13
Figura 2 – Função produção.	15
Figura 3 – Localidade dos painéis de cafeicultura realizados de 2011 a 2022.....	24
Figura 4 – Ilustração da fronteira eficiente.	32
Quadro 1 – Composição das variáveis.	34
Figura 5 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Brejetuba (ES).	37
Figura 6 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Brejetuba (ES).	37
Figura 7 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Brejetuba (ES).	38
Figura 8 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Capelinha (MG).	39
Figura 9 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Capelinha (MG).	39
Figura 10 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Capelinha (MG).	40
Figura 11 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Franca (SP).	41
Figura 12 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Franca (SP).	41
Figura 13 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Franca (SP).	42
Figura 14 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Guaxupé (MG).	43
Figura 15 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Guaxupé (MG).	43
Figura 16 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Guaxupé (MG).	44
Figura 17 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Manhumirim (MG).	45
Figura 18 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Manhumirim (MG).	45
Figura 19 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Manhumirim (MG).	46
Figura 20 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Santa Rita do Sapucaí (MG).	47
Figura 21 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Santa Rita do Sapucaí (MG).	47
Figura 22 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Santa Rita do Sapucaí (MG).	48
Figura 23 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para unidades produtivas de café arábica no Brasil de 2011 a 2022.....	55
Figura 24 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para unidades produtivas de café arábica no Brasil de 2011 a 2022.....	56
Figura 25 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para unidades produtivas de café arábica no Brasil de 2011 a 2022.....	56
Gráfico 1 – Resultados médios obtidos por tamanho.....	62
Gráfico 2 – Resultados médios obtidos por região.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frequência de painéis por municípios.....	24
Tabela 2 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Serviços” atingam os alvos.....	49
Tabela 3 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Insumos” atingam os alvos.....	50
Tabela 4 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Outros Gastos” atingam os alvos.....	51
Tabela 5 – Variação (%) necessária para que os ganhos com “Receita Bruta” atingam os alvos.....	52
Tabela 6 – Índice de Eficiência Relativa das Unidades Produtivas Analisadas.....	53
Tabela 7 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Serviços” atingam os alvos.....	57
Tabela 8 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Insumos” atingam os alvos.....	58
Tabela 9 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Outros Gastos” atingam os alvos.....	59
Tabela 10 – Variação (%) necessária para que os ganhos com “Receita Bruta” atingam os alvos.....	60
Tabela 11 – Índice de Eficiência Relativa de todas as Unidades Produtivas Analisadas.....	61

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1.	Problemas de Pesquisa.....	11
1.2.	Objetivos.....	11
1.3.	Justificativa	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1.	Processo Produtivo	13
2.2.	Revisão de Literatura.....	16
3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	22
3.1.	Tipo de Pesquisa	22
3.2.	Objeto de Estudo	22
3.3.	Coleta de Dados	22
3.3.1.	Caracterizando as unidades produtivas que serão utilizadas	23
3.3.2.	Tratamento dos Dados	25
3.4.	Análise e Interpretação dos Dados.....	26
3.5.	Análise Envoltória dos Dados (DEA)	28
3.5.1.	Modelo CCR	29
3.5.2.	Modelo BCC.....	31
3.6.	Determinação de Modelo e das Variáveis Utilizadas	33
3.7.	Software utilizado para rodar o modelo	34
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1.	Resultados por municípios.....	35
4.1.1.	Curvas de eficiência.....	35
4.1.2.	Alvos	48
4.1.3.	Eficiência	53
4.2.	Resultados obtidos em comparação geral	54
4.2.1.	Curvas de eficiência.....	55
4.2.2.	Alvos	57
4.2.3.	Eficiência	60
4.3.	Discussão	61
5.	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE	74

1. INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas mais antigas, populares e apreciadas em todo o mundo e desempenha um papel importante na cultura do consumidor desde meados do século XVI (SAMOGGIA; RIEDEL, 2018).

O Brasil é o maior produtor e o maior exportador de café do mundo. Nos últimos dez anos, a safra brasileira de café teve um crescimento de 9,7% no volume de produção, passando de 43,5 milhões de sacas em 2011 (CONAB, 2021) para 53,43 milhões de sacas em 2021 (CONAB, 2021). Sendo 31,42 milhões de sacas de café arábica e 16,29 milhões de sacas de café conilon. Ao avaliar a produção do café arábica, apenas, houve uma redução de 2,4% de 2011 a 2021.

Ainda segundo dados da Conab (2021), o parque cafeeiro ocupa cerca de 2,2 milhões de hectares no Brasil, sendo que a área em produção apresentou redução de 12,91% no período enquanto a área em formação teve aumento de 76,6%, o que pode ser explicado pelos preços atingidos pelo café no cenário atual.

De acordo com o relatório mensal de exportações (CECAFÉ, 2022) o Brasil exportou 39,6 milhões de sacas na safra 2021/22, o que representa uma queda de 13,3% em volume, mas alta de 38,7% em valor se comparado a safra 2020/21, resultando em receita recorde de US\$ 8,1 bilhões.

A cadeia produtiva do café é responsável por gerar mais de 8 milhões de empregos no país, criando emprego e renda de forma direta e indireta, além de contribuir para aumentar o acesso à saúde e à educação para os trabalhadores e suas famílias. São cerca de 300 mil produtores, predominando pequenos produtores (MAPA,2018).

Além de sua importância econômica e social, a cafeicultura também é importante sob a perspectiva ambiental, já que é um cultivo com árvores perenes. A preservação da água, dos solos, da fauna e da flora em regiões cafeeiras já se consolidou através da cadeia produtiva, condicionados em grande monta por exigências de consumidores.

A cafeicultura é uma atividade de grande relevância econômica no desenvolvimento brasileiro, e contribui, em larga escala, para a geração de empregos, renda, e fundamental importância para o desenvolvimento regional por sua capacidade de mover a economia em diversos setores, desde o cultivo até o beneficiamento e comercialização de produtos derivados do campo.

A busca por novas práticas capazes de tornar a gestão do agronegócio e especificamente da cafeicultura mais eficiente e sustentável economicamente é tema debatido por especialistas de diferentes elos da cadeia produtiva.

Somando-se a isso, a crise enfrentada nos últimos anos pelo setor faz com que cafeicultores descapitalizados deixem de avaliar de forma racional o efeito de sua baixa produtividade, a adoção de manejos incorretos ou a inexistência de infraestrutura adequada de colheita e processamento.

1.1. Problemas de Pesquisa

Cada região produtora de café apresenta singularidades geográficas e culturais que refletem no nível tecnológico utilizado, o que pode influenciar as variações nas eficiências econômica, alocativa e técnica nas principais regiões produtoras de café no Brasil. Como outras culturas agropecuárias ou atividades econômicas, a cafeicultura busca aumentar seu faturamento, seja pelo volume de produção ou valor agregado, ou pela redução dos custos, visando um produto mais competitivo. Nesse sentido, o uso mais eficiente de recursos é uma ferramenta de gestão pertinente para o campo, uma vez que o preço é formado pelo mercado.

O estudo da eficiência econômica da produção de café é relevante para cafeicultores, investidores e pesquisadores, pois permite identificar quais pacotes tecnológicos são mais eficientes e quais variáveis têm maior impacto no resultado econômico da atividade. No entanto, essa área carece de mais pesquisas atuais com fontes de dados extensas sobre cada região produtora, a fim de permitir a comparação entre elas e melhor compreensão de suas especificidades.

Ademais, a identificação de métodos para mensurar a eficiência das atividades econômicas e a escolha dos mais adequados para cada situação são fundamentais para pesquisadores e gestores. Com base nessas informações, é possível implementar estratégias para melhorar a eficiência da produção de café e aumentar sua rentabilidade. Portanto, este problema de pesquisa tem implicações práticas importantes para o setor cafeicultor e pode contribuir para o desenvolvimento sustentável da produção agrícola.

1.2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a eficiência econômica nas principais regiões produtoras de café arábica no Brasil. Especificamente, este estudo tem como

objetivo estimar as curvas de eficiência de produção e os índices de eficiência de unidades produtivas de café no Brasil, com foco na busca por resultados de eficiência econômica em diferentes regiões, considerando a utilização de diferentes pacotes tecnológicos (tipo de produção).

Além disso, busca-se identificar as regiões mais eficientes, verificar se o tamanho da propriedade tem relação com as eficiências, bem como se a mão de obra utilizada tem influência nos resultados obtidos. Também é um objetivo identificar os períodos de maior eficiência da cafeicultura em nível regional e nacional. Com base nos resultados, serão propostas sugestões para futuras pesquisas na área.

1.3. Justificativa

A cafeicultura é uma atividade de grande relevância econômica no desenvolvimento brasileiro, e contribui, em larga escala, para a geração de empregos, renda, e fundamental importância para o desenvolvimento regional por sua capacidade de mover a economia em diversos setores, desde o cultivo até o beneficiamento e comercialização de produtos derivados do campo.

Devido à globalização, a competitividade cada vez mais acirrada e um elevado nível de exigência por parte dos consumidores, as empresas precisam constantemente monitorar e avaliar a eficiência e desempenho das suas concorrentes, e assim aplicar o *benchmark* (dos Santos Guerreiro, 2006). O trabalho também contribui com aplicação da metodologia sobre uma base de dados extensa e com informações sobre os custos nas principais localidades produtoras do café arábica, é importante destacar que este trabalho possui exclusividade dos dados utilizados na pesquisa, os quais foram coletados por meio de um extenso levantamento de campo.

Além disso, a utilização dos dados possibilitou a aplicação de uma metodologia que permitiu a comparabilidade entre as principais localidades produtoras de café arábica, fornecendo informações detalhadas sobre os custos envolvidos em cada uma delas. Tal abordagem contribui para uma compreensão mais aprofundada dos fatores que impactam a rentabilidade da produção de café, o que pode auxiliar na tomada de decisões estratégicas por parte dos produtores e demais atores envolvidos na cadeia produtiva.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A partir da década de 1950 ampliam-se os estudos inspirados na análise microeconômica e voltados à produção de medidas de eficiência, relacionando as firmas e sua capacidade no uso de insumos na produção, no que se conhece por produtividade total dos fatores (SCHERER e PORSSE, 2017).

Segundo Kumbhakar e Lovell (2000), os primeiros trabalhos que fundamentaram as bases teóricas sobre eficiência da produção surgiram na década de 1950, elaborados por Debreu (1951), Koopmans (1951) e Shephard (1953). Em que Koopmans (1951) definiu que um produtor é tecnicamente eficiente se, e somente se, for impossível produzir mais produto sem produzir menos de outro produto, ou utilizando os mesmos insumos.

A eficiência técnica pode ser entendida como o modo em que uma combinação ótima de insumos é empregada no processo produtivo com o intuito de obter o produto máximo (Coelli et al.; citado por SCHERER e PORSSE, 2017).

Segundo Lima (2012), na literatura recente os trabalhos sobre eficiência têm apresentado avanços e vêm se tornando uma importante ferramenta de análise para pesquisa microeconômica, sendo as duas principais abordagens a paramétrica e não-paramétrica.

2.1. Processo Produtivo

Produção é o processo pelo qual uma firma transforma os fatores de produção adquiridos em produtos ou serviços para a venda no mercado. Assim, a firma é uma intermediária: compra insumos (inputs, fatores de produção), combina-os seguindo um processo de produção escolhido, na Figura 1, e vende produtos (outputs) no mercado (VASCONCELLOS, 2011).

Figura 1 – Processo de produção.



Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Vasconcellos (2011).

Pyndick (2006) diz que durante o processo produtivo as empresas transformam insumos (fatores de produção) em produtos. Existindo três passos que formam o alicerce da teoria da firma, sendo a tecnologia de produção, restrições de custo e escolha de insumos, de maneira que essas escolhas (combinações) podem maximizar a satisfação da firma.

Para Vasconcellos (2011) a escolha do processo de produção depende de sua eficiência. A eficiência pode ser avaliada pelo ponto de vista tecnológico ou pelo ponto de vista econômico. Pode-se dizer que a eficiência técnica (ou tecnológica) é definida entre dois ou mais processos de produção, como aquele processo que permite produzir uma mesma quantidade de produto, utilizando menor quantidade física de fatores de produção. Enquanto a eficiência econômica é aquele processo que permite produzir uma mesma quantidade de produto, com menor custo de produção.

O conceito de eficiência é relativo, e por isso, diz-se que A é mais eficiente relativamente a B (e não que A ou B são eficientes). Esses conceitos também podem ser aplicados para comparação entre firmas assemelhadas, ou ainda entre setores (por exemplo, diferenças de eficiência no setor têxtil entre os vários Estados).

É interessante observar que existe uma diferença entre os conceitos de tecnologia e de métodos de produção. Tecnologia é um inventário dos métodos de produção conhecidos e método ou processo de produção diz respeito a diferentes possibilidades de combinações entre os fatores de produção, para produzir uma dada quantidade de um bem ou serviço. Na análise que se segue, supõe-se que se pode escolher entre processos alternativos de produção, a um dado nível de conhecimento tecnológico.

Um dos conceitos mais relevantes, dentro da Teoria da Produção, é o de função de produção. É a relação técnica entre a quantidade física de fatores de produção e a quantidade física do produto em determinado período:

$$q = f(N, K, M)^2$$

q = quantidade produzida/t

N = mão-de-obra utilizada/t

K = capital físico utilizado/t

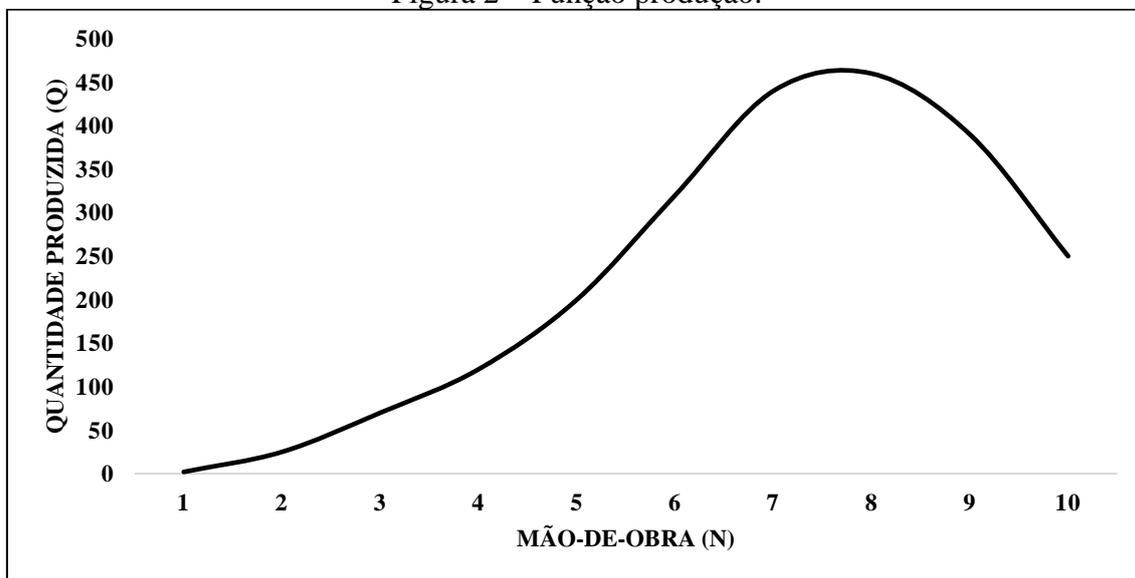
M = matérias-primas utilizadas/t

Sendo / t a unidade de tempo (mês, ano etc.).

Segundo Pindyck (2006) a função de produção representa a máxima produção possível (q) que uma empresa produz para cada combinação específica de insumos, exemplificada pela Figura 2. Contudo, o conceito de função de produção não deve ser

confundido com a função oferta. Esta é um conceito “econômico”, de eficiência econômica, pois relaciona a produção com os preços dos fatores de produção (custos), enquanto a função de produção é um conceito mais “físico” ou “tecnológico”, pois se refere à relação entre quantidades físicas de produto e fatores de produção.

Figura 2 – Função produção.



Fonte: Adaptado de Pindyck (2006).

Para examinar a tecnologia de produção da firma em um cenário ao qual são empregados dois insumos e pode haver variação de ambos, utiliza-se as curvas isoquantas, que significa igual quantidade e pode ser definida como sendo uma linha na qual todos os pontos representam infinitas combinações de fatores, que indicam a mesma quantidade produzida. Ou seja, a isoquanta expressa um menu de processos produtivos igualmente eficientes, determinado pela tecnologia disponível, capazes de produzir a mesma qualidade do bem ou serviço final. A função de produção pode ser representada por uma série de isoquantas associadas a diferentes níveis de produção (PINDYCK, 2006).

Tal como ocorre com o equilíbrio do consumidor, o equilíbrio do produtor ocorrerá no ponto em que a empresa seja capaz de “compatibilizar” o menu de alternativas dado pela tecnologia com o menu dado pelos preços dos fatores de produção; em outras palavras, no ponto no qual a empresa seja eficiente do ponto de vista econômico. Essa maximização do lucro pode ser vista de duas formas, o que se conhece como “dualidade do problema” da firma pela maximização da produção ou pela minimização dos custos.

2.2. Revisão de Literatura

Nesta seção descrevem-se alguns dos principais trabalhos realizados sobre a estimação da função de produção aplicada referente à avaliação e à mensuração de eficiência técnica, alocativa e econômica, a partir da estimação de funções de produção fronteira, em setores agropecuários, abrangendo literaturas nacionais e internacionais. O Apêndice A orienta os estudos quanto as metodologias e áreas de aplicação do estudo.

Lima (2006) utilizou do modelo paramétrico para pesquisar os níveis de eficiência econômica dos produtores de leite em Minas Gerais, admitindo uma função fronteira de estocástica de produção como método de análise, indicando que unidades produtivas com menor grau tecnológico otimizam seus custos para a geração de maiores receitas. Já Richetti e Reis (2003) estimaram a função de produção a partir do modelo Cobb-Douglas¹ para avaliar a eficiência econômica na utilização de recursos produtivos na cultura da soja no Mato Grosso do Sul e conferiram que os produtores da região norte do estado estão operando perto da fronteira de produção estabelecida, o que sinaliza uma tendência favorável na realocação de recursos e na obtenção de eficiência.

Reis, Richetti e Lima (2005) estimaram de uma função fronteira de produção a partir de uma função fronteira homotética² raio, a qual permite a retorno variáveis à escala, a eficiência econômica da utilização de recursos produtivos na cultura do café no Sul de Minas Gerais. O que permitiu aferir o nível médio de eficiência em 80,14% e que a maioria dos cafeicultores operavam abaixo do nível de eficiência.

Barros, Costa e Sampaio (2004) analisaram a eficiência das empresas agrícolas do polo Petrolina/Juazeiro, utilizando a fronteira paramétrica translog. Esses autores buscaram estimar a eficiência técnica das empresas agrícolas situadas naquele polo por meio da agregação das culturas produzidas por cada uma das unidades produtoras, comparando os escores de eficiência obtidos e verificando os resultados quanto ao ranking de eficiência. Revelando que a maior parte das firmas eficientes estão localizadas nos perímetros de Nilo Coelho e Maniçoba ou são externas aos perímetros.

Utilizando o método da fronteira estocástica, Ohira e Shirota (2005) estimaram a eficiência das empresas de saneamento básico no estado de São Paulo. Os resultados

¹ Utilizada para representar a relação entre dois (ou mais) fatores de produção e o produto.

² A função de produção $f(x)$ é homotética quando se expressar pela composição de duas funções, a primeira monótona crescente e a segunda, homogênea: $f(x) = g(h(x))$. Para nossa exposição, $g(h)$ é monótona crescente estrita e $h(x)$ homogênea.

obtidos indicaram que existe grande variação nos níveis de eficiência entre as empresas analisadas.

Alvarez e Arias (2004) buscaram traçar a produtividade técnica a partir da relação entre tamanho do estabelecimento e produtividade, resultando que a eficiência técnica afeta tanto a demanda de insumos quanto a oferta de produtos de um produtor que maximiza o lucro.

Imori (2011) realizou um estudo de eficiência técnica a partir da metodologia de fronteiras estocásticas exclusivamente voltado a estabelecimento agropecuários considerados como `familiares` no Censo³. Observou-se menor eficiência técnica para os estabelecimentos familiares.

Freire et al (2012) buscou avaliar a eficiência econômica da alocação dos recursos produtivos da cafeicultura no sul de Minas Gerais utilizando do modelo de Análise Envoltória de Dados. Em média, os cafeicultores apresentam eficiência econômica de 64,08%. Considerou-se o produtor de café economicamente eficiente aquele em que a medida de eficiência econômica (EE) fosse igual ou maior 90,0%, e o percentual de cafeicultores que atingiram esse escore mínimo de eficiência foi de 13,4%.

Clemente et al (2015) aplicaram a análise envoltória de dados para calcular os níveis de eficiência técnica, e uma abordagem econométrica, para conhecer os determinantes de eficiência técnica do setor citrícola. Os resultados mostraram que grande parte das propriedades citrícolas atua de forma ineficiente e as variáveis que mais contribuem para aumento da eficiência são "escolaridade" e "tempo como produtor rural".

Gocht e Balcombe (2006) exploram como a análise envoltória de dados (DEA), juntamente com um método bootstrap suavizado, pode ser usado em análises aplicadas para obter classificações de eficiência mais confiáveis para fazendas.

Olson e Vu (2009) estudaram os fatores que explicam as diferenças na eficiência econômica entre fazendas é realizado para compreender das diferenças entre fazendas e oportunidades para melhorar a eficiência das famílias agrícolas na utilização de suas terras, mão de obra e recursos de capital para atingir os objetivos das famílias. O único fator que está consistentemente associado a uma maior eficiência técnica em todos os métodos de análise e anos é o tamanho maior da fazenda.

Sharma, Leung e Zaleski (1999) calcularam medidas de eficiência para uma amostra de produtores de suínos no Havá pela decomposição de eficiência estocástica

³ Esses estabelecimentos juntos ocupam uma área de 25% do total, enquanto em números absolutos ocupam mais de 80% do total de estabelecimentos agropecuários no Brasil (IMORI, 2001)

paramétrica e análise envoltória de dados (DEA). Em ambas as abordagens foi revelado ineficiências consideráveis na amostra utilizada. Foi observado que o tamanho da propriedade tem fortes efeitos positivos nos níveis de eficiência e, se operando na fronteira eficiente, os produtores poderiam reduzir seus custos de produção em até 46%, dependendo do método e retornos de escala considerados.

Ainda na suinocultura, Asmild e Hougaard (2006) utilizou o método para estimar os potenciais de melhoria econômica e ambiental nas fazendas dinamarquesas, mostrando consideráveis potenciais de melhoria, especialmente nas variáveis ambientais. Os resultados empíricos obtidos em Taiwan por Yang et al (2008) mostram que fazendas maiores são tecnicamente mais eficientes do que fazendas de pequeno porte, mas não é possível chegar a conclusões claras para as medidas de impacto regulatório entre fazendas de diferentes tamanhos.

Por meio da abordagem de análise envoltória de dados (DEA), Yang, Wu e Lin (2010) construíram o índice do fator total de eficiência da terra cultivada (TFCLE) tomando a proporção da entrada de terra cultivada real para atingir a entrada de terra cultivada e examinaram os determinantes da ineficiência no uso da terra cultivada. O estudo tomou base em dados de painel em nível de província entre 1997-2006, as estimativas empíricas indicam que o TFCLE é moderado e flutua durante o período amostral, variando de 0,601 a 0,713, sugerindo espaço para melhoria da eficiência no uso da terra agrícola chinesa.

O trabalho de Helfand e Levine (2004) explorou os determinantes da eficiência técnica e a relação entre o tamanho da fazenda e a eficiência no Centro-Oeste do Brasil sendo verificado que a relação entre o tamanho da fazenda e a eficiência não é linear, com a eficiência caindo primeiro e depois aumentando com o tamanho.

Lasink et al (2002) usou a análise envoltória de dados para calcular medidas técnicas gerais de eficiência técnica e específicas de insumos de fazendas convencionais e orgânicas na Finlândia. O que indicou que as fazendas orgânicas são em média mais eficientes em relação à sua própria tecnologia, mas menos produtiva do que as fazendas convencionais.

A análise envoltória de dados também foi utilizada por Dhungana et al (2004) para calcular a eficiência da produção de arroz em 76 propriedades do Nepal, o que revelou ineficiências econômicas e alocativas. Thanh Nguyen et al (2012) aplicou a DEA para examinar o custo e a eficiência do uso de nutrientes em 96 fazendas de arroz na Coreia do Sul.

Shrestha et al (2016) avalia a eficiência econômica de fazendas de hortaliças no Nepal usando uma abordagem de análise de envolvimento de dados não paramétricos (DEA). Os resultados mostram evidências que sugerem que as fazendas de hortaliças no Nepal têm um potencial considerável para melhorar a eficiência da produção de hortaliças com maior acesso a sementes melhoradas, crédito agrícola e serviços de treinamento e extensão.

Latruffe et al (2005) utilizou da mesma técnica para analisar a eficiência de fazendas na Polônia durante um período de transição entre 1996 e 200, contatando maior eficiência nas fazendas de gado em relação as fazendas de cultivo.

Headey et al (2010) utilizou da análise de fronteira estocástica (SFA) e da análise envoltória de dados (DEA) para estimar a taxa de crescimento da produtividade total dos fatores (TFP), multi-produtos e multi-insumos na agricultura para 88 países entre 1970 e 2001.

Para o algodão, Shafiq e Rehman (2000) utilizaram a DEA para identificar fontes de ineficiência no uso de recurso no sistema de produção “algodão-trigo”, sendo que o método fornece uma identificação clara tanto da extensão quanto das fontes das ineficiências técnicas e alocativas na produção de algodão.

Na pecuária Mesonada et al (2005) identificou a fronteira de produção e o nível de eficiência relativa para cada fazenda orientada para os animais da amostra. A fronteira de produção e o índice de eficiência para cada tipo de fazenda (supondo nenhuma função de produção específica) foram identificados usando técnicas de Análise de Envelope de Dados (DEA).

Jaforullah e Whiteman (1999) mediram a eficiência de escala da indústria de laticínios da Nova Zelândia e examinaram a relação entre o tamanho da fazenda e a eficiência técnica pela DEA. Das 264 fazendas leiteiras analisadas, 19% operam em escala ótima, 28% acima da escala ótima e 53% abaixo da escala ótima. Mbaga et al (2003) mediu o nível de eficiência técnica das fazendas leiteiras de Quebec, assim como Cloutier e Rowley (1993) para o período de 1988 e 1989.

A competitividade de fazendas leiteiras orgânicas e convencionais foi avaliado por Breustedt (2011) sob diferentes cenários de mercado de leite e políticas de agricultura orgânica. Os resultados indicaram que aproximadamente 69% (78%) das fazendas orgânicas (convencionais) escolheram seu sistema de cultivo ideal. Os demais agricultores orgânicos (convencionais) poderiam aumentar seu lucro em média em cerca de 6% (10%) mudando para a outra tecnologia.,

Deircan et al (2010) comparou os resultados de outros estudos de produção de fazendas leiteiras em países em desenvolvimento com as amostras de 132 produtores de leite na província de Burdur, Turquia. O estudo pela DEA encontrou como resultado que as amostras estão produzindo com baixo nível de eficiência técnica.

Nowak et al (2015) mensurou a eficiência técnica da agricultura nos 27 países da União Europeia (UE) em 2010. O estudo indicou que nos 27 Estados-Membros da UE, o nível de eficiência técnica da agricultura é diversificado, e a diferença entre os estados com maior e menor eficiência é de 40%. Chipre, Dinamarca, Grécia, França, Espanha, Holanda, Luxemburgo, Itália e Malta foram identificados como os países com uma agricultura tecnicamente eficiente. Por sua vez, a agricultura menos eficiente tecnicamente é observada para a República Checa, Lituânia, Hungria, Irlanda, Letónia e Eslováquia. Nesse estudo o tamanho da fazenda parecia irrelevante do ponto de vista da eficiência técnica do setor agropecuário. Kočišová (2015) investigou a eficiência técnica relativa do setor agrícola na UE usando a DEA durante o período 2007-2011. Os resultados mostraram que, em média, os setores agrícolas da UE tiveram um desempenho eficiente, como evidenciado pelo valor relativamente alto da eficiência média de entrada e saída.

Moutinho et al (2018) estima a eficiência econômico-ambiental agrícola (ecoeficiência) para países europeus pela DEA, sendo o valor agregado bruto (VAB) considerado como produto desejado e as emissões de gases de efeito estufa (GEE) como produção indesejável. Capital, trabalho, terra, energia e nutrientes são considerados insumos.

Os efeitos das parcerias, na forma de acordos de compartilhamento de máquinas, na eficiência da fazenda foram analisados usando dados para fazendas suecas de cultivo e pecuária através da DEA por Larsén (2010) evidenciando que a participação em acordos de parceria tem um impacto positivo e estatisticamente significativo na eficiência da fazenda.

Picazo-Tadeo e Reig-Martínez (2006) verificaram pela DEA se a terceirização na agricultura em fazendas menores é uma estratégia gerenciaç eficiente. Os resultados mostraram que a obtenção de eficiência técnica leva a uma redução no uso de fatores de produção próprios e terceirizados. Além disso, o grau de terceirização aumentou à medida que as fazendas avançam para seus planos produtivos tecnicamente eficientes. Além disso, a terceirização de mão de obra e capital permite que as fazendas alcancem eficiência, independentemente de seu tamanho.

Hengzhou e Tong (2013) utilizaram a DEA para investigar os efeitos da diferenciação do estrato do agricultor na eficiência do uso da terra e os resultados empíricos confirmaram a hipótese.

Wang e Kabir (2013) investigaram a eficiência técnica e relação custo-eficiência de pomares de maçã na China e analisaram os determinantes que afetam a eficiência da produção. Os resultados indicaram que a eficiência técnica e custo-eficiência são bastante baixos em Shaanxi e a produção ineficiente dos produtores de maçã é causada principalmente pela operação ineficiente de pomares de maçã dos agricultores e as condições ambientais desvantajosas que afetam fortemente o crescimento da maçã e a situação de produção de frutos.

Dentre outros trabalhos que tratam especificamente das eficiências técnicas e econômicas aplicados no meio rural, podem-se citar os de Conceição (2005), Conceição e Araújo (2000), Cunha, Lírio e Santos (2003), Pereira et al. (2001), Tupy (1996) e Vicente (2004), que estudaram a aplicação da função da fronteira de produção para a estimativa das eficiências na agricultura brasileira em geral, ao passo que Andrade (2003), Ferreira Júnior e Cunha (2004), Johansson (1997), Moreira et al. (2004), Santos et al. (2004), Souza (2003) e Tupy et al. (2005) focaram seus trabalhos na estimação das eficiências para a produção de leite, e Ferreira (1998), Tupy e Shiota (1998) e Zilli (2003) trabalharam com as eficiências na produção de frango de corte.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Tipo de Pesquisa

Trata-se de uma pesquisa quantitativa, pois, baseia-se na quantificação de dados, linguagem estatística e matemática, validação dos resultados, por meio de testes estatísticos, entre outros (MARTINS; THEÓPHILO, 2009).

3.2. Objeto de Estudo

O objeto de estudo desta pesquisa foram as propriedades modais produtoras de café arábica em regiões de destaque para a cultura no cenário nacional. Serão analisados os fatores de produção que compõem essas propriedades, bem como a receita bruta obtida por elas. Entre os fatores analisados, estão inclusos a cesta de insumos utilizados na produção, tais como fertilizantes, defensivos, corretivos e combustíveis, além da mão de obra utilizada, serviços mecanizados, gastos administrativos e outros aspectos relevantes que foram abordados posteriormente.

3.3. Coleta de Dados

Os dados foram obtidos através do projeto “Campo Futuro” por intermédio do Centro de Inteligência em Gestão e Mercados (CIM), situado na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Sendo uma iniciativa da Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR). O projeto é efetivado em parceria com universidades e centros de pesquisas, e se destina aos produtores rurais.

Para a coleta dos dados foi utilizada a metodologia de painel. Este método consiste em reuniões com produtores de pequeno, médio e grande porte, em que disponibilizam informações sobre mão de obra, manejo da lavoura, colheita e pós-colheita, gastos gerais, valores financeiros, área da lavoura, insumos, produtividade, máquinas e equipamentos, juros de custeio e inventário (MATSUNAGA et al.,1976).

A propriedade rural representativa, também chamada de modal ou típica, é um modelo teórico que caracteriza a moda da produção de uma determinada região. Esse modelo descreve não apenas o volume final produzido, mas sim a forma como a produção é realizada, detalhando todo o sistema produtivo, com informações sobre área total,

recursos humanos, tecnologias empregadas e produtividade alcançada (ELLIOT, 1928; PLAXICO; TWEETEN, 1963; FEUZ; SKOLD, 1991; DEBLITZ et al.,1998).

No âmbito desse projeto, a propriedade modal é um conceito utilizado para analisar o perfil das propriedades rurais em determinada região.

A propriedade modal refere-se a uma propriedade hipotética com as características do tipo de estabelecimento agrícola que é mais representativo em uma determinada região ou setor produtivo. Para identificar a propriedade modal, são levados em consideração diversos aspectos, como tamanho da área, tipo de cultivo, tecnologia utilizada, organização do trabalho, entre outros.

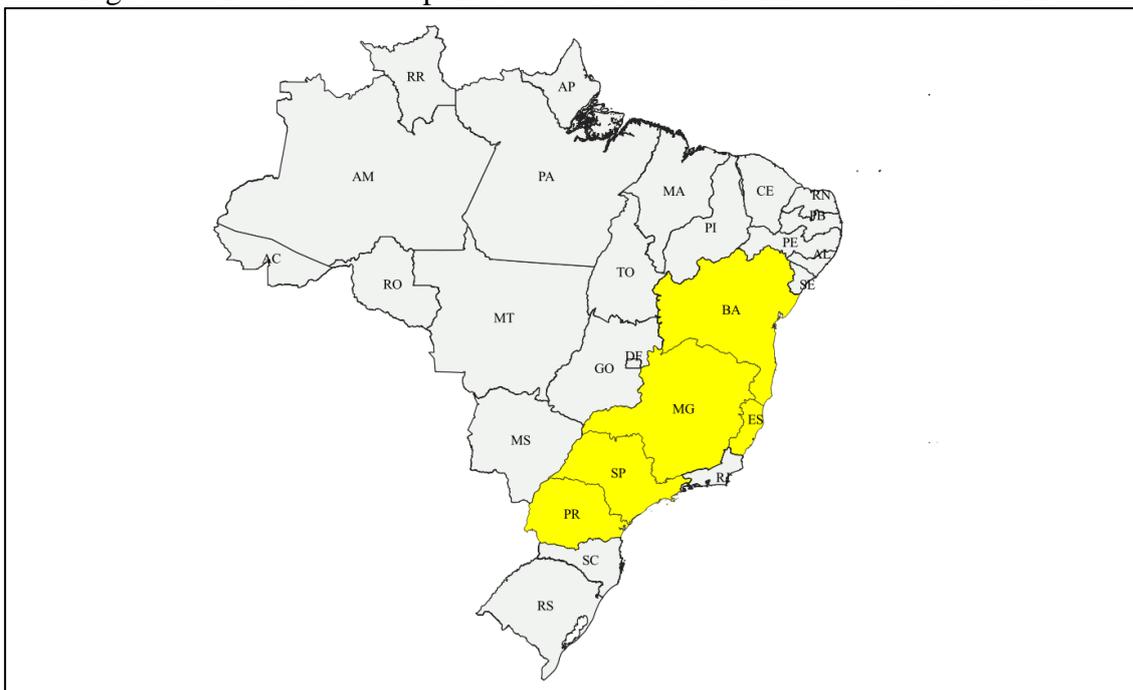
A análise da propriedade modal é útil para entender as características predominantes da estrutura fundiária e dos sistemas de produção em uma região específica. Isso ajuda a identificar tendências, desafios e oportunidades para o setor agrícola, além de auxiliar na formulação de políticas públicas e estratégias de desenvolvimento rural.

A análise desta unidade produtiva é realizada por meio de coleta de dados e entrevistas com produtores rurais, além do uso de métodos estatísticos e econômicos para identificar o perfil predominante das propriedades na região estudada, sendo estas propriedades modais definidas em consenso pelos participantes. As localidades selecionadas foram definidas pela CNA visando representar as principais regiões produtoras de café, tanto arábica quanto conilon.

3.3.1. Caracterizando as unidades produtivas que serão utilizadas

Os painéis para a análise do café arábica foram conduzidos em cinco estados produtores de café, conforme indicado na Figura 3, com a seleção de municípios representativos de suas respectivas regiões. Os municípios utilizados para o estudo foram Guaxupé-MG (localizado no sul de Minas), Santa Rita do Sapucaí-MG (também no sul de Minas), Monte Carmelo-MG (na região do cerrado mineiro), Capelinha-MG (pertencente à chapada de Minas), Manhumirim-MG (situado na zona da mata), Brejetuba-ES, Luís Eduardo Magalhães-BA, Franca-SP, Caconde-SP e Apucarana-PR.

Figura 3 – Localidade dos painéis de cafeicultura realizados de 2011 a 2022.



Fonte: Do autor (2023).

Nota: Os painéis levam em consideração a média produtiva do quadriênio a fim de reduzir o efeito da bienalidade produtiva da cultura.

Levando em consideração as regiões produtoras de café selecionadas e os respectivos painéis realizados para a coleta de dados, a Tabela 2 exhibe a quantidade de unidades produtivas modais ou painéis coletados durante o período em questão.

Tabela 1 – Frequência de painéis por municípios.

Cidades	Estado	Painéis
Apucarana	Paraná	5
Brejetuba	Espírito Santo	12
Caconde	São Paulo	7
Capelinha	Minas Gerais	12
Franca	São Paulo	12
Guaxupé	Minas Gerais	12
Luís Eduardo Magalhães	Bahia	8
Manhumirim	Minas Gerais	12
Monte Carmelo	Minas Gerais	11
Santa Rita do Sapucaí	Minas Gerais	12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para informar melhor sobre cada unidade produtiva que foi utilizada no trabalho, foi elaborado o Apêndice B com os códigos utilizados, bem como as características produtivas e os anos de realização.

3.3.2. Tratamento dos Dados

A comparação de valores ao longo dos anos é uma tarefa comum em diversas áreas, como economia, finanças, marketing e outras. No entanto, ao realizar tal comparação, é fundamental considerar a inflação e seus efeitos sobre os valores monetários ao longo do tempo.

A inflação pode ser definida como o aumento geral e persistente dos preços dos bens e serviços em uma economia. Ela pode ser medida por meio de índices de preços, como o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) e o Índice de Preços ao Produtor (IPP). A inflação pode ter diversos efeitos sobre a economia, como o aumento do custo de vida, a redução do poder de compra da moeda e o impacto sobre as taxas de juros.

Ao comparar valores ao longo dos anos, é comum utilizar o valor nominal dos mesmos. No entanto, esse valor pode ser enganoso, uma vez que a inflação pode ter causado uma mudança significativa no valor real do dinheiro.

Para evitar essa distorção causada pela inflação, é necessário deflacionar os valores nominais, ou seja, ajustá-los pela inflação. Isso significa converter os valores em termos reais, de forma que possam ser comparados ao longo do tempo. Existem diversos índices de preços que podem ser utilizados para deflacionar os valores, como o IPCA e o Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI).

Assim, a comparação de valores ao longo dos anos deve ser feita com valores deflacionados para evitar distorções causadas pela inflação e obter uma análise mais precisa da evolução dos valores monetários ao longo do tempo.

Para este trabalho foi utilizado o IGP-DI para corrigir os valores monetários para valores reais até setembro de 2022, o que permite a comparação. Este é um dos índices de preços mais utilizados para deflacionar valores de commodities agrícolas, como soja, milho, trigo e café, por exemplo. Existem diversos motivos que justificam o uso desse índice para essa finalidade.

Em primeiro lugar, o IGP-DI é um índice bastante abrangente, que inclui uma ampla variedade de produtos e serviços em sua cesta de produtos. Ele é calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e considera os preços de produtos agropecuários, industriais e serviços, além de contemplar os preços no atacado e no varejo. Isso faz com que o IGP-DI seja um índice mais completo do que outros índices de preços, como o

IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo), que se concentra apenas nos preços ao consumidor final.

Outro motivo que justifica o uso do IGP-DI para deflacionar valores de commodities agrícolas é que esse índice tem uma forte correlação com os preços desses produtos. Isso ocorre porque muitos dos produtos que fazem parte da cesta de produtos do IGP-DI são insumos ou produtos intermediários utilizados na produção agrícola. Além disso, o IGP-DI também inclui os preços de commodities agrícolas exportadas, o que pode refletir as condições do mercado internacional.

Em resumo, o uso do IGP-DI para deflacionar valores relacionados a commodities agrícolas é justificado por sua abrangência, correlação com os preços desses produtos e estabilidade e confiabilidade como índice de preços.

3.4. Análise e Interpretação dos Dados

O desempenho de uma empresa, em muitos casos, é medido apenas pelo seu faturamento bruto, em outros casos, a empresa que obteve o maior lucro é a mais eficiente. A eficiência econômica está diretamente relacionada com a rentabilidade e os custos de uma empresa ou organização. Quando uma empresa é eficiente, ela consegue produzir mais com menos recursos, o que geralmente se traduz em maiores margens de lucro e menores custos.

A eficiência econômica pode afetar diretamente a rentabilidade de uma empresa, uma vez que uma empresa eficiente é capaz de produzir mais bens ou serviços com os mesmos recursos que outra empresa menos eficiente. Isso pode resultar em um aumento de receitas, redução de custos e, conseqüentemente, em uma maior margem de lucro.

Por outro lado, a ineficiência econômica pode levar a custos mais elevados para a empresa, uma vez que ela pode estar utilizando mais recursos do que o necessário para produzir determinado bem ou serviço. Isso pode reduzir a margem de lucro, afetando negativamente a rentabilidade da empresa.

Ou seja, a eficiência econômica é compreendida como a máxima minimização dos custos durante o processo de produção, determinados os preços dos agentes (eficiência alocativa) e a produção que incide na fronteira tecnológica (eficiência técnica). Essencialmente, a eficiência econômica se relaciona com os fatores monetários do processo produtivo, isto é, é uma junção das eficiências técnica e alocativa. Deste modo, a eficiência técnica é a mensuração do modo como a combinação ótima dos recursos é empregada no processo produtivo, buscando a maximização do produto.

Dentre as abordagens utilizadas na estimação da função fronteira de produção, têm-se as fronteiras estocásticas e determinísticas. Conforme Lima (2006), a fronteira de produção pode ser definida como a produção máxima possível de ser obtida com determinados fatores, em determinado nível tecnológico. Nesse caso, a porção do erro assume grande importância, pois incorpora o que influencia a produção e que não é captado pelas variáveis explicativas selecionadas.

Outro modelo analítico é a Análise Envoltória de Dados (DEA), uma técnica que se baseia na programação linear, usada para avaliar a eficiência relativa das unidades de tomada de decisão quando há múltiplas entradas e múltiplas saídas, tornando a comparação difícil (LINS; MEZA, 2000).

Esta técnica pode ser utilizada para avaliar qualquer tipo de empresa, departamentos ou setores, desde que as comparações entre unidades tomadoras de decisão sejam grupos homogêneos. Além disso, as unidades de melhor desempenho, as eficientes, passam a formar o conjunto de referências para as demais unidades (dos Santos Guerreiro, 2006).

Na DEA, uma unidade produtora é tratada como DMU (decision making unit) e uma unidade produtora é qualquer sistema produtivo que transforme insumos em produtos (ANSPACH, 2016). Neste caso, podemos considerar que a DMU são as diferentes propriedades modais em função da produção agrícola de cada espécie. Desta forma, o DEA tem a finalidade de encontrar a eficiência comparada entre as propriedades modais.

Nesse sentido foi utilizado a DEA como metodologia para calcular a eficiência das unidades produtivas levantadas, uma vez que existem diversos motivos que justificam o uso do método para comparação de eficiência econômica entre propriedades rurais.

Um dos motivos é que considera múltiplas saídas e insumos, a DEA permite a análise da eficiência de unidades produtivas que produzem múltiplas saídas a partir de múltiplos insumos, o que é comum na agricultura. Por exemplo, uma propriedade pode produzir grãos e leite, utilizando diferentes insumos como mão de obra, sementes, fertilizantes, rações, entre outros. A DEA é capaz de considerar todas essas variáveis na análise de eficiência.

Não exige conhecimento prévio de pesos ou funções de produção diferentemente de outras técnicas, como a análise de fronteira estocástica, a DEA não exige conhecimento prévio de pesos ou funções de produção. Isso faz com que a DEA seja uma técnica mais flexível e que possa ser aplicada a diferentes contextos.

Identifica unidades eficientes e ineficientes permitindo identificar quais unidades produtivas são eficientes e quais são ineficientes em termos de sua produção. Essa informação é importante para orientar políticas públicas e incentivar a adoção de melhores práticas produtivas.

Possibilita análise de benchmarks: A DEA permite a identificação de benchmarks, que são unidades produtivas consideradas como as mais eficientes em determinado contexto. Isso pode ser útil para que outras unidades produtivas possam aprender com as práticas dessas unidades e melhorar sua própria eficiência.

Em resumo, a DEA é uma técnica útil para comparar a eficiência econômica entre propriedades rurais, uma vez que considera múltiplas saídas e insumos, não exige conhecimento prévio de pesos ou funções de produção, identifica unidades eficientes e ineficientes e possibilita a análise de benchmarks.

3.5. Análise Envolvória dos Dados (DEA)

Segundo Casado (2007) A pressuposição fundamental na técnica DEA é que, se uma dada DMU “A” é capaz de produzir $Y(A)$ unidades de produto, utilizando $X(A)$ unidades de insumos, então outras DMU’s poderiam também fazer o mesmo, caso elas estejam operando eficientemente. De forma similar, se uma DMU “B” é capaz de produzir $Y(B)$ unidades de produto, utilizando $X(B)$ de insumos, então outras DMU’s poderiam ser capazes de realizar o mesmo esquema de produção. Caso as DMU’s “A” e “B” sejam eficientes, elas poderiam ser combinadas para formar uma DMU composta, isto é, que utiliza uma combinação de insumos para produzir uma combinação de produtos. Desde que esta DMU composta não necessariamente existe, ela é denominada DMU virtual. A análise DEA consiste em encontrar a melhor DMU virtual para cada DMU da amostra. Caso a DMU virtual seja melhor do que a DMU original, ou por produzir mais com a mesma quantidade de insumos, ou produzir a mesma quantidade usando menos insumos, a DMU original será ineficiente.

Percebe-se, portanto, que a fronteira eficiente de produção será aquela que representa as unidades avaliadas que conseguem maximizar o uso dos inputs na produção de outputs ou, ainda, consegue produzir uma quantidade maior de outputs com uma quantidade menor de inputs.

Quando da aplicação dos modelos DEA, deve-se fazer uma opção: usar um modelo orientado a outputs, no qual se obtém o máximo nível de outputs mantendo os inputs fixos, ou um modelo orientado a inputs, que visa a obter um menor uso de inputs

dado o nível dos outputs. A decisão de usar um ou outro modelo deve ser previamente selecionada pelo pesquisador.

Resumidamente, os modelos básicos existentes são: CCR - insumo orientado, CCR - produto orientado, BCC - insumo orientado e BCC – produto orientado. Esses quatro modelos estão descritos detalhadamente em Fried et al. (1993) e Charnes et al. (1994).

3.5.1. Modelo CCR

O modelo CCR original, apresentado por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, foi concebido inicialmente como um modelo orientado à entrada (*input*) e trabalha com retorno constante de escala (CRS), isto é, qualquer variação nas entradas (*inputs*) produz variação proporcional nas saídas (*outputs*). Segundo Biondi Neto (2001, p. 51):

A característica essencial do modelo CCR é a redução de múltiplos produtos e múltiplos insumos (para cada DMU) para um único produto ‘virtual’ e um único insumo ‘virtual’. Para uma DMU, a razão entre esse produto virtual e o insumo virtual fornece uma medida de eficiência que é função dos multiplicadores. Essa proporção, que será maximizada, forma a função-objetivo para a DMU “O” sendo avaliada. (CHARNES ET AL, 1996, p. 40).

A eficiência técnica de uma DMU observada (DMU O) será obtida através de um PPNL (Problema de Programação Não-Linear), utilizando o seguinte modelo de programação fracionário:

$$\text{Máx } h_0 = \frac{\sum_{j=1}^s u_j Y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i X_{i0}} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j Y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i X_{ik}} \leq 1, k = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$u_i, v_i \geq \forall j, i \quad (3)$$

onde:

h_0 = eficiência da DMU 0 (zero)

r = quantidade total de *inputs*

s = quantidade total de *outputs*

n = quantidade total de DMU

Y_{jk} = quantidade de *output j* para a DMU k

X_{ik} = quantidade de *input i* para a DMU k

u_j = peso referente ao *input* j

v_i = peso referente ao *input* i

Y_{j0} = quantidade de *output* j para a DMU0 (DMU observada)

X_{i0} = quantidade de *input* i para a DMU0 (DMU observada)

Uma variação do modelo CCR originou o modelo de Programação Linear conhecido como modelo dos multiplicadores, que surgiu da necessidade de determinar os valores dos pesos u_j e v_i de forma a maximizar a soma ponderada dos *outputs* (*output* “virtual”) dividida pela soma ponderada dos *inputs* (*input* “virtual”) da DMU em estudo (Lins e Ângulo-Meza, 2000, p. 11).

Esse procedimento deverá ser repetido para cada DMU analisada e através dos valores encontrados para os pesos (multiplicadores), determina-se o valor das eficiências relativas de cada DMU. O modelo dos multiplicadores será apresentado a seguir:

$$\text{Máx } h_0 = \sum_j^s u_j Y_{j0} \quad (4)$$

Sujeito a:

$$\text{Máx } h_0 = \sum_j^s u_j Y_{j0} \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^s u_j Y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i X_{ik} \leq 0, k = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$u_j, v_i \geq 0 \forall j, i \quad (7)$$

Segundo Biondi Neto (2001, p. 58):

É possível derivar o dual do modelo dos multiplicadores (primal). Assim, o dual apresentará uma menor quantidade de restrições ($s + r < n + 1$), pois o modelo DEA exige que o número de DMUs seja maior que o número de variáveis. Pelas razões expostas e por ter solução computacional mais simples, o modelo dual, denominado Envelope, tem preferência sobre o dos Multiplicadores.

Assim o modelo do Envelope tem a seguinte formulação:

$$\text{Min } \theta \quad (8)$$

Sujeito a:

$$-Y_{j0} + \sum_{k=1}^n Y_{jk} \lambda_k \geq 0, j = 1, \dots, s \quad (9)$$

$$\theta X_{j0} - \sum_{k=1}^n X_{ik} \lambda_k \geq 0, i = 1, \dots, r \quad (10)$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k \quad (11)$$

3.5.2. Modelo BCC

O modelo BCC, elaborado por Banker, Charnes e Cooper em 1984, utiliza o retorno variável de escala (VRS), procurando, assim, evitar problemas existentes em situações de competição imperfeita. O BCC (VRS) é usado quando ocorrem Retornos Variáveis de Escala, sejam eles crescentes ou decrescentes ou mesmo constantes. No modelo BCC (VRS), os escores de eficiência dependem da orientação escolhida. Caso se pretenda maximizar h_0 , a formulação do modelo BCC é a seguinte:

$$\text{Maximize } h_0 = \sum_{r=1}^s u_r Y_{r0} + w \quad (12)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{i0} \leq 1 \quad (13)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} + w \leq 0, \text{ para todo } j=1, 2, \dots, n \quad (14)$$

$$-u_r \leq -e, r = 1, 2, \dots, s \quad (15)$$

$$-v_i \leq -e, i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

A forma dual do BCC, visando a minimizar h_0 será dada pela formulação a seguir:

$$\text{Minimize } h_0 = \theta - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r - \varepsilon \sum_{i=1}^m e_i \quad (17)$$

Sujeito a:

$$X_{i0}\theta - e_i - \sum_{j=1}^n X_{ij}\lambda_j = 0, \text{ para todo } i = 1, 2, \dots, m \quad (18)$$

$$-s_r + \varepsilon \sum_{j=1}^n Y_{rj}\lambda_j = Y_{r0}, \text{ para todo } r = 1, 2, \dots, s \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (20)$$

$$\lambda_j > 0, \text{ para todo } j = 1, 2, \dots, n \quad (21)$$

$$s_r > 0, \text{ para todo } r = 1, 2, \dots, s \quad (22)$$

$$e_i > 0, \text{ para todo } i = 1, 2, \dots, m \quad (23)$$

Por meio da utilização desses modelos, é possível detectar a eficiência das DMUs, construindo, assim, a fronteira de produção com as unidades que atingirem o máximo de produtividade (*benchmarks*).

A Figura 4 ilustra uma situação que envolve um insumo e um produto. Pode-se traçar as fronteiras eficientes calculadas pela DEA, isto é, a fronteira obtida com retornos constantes (CCR), e a obtida com retornos variáveis (BCC).

Considerando-se o ponto P na pressuposição de retornos constantes, a ineficiência técnica do ponto P é dada pela distância $P \rightarrow P_c$, enquanto a ineficiência técnica, para

obtida para o modelo com retornos não crescentes (RNC) está indicada na Figura 4. Para o caso de retornos não decrescentes (RND), segue o mesmo raciocínio.

3.6. Determinação de Modelo e das Variáveis Utilizadas

Para o trabalho será utilizado o modelo BCC como a variação nas entradas (*inputs*) não produzem, obrigatoriamente, variação proporcional nas saídas (*outputs*). Sendo orientado para a maximização de *output* (produtos), em que o índice é calculado através da máxima expansão do *output* dado uma quantidade de *input* (insumo) utilizada.

O modelo BCC é amplamente utilizado na avaliação da eficiência produtiva de empresas e organizações em diversos setores econômicos, incluindo a agricultura. Diferentemente de outros modelos de análise de eficiência, o BCC permite uma variação independente nas entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*), o que o torna mais flexível e adaptável a diferentes contextos produtivos.

No presente trabalho, foram utilizados três variáveis de entrada: serviços, insumos e outros gastos. Essas variáveis são relevantes para a produção de café e foram utilizadas como insumos para o cálculo da eficiência econômica. É possível comparar e analisar as principais causas de eficiência e ineficiência dessas variáveis, levando em consideração o tipo de mão de obra empregada nos serviços e a complexidade das cestas de insumos utilizadas.

A variável de saída utilizada foi a receita bruta por hectare, que considera a produtividade e o valor obtido por saca de café. Essa variável é fundamental para avaliar a eficiência produtiva de uma propriedade rural e para analisar a eficiência da forma de comercialização empregada na região, seja ela no mercado spot ou futuro.

O Quadro 1 apresenta quais serão as variáveis de entrada e de saída e como é feita a composição delas.

Quadro 1 – Composição das variáveis.

Input	Serviços	Mão de obra fixa		
		Mão de obra eventual		
		Safristas		
		Parceiros		
		Serviços mecanizados		
	Insumos	Corretivos		
		Fertilizantes		
		Produtos fitossanitários		Fungicida
				Inseticida
				Acaricida
				Herbicidas
				Adjuvantes
	Outros			
	Outros Gastos	Materiais		EPI
				Sacaria
Assistência técnica				
Administrativos				
		Manutenção		
Output	Receita Bruta	Preço médio (por saca)		
		Produtividade		

Fonte: Do autor (2023).

Assim, o uso do modelo BCC permite uma análise mais precisa e detalhada da eficiência produtiva de propriedades rurais na produção de café. Com base nas variáveis de entrada e saída selecionadas, será possível avaliar a relação entre os insumos utilizados e a receita obtida, identificando possíveis oportunidades de melhoria na gestão produtiva e na alocação de recursos. Além disso, o modelo BCC é uma ferramenta útil para a tomada de decisões e planejamento estratégico, permitindo uma avaliação mais precisa do desempenho produtivo e a identificação de potenciais gargalos e oportunidades de otimização.

3.7. Software utilizado para rodar o modelo

Para executar os modelos do trabalho foi utilizado o software PIM-DEA na versão 3.1, o software especializado em Análise Envoltória de Dados (DEA) e oferece recursos avançados para análise DEA, permitindo a utilização de diferentes modelos de eficiência, tanto de input quanto de output.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, serão apresentados os principais achados da dissertação e como eles se relacionam com a literatura existente sobre o tema. Discute-se ainda os possíveis pontos dentro das características produtivas que justificam os resultados obtidos.

Inicialmente, serão descritos os resultados obtidos ao executar o modelo por município, sendo avaliados os modais no intervalo de tempo entre 2011 e 2022. Em um segundo momento serão descritos os resultados comparando todos os modais no modelo. Com base nos resultados, serão feitas inferências sobre as relações entre as variáveis analisadas e o objeto de estudo da dissertação, bem como sobre as possíveis causas dos resultados encontrados.

Apresenta-se as curvas de eficiências das variáveis de entrada em relação à variável de saída e a disposição das unidades tomadoras de decisão frente a curva de eficiência. Serão, também, apresentados os resultados referentes às eficiências uma vez que na DEA, o objetivo é avaliar a eficiência de cada unidade em transformar seus inputs em outputs, ou seja, em produzir o máximo possível de outputs utilizando os recursos disponíveis.

Além das eficiências serão apresentados os alvos, já que a DEA permite que sejam identificadas as unidades mais eficientes em relação às demais, bem como as áreas de melhoria para as unidades menos eficientes. Isso permite a tomada de decisões para melhorar a eficiência de suas operações.

4.1. Resultados por municípios

Para avaliar o desempenho obtido em um mesmo município ao longo dos anos e verificar se houve períodos mais favoráveis, descreve-se as eficiências obtidas e os alvos. Os dados, nesta etapa, foram considerados sem a exclusão de outliers pois considera-se que não há a distorção dos resultados uma vez que as principais variações de valores observadas na conjuntura cronológica devem ser consideradas para explicar as ineficiências demonstradas.

4.1.1. Curvas de eficiência

As curvas de eficiência em Análise Envoltória de Dados (DEA - Data Envelopment Analysis) são gráficos que mostram a relação entre as entradas e saídas de um conjunto de unidades produtivas. São construídas a partir de um gráfico que

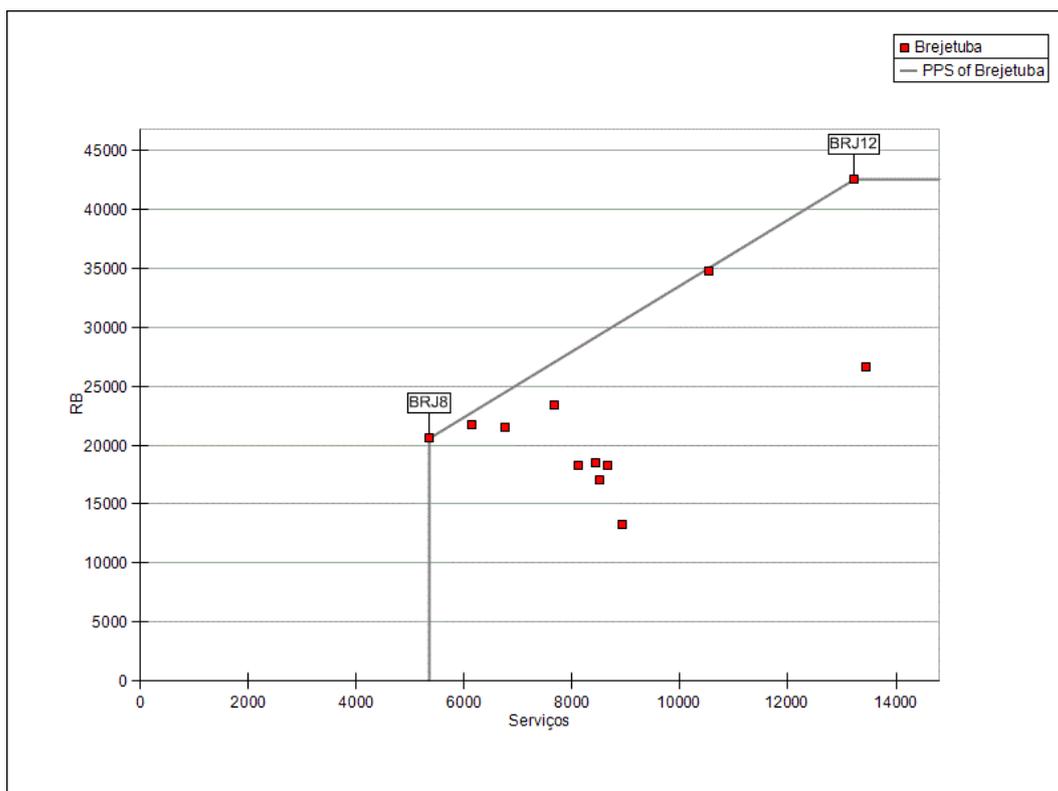
representa as unidades em um plano cartesiano, com as entradas no eixo horizontal e as saídas no eixo vertical. Cada ponto no gráfico representa uma unidade, e a curva de eficiência é traçada por uma linha que passa pelos pontos que representam as unidades mais eficientes.

Existem diferentes tipos de curvas de eficiência em DEA, como de produção, que representa a relação entre as entradas e saídas em uma produção, e a curva de custo, que representa a relação entre o custo e a produção.

Em geral, as curvas de eficiência são usadas para identificar as unidades que têm desempenho inferior ao das unidades mais eficientes, permitindo que sejam tomadas medidas para melhorar sua eficiência.

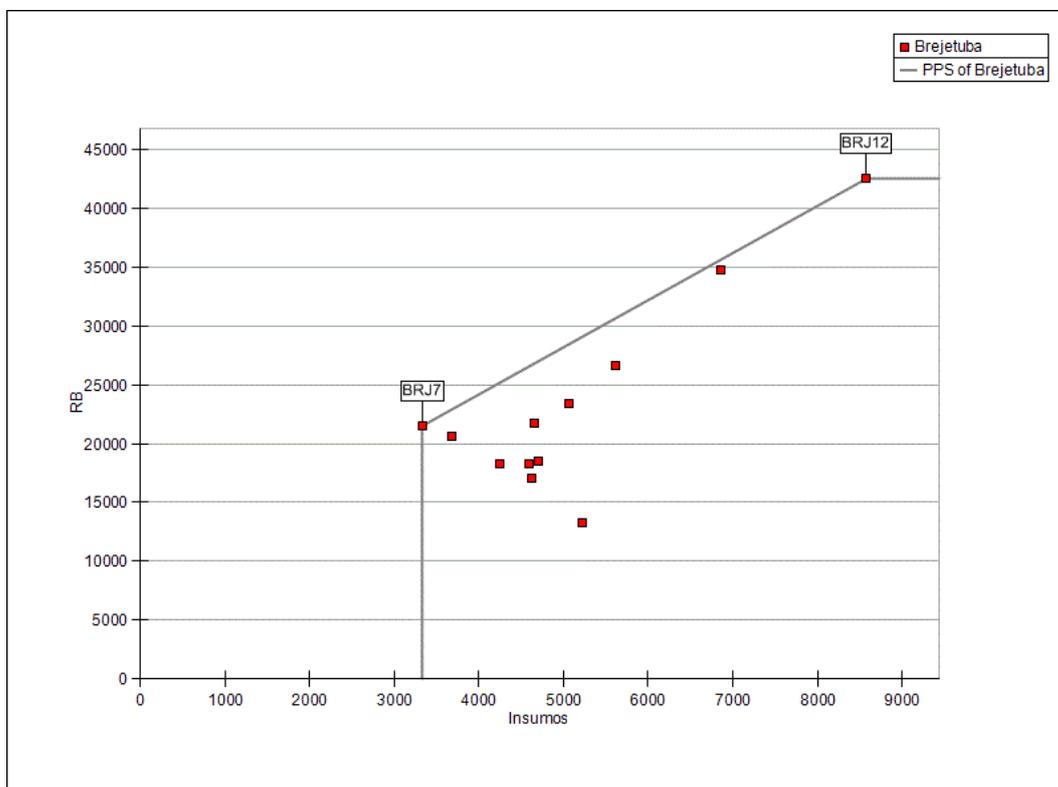
A seguir serão apresentadas as curvas de produção entre as variáveis de entrada (“Serviços”, “Insumos” e “Outros Gastos”) e a variável de saída (“Receita Bruta”) para cada município.

Figura 5 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Brejetuba (ES).



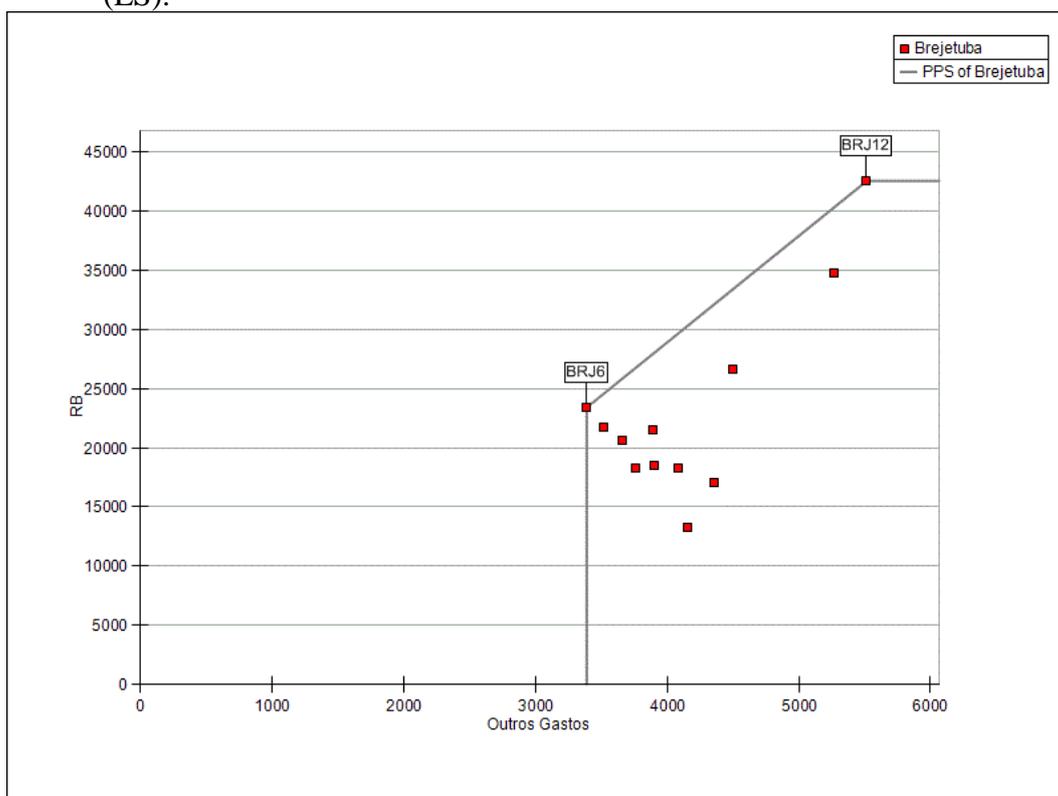
Fonte: Do autor (2023).

Figura 6 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Brejetuba (ES).



Fonte: Do autor (2023).

Figura 7 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Brejetuba (ES).



Fonte: Do autor (2023).

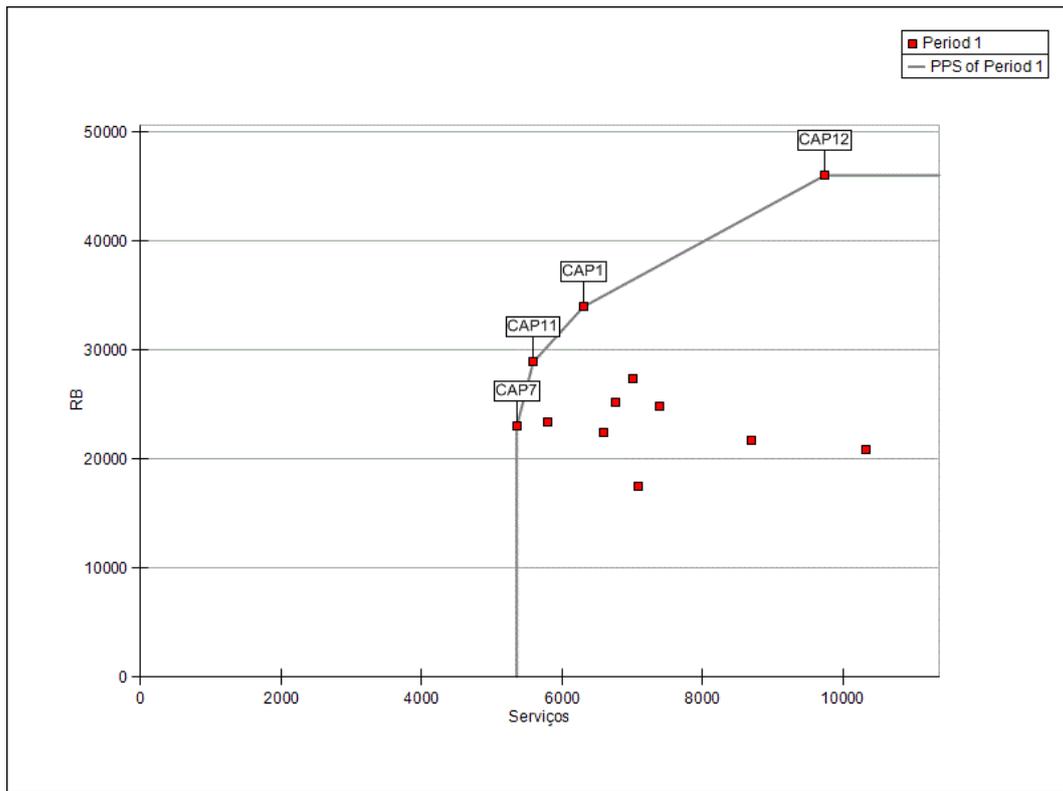
As unidades produtivas BRJ8 e BRJ12 apresentam-se na curva de eficiência dos serviços, o que indica que nessas instâncias, a relação entre os valores de Receita Bruta e Serviços atingiu a eficiência máxima dentro do modelo empregado na região, conforme ilustrado na Figura 5. Por sua vez, a Figura 6 exhibe a curva de eficiência dos insumos na geração de “Receita Bruta” entre os modais de Brejetuba, apontando que somente em BRJ7 e BRJ12 o desembolso com insumos foi eficiente na geração de Receita Bruta.

Finalmente, a Figura 7 apresenta a eficiência dos "Outros Gastos" na geração de Receita Bruta, na qual somente BRJ6 e BRJ12 foram eficientes nessa variável.

Pelo que se pode observar, BRJ12 está presente em todas as curvas de eficiências pelo desempenho superior na geração de “Receita Bruta” por conta da remuneração recebida e produtividade obtida e não na baixa utilização dos *inputs*.

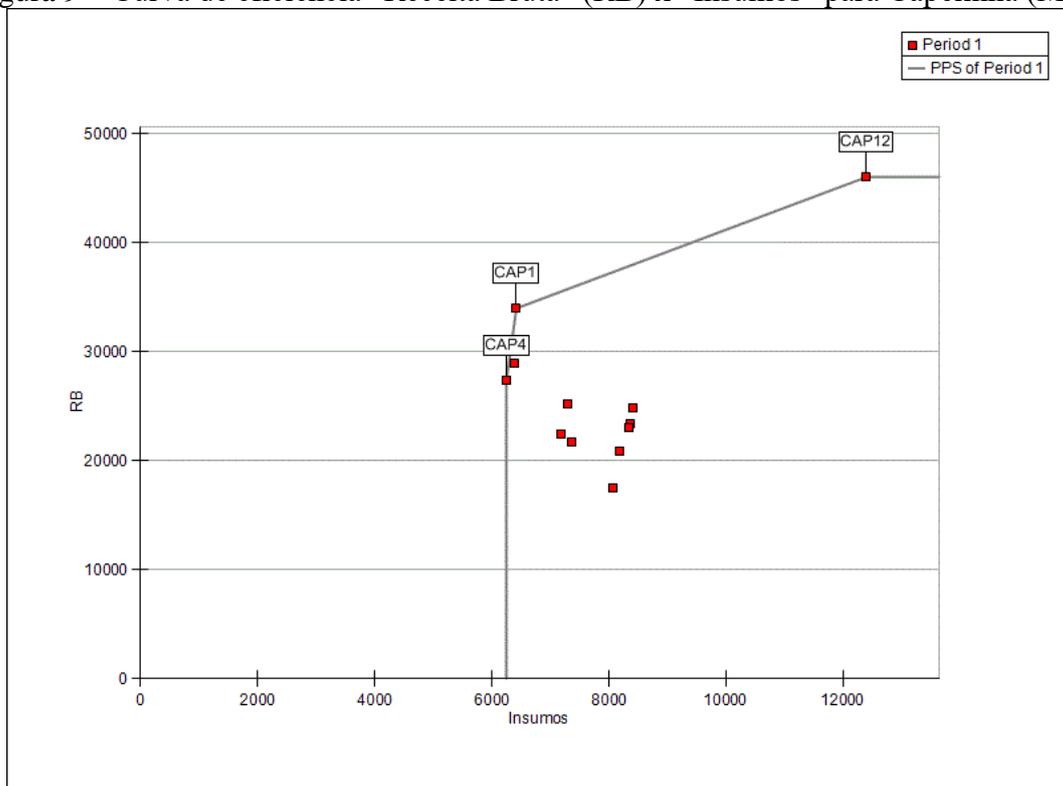
As figuras a seguir apresentam as curvas de eficiência obtidas para Capelinha (MG).

Figura 8 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Capelinha (MG).



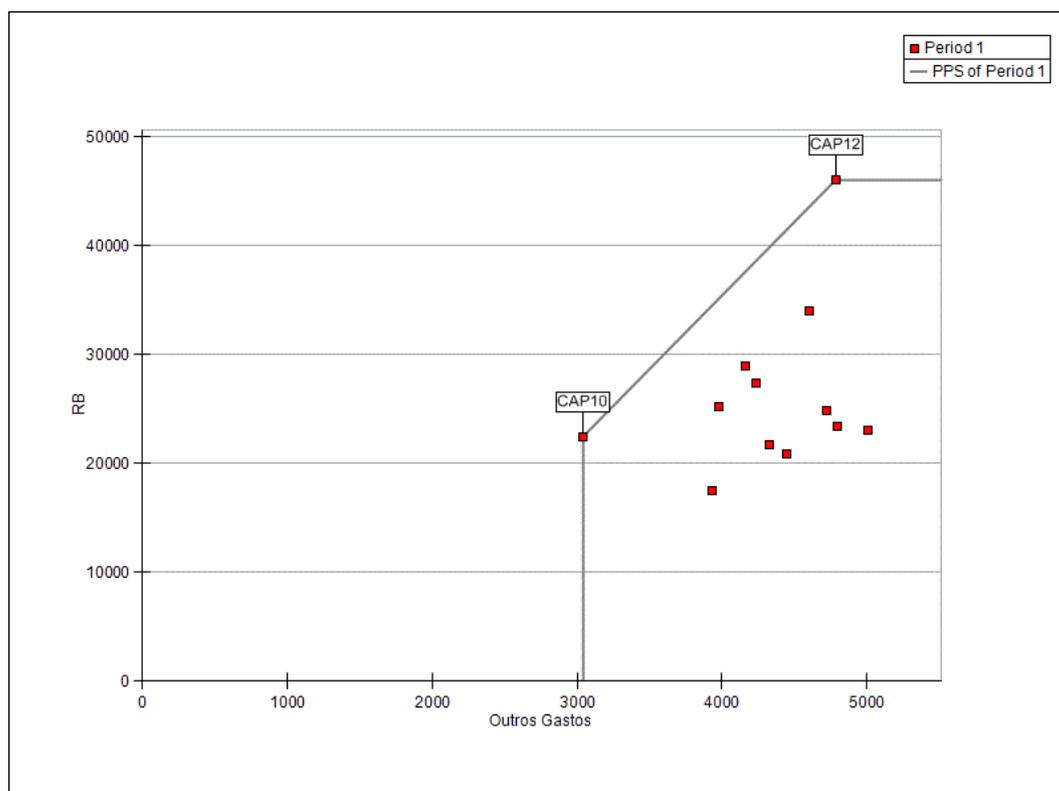
Fonte: Do autor (2023).

Figura 9 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Capelinha (MG).



Fonte: Do autor (2023).

Figura 10 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Capelinha (MG).



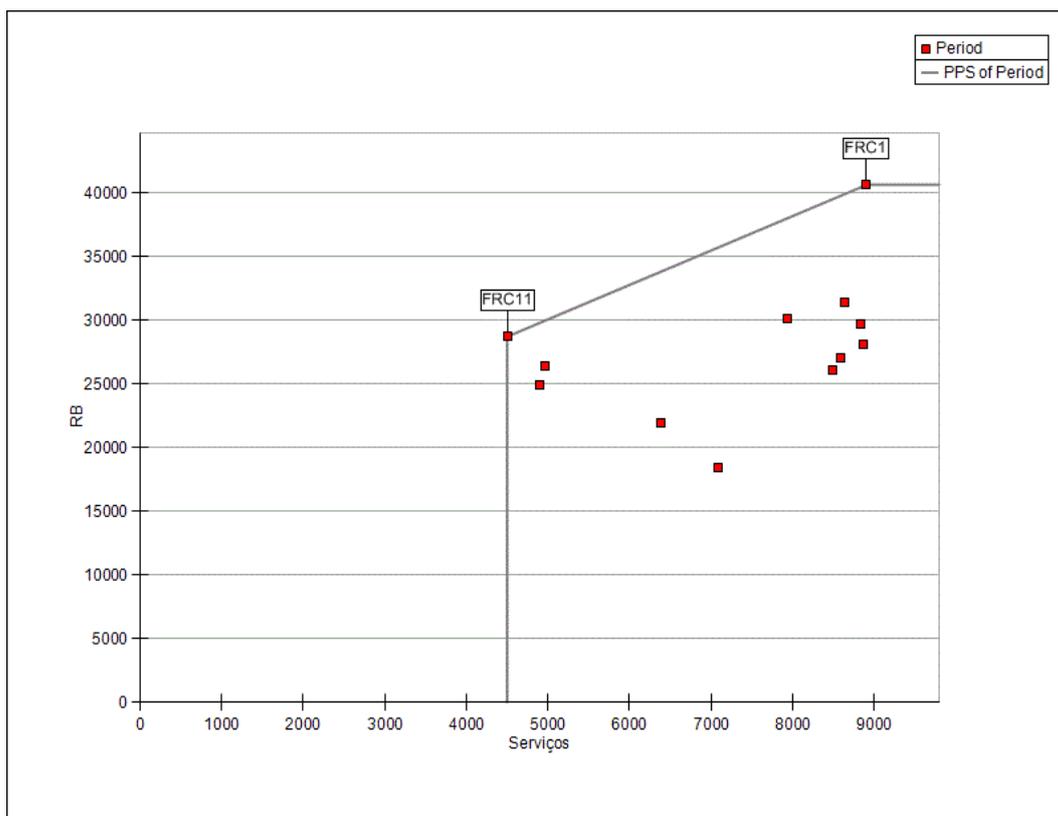
Fonte: Do autor (2023).

Em Capelinha, a análise envoltória de dados (DEA) revelou que os modais CAP1, CAP7, CAP11 e CAP12 alcançaram eficiência máxima na variável “Serviços”. Esses resultados indicam que essas quatro unidades produtivas foram capazes de otimizar o uso de recursos destinados à condução e colheita do café, como pode ser visto na Figura 8.

No que se refere à variável “Insumos” na geração de “Receita Bruta”, a Figura 9 apresenta as unidades produtivas CAP1, CAP4 e CAP12 como exemplos de eficiência, ou seja, foram capazes de obter alta produtividade com menor desembolso em insumos.

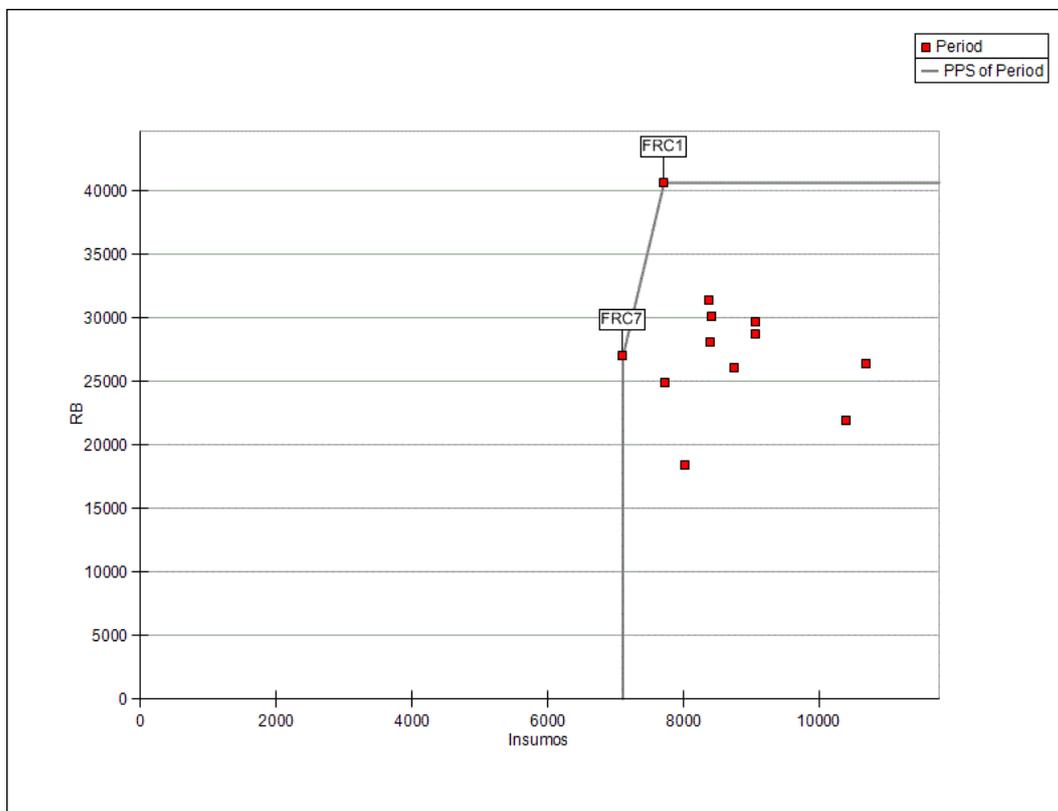
Com relação aos “Outros Gastos”, apenas as unidades produtivas CAP10 e CAP12 alcançaram a máxima eficiência nessa variável, conforme ilustrado na Figura 10. As unidades CAP1 e CAP12 foram destaques, sendo CAP12 destaque pelo melhor desempenho em obtenção de “Receita Bruta” e CAP1 em uma boa relação de desembolsos para “Serviços” e “Insumos” para a obtenção de “Receita Bruta”. Destaca-se que o tipo de produção adotado em CAP1 foi mecanizado e em CAP12 semimecanizado.

Figura 11 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Franca (SP).



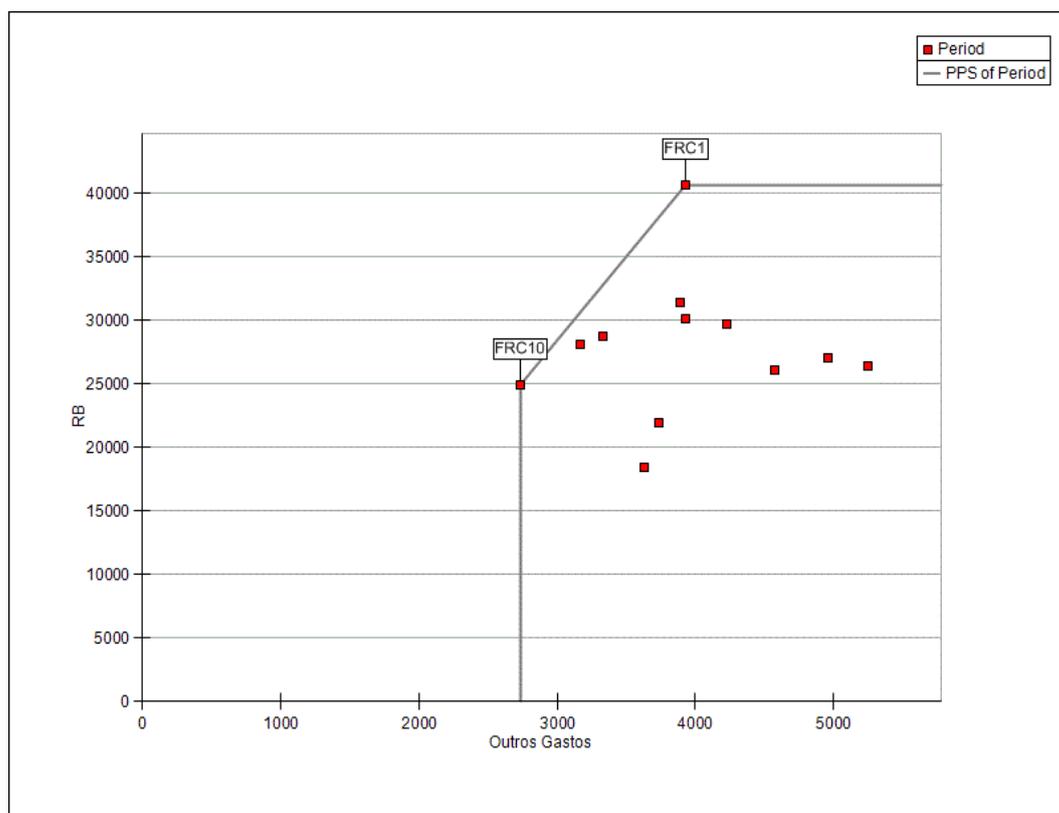
Fonte: Do autor (2023).

Figura 12 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Franca (SP).



Fonte: Do autor (2023).

Figura 13 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Franca (SP).

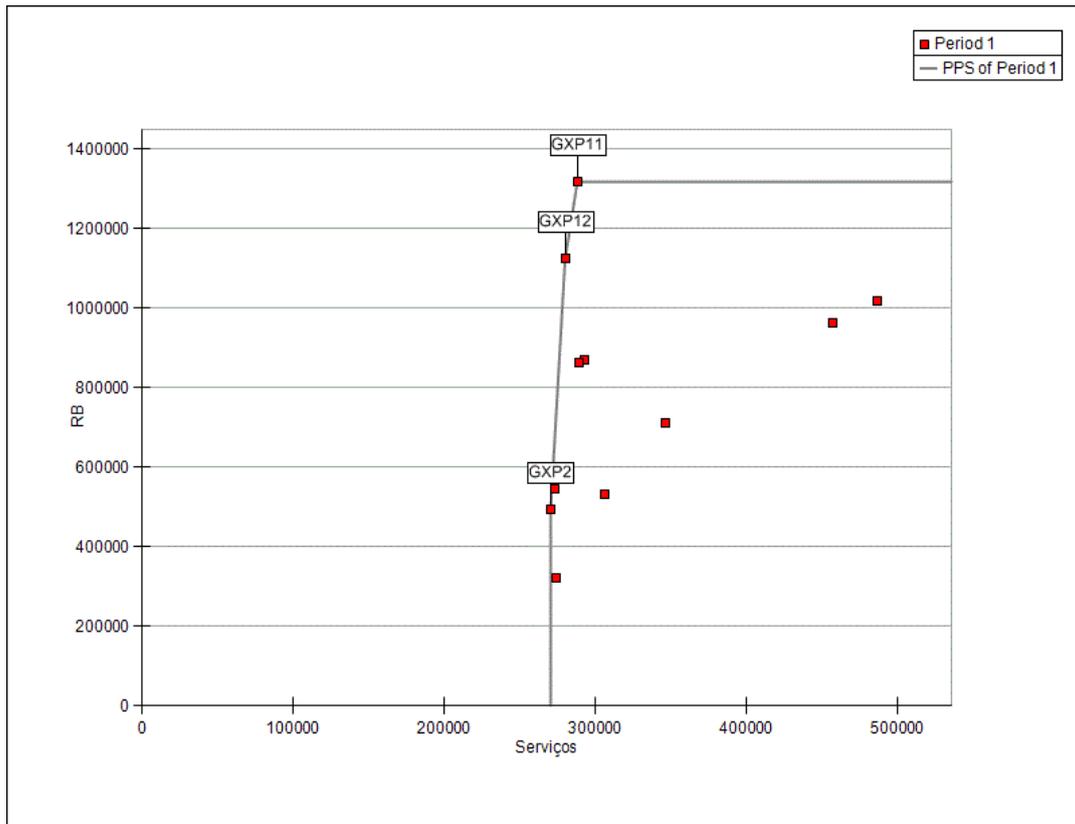


Fonte: Do autor (2023).

Ao analisar a Figura 11, pode-se observar que apenas as unidades FRC1 e FRC11 alcançaram a curva de eficiência para a variável "Serviços". Enquanto a FRC11 apresentou menos desembolsos em relação a essa variável, a FRC1 obteve uma melhor remuneração da "Receita Bruta". Na Figura 12, é apresentada a curva de eficiência para a variável "Insumos". As unidades FRC1 e FRC7 alcançaram a curva de eficiência em relação a essa variável, indicando que tiveram os melhores desempenhos em relação aos desprendimentos com esse input na geração de "Receita Bruta".

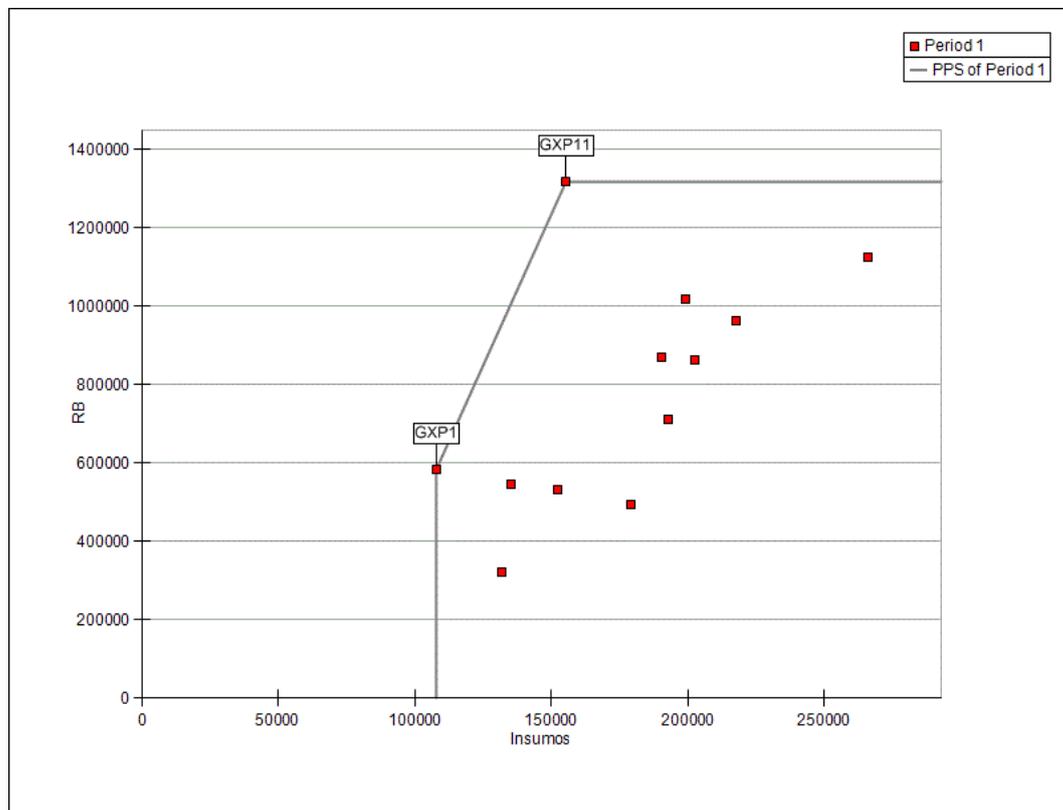
Subsequente, na Figura 13, pode-se observar a eficiência das unidades produtivas em relação à variável "Outros Gastos". Nesse caso, apenas as unidades FRC1 e FRC10 alcançaram a máxima eficiência para essa variável. Destaca-se que FRC1 ficou presente em todas as curvas de eficiência devido a maior remuneração em comparação aos outros anos além disso, apresentou o melhor rendimento para "Insumos".

Figura 14 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Guaxupé (MG).



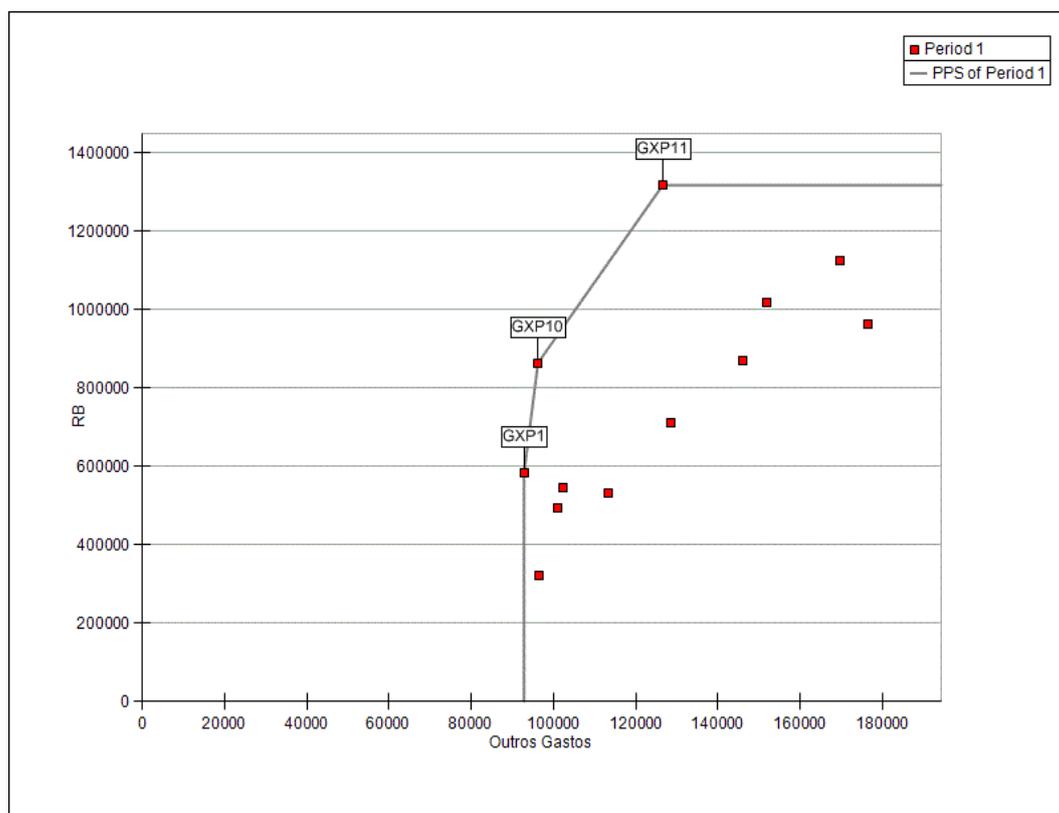
Fonte: Do autor (2023).

Figura 15 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Guaxupé (MG).



Fonte: Do autor (2023).

Figura 16 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Guaxupé (MG).



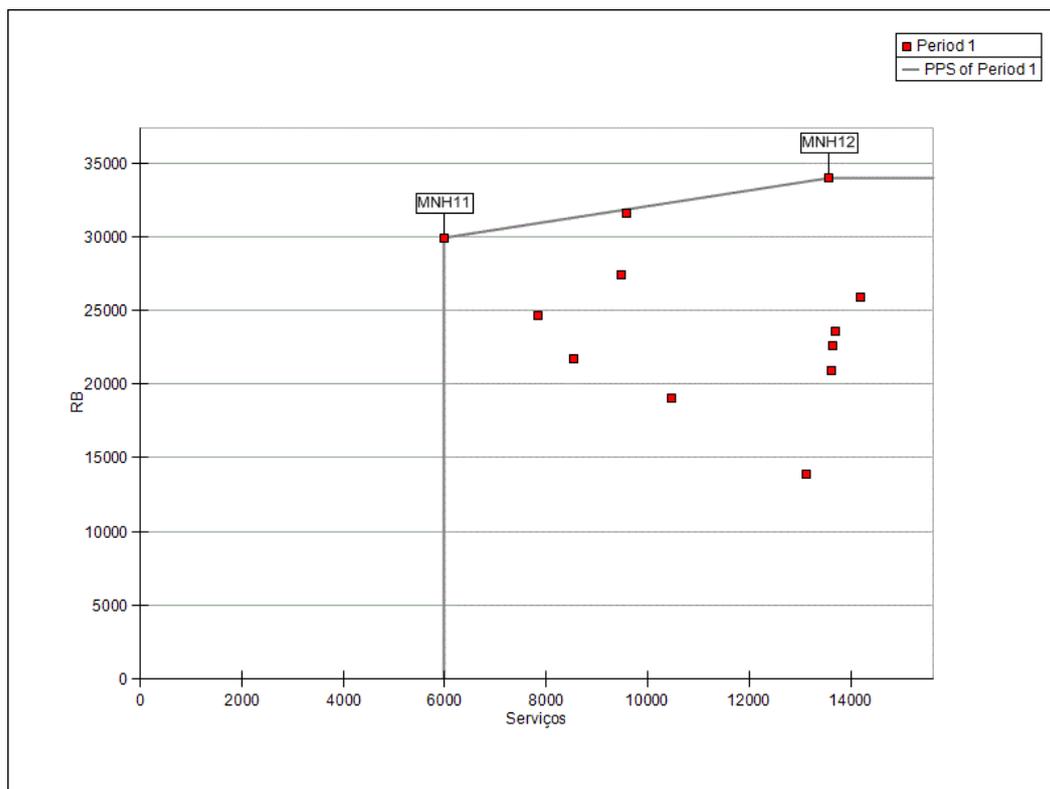
Fonte: Do autor (2023).

O modelo da DEA executado para as unidades produtivas de Guaxupé, apresentou resultados significativos em relação à eficiência das variáveis "Serviços", "Insumos" e "Outros Gastos". Na Figura 14, é possível observar que os modais GXP2, GXP11 e GXP12 alcançaram a máxima eficiência em relação à variável "Serviços" em relação à "Receita Bruta". Em outras palavras, essas unidades produtivas conseguiram obter um bom desempenho ao relacionar os desembolsos com serviços à geração de “Receita Bruta”.

Na Figura 15, é apresentada a curva de eficiência para a variável "Insumos", onde as unidades produtivas GXP1 e GXP11 se destacaram pela eficiência no uso dos insumos em relação à geração de receita bruta. Isso significa que essas unidades conseguiram utilizar os insumos de forma mais eficiente do que as outras unidades produtivas, a primeira pelo baixo valor necessário com o *input* e a segunda pelo alto valor de *output*.

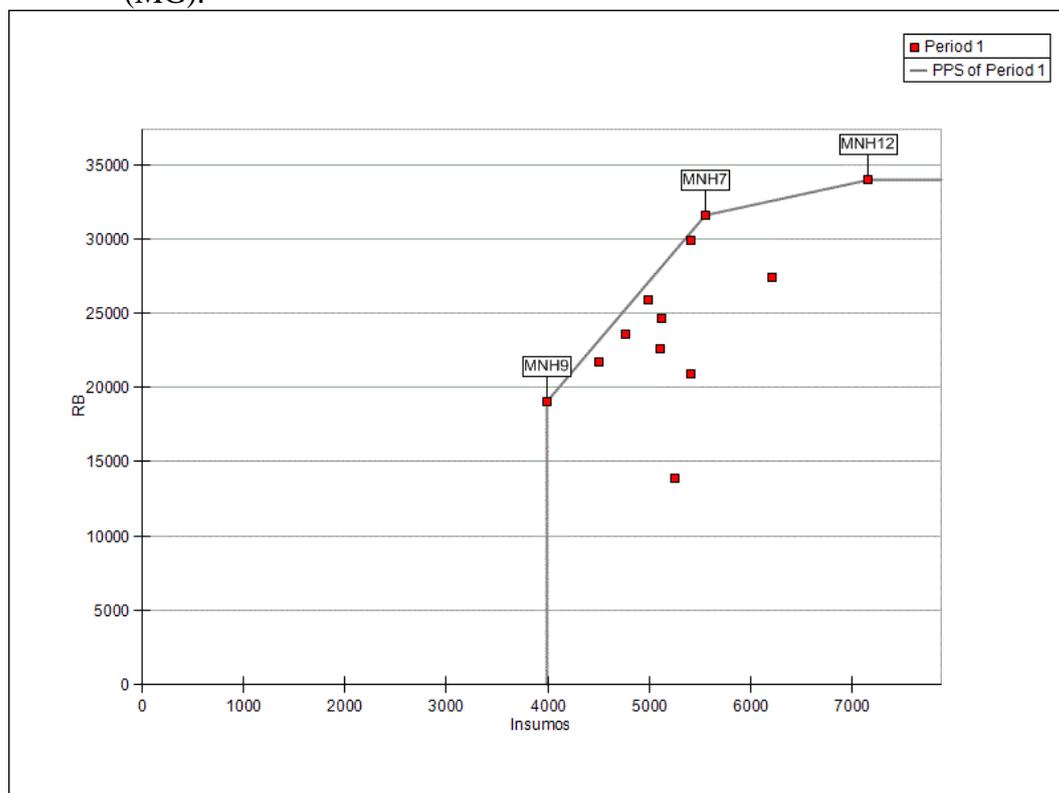
Já na Figura 16, é observado que os modais GXP1, GXP10 e GXP11 atingiram a curva de eficiência para a variável "Outros Gastos". Isso significa que essas unidades conseguiram gerar receita bruta com um bom desempenho em relação aos desembolsos com outros gastos em comparação com as outras unidades produtivas.

Figura 17 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Manhumirim (MG).



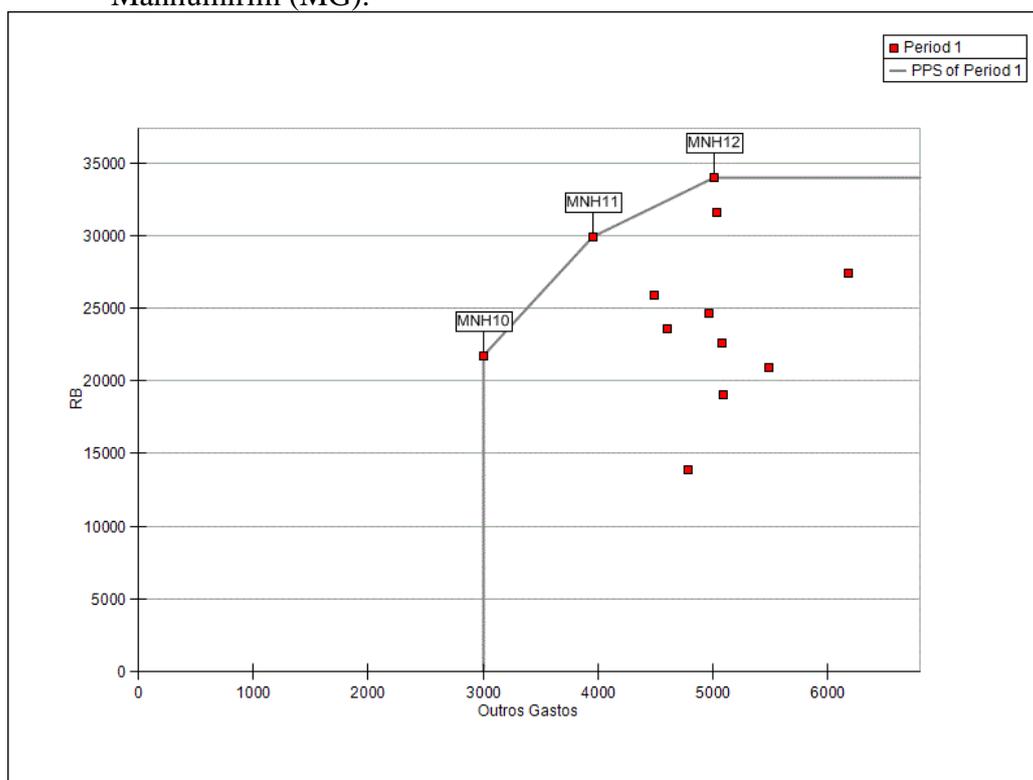
Fonte: Do autor (2023).

Figura 18 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Manhumirim (MG).



Fonte: Do autor (2023).

Figura 19 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Manhumirim (MG).

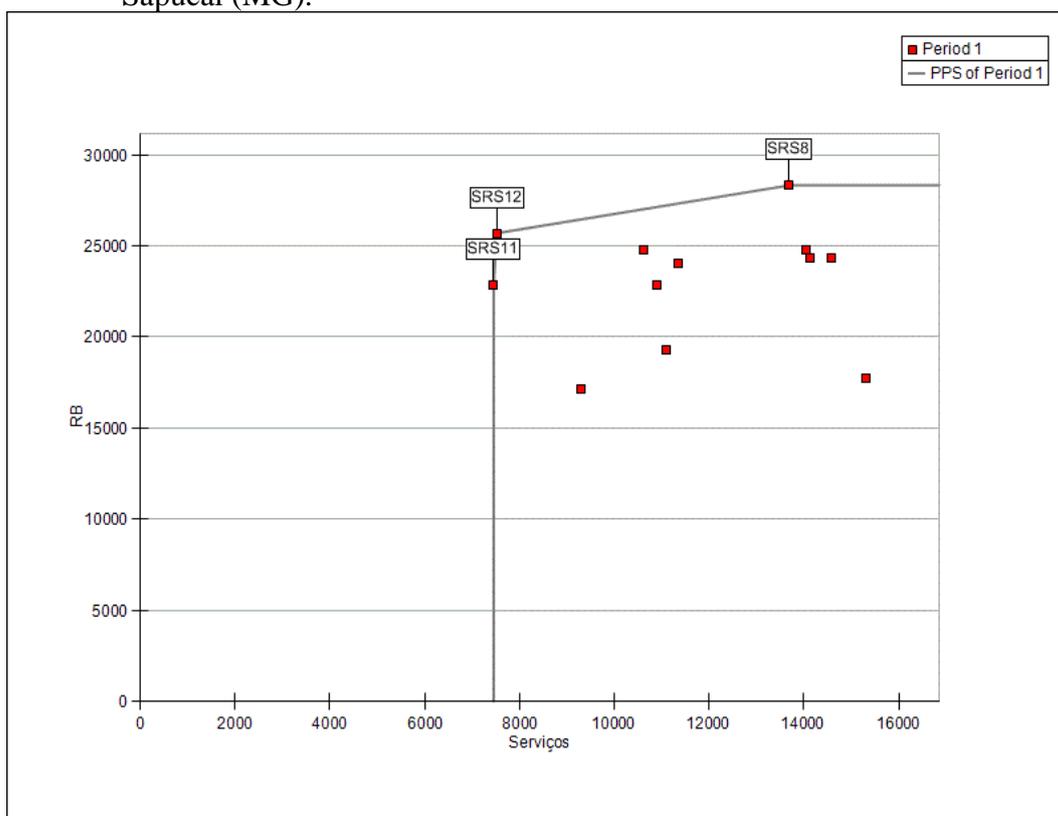


Fonte: Do autor (2023).

De acordo com os resultados obtidos na DEA para Manhumirim, as unidades produtivas MNH11 e MNH12 foram as únicas a atingirem a máxima eficiência na variável "Serviços", conforme pode ser observado na Figura 17, ressalta-se o uso de parceiros para a realização de serviços em MNH11. Já para a variável "Insumos", foram identificadas três unidades produtivas que alcançaram a curva de eficiência, sendo elas MNH7, MNH9 e MNH12, conforme apresentado na Figura 18. As unidades MNH7 e MNH12 se tornam destaque pela “Receita Bruta”

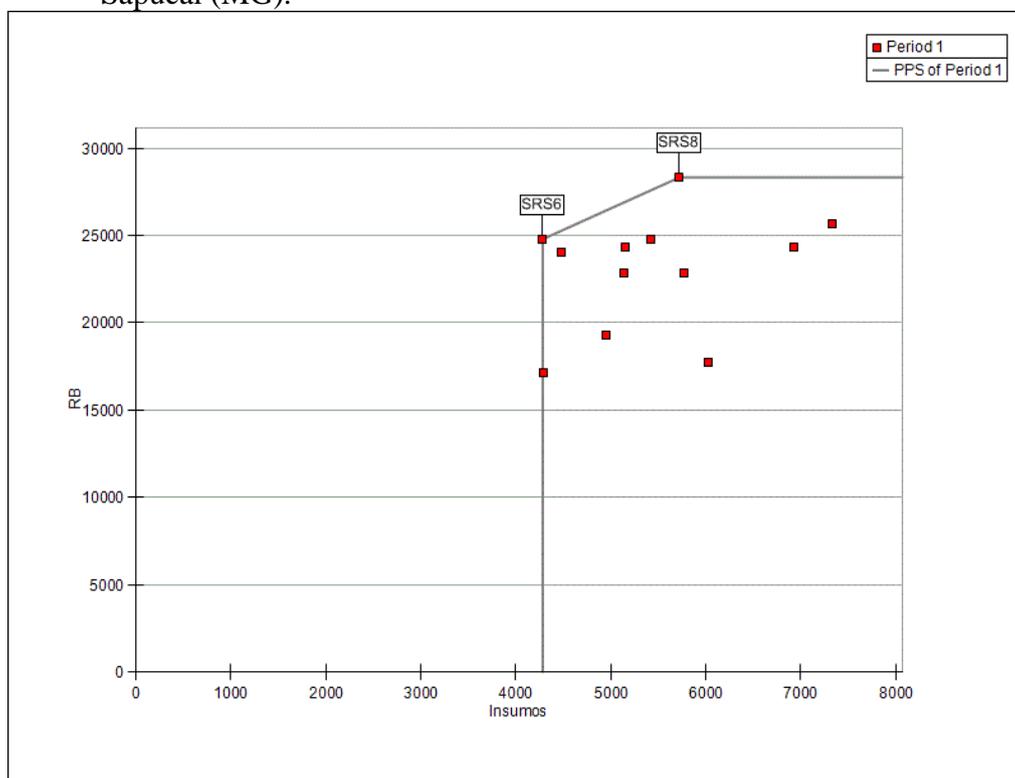
Adiante, em relação à variável "Outros Gastos", foram identificadas três unidades produtivas eficientes, sendo elas MNH10, MNH11 e MNH12, conforme pode ser observado na Figura 19. Esses resultados apontam para a importância da otimização do uso de insumos e demais gastos nas unidades produtivas de Manhumirim, visando maximizar a receita bruta gerada por essas unidades.

Figura 20 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para Santa Rita do Sapucaí (MG).



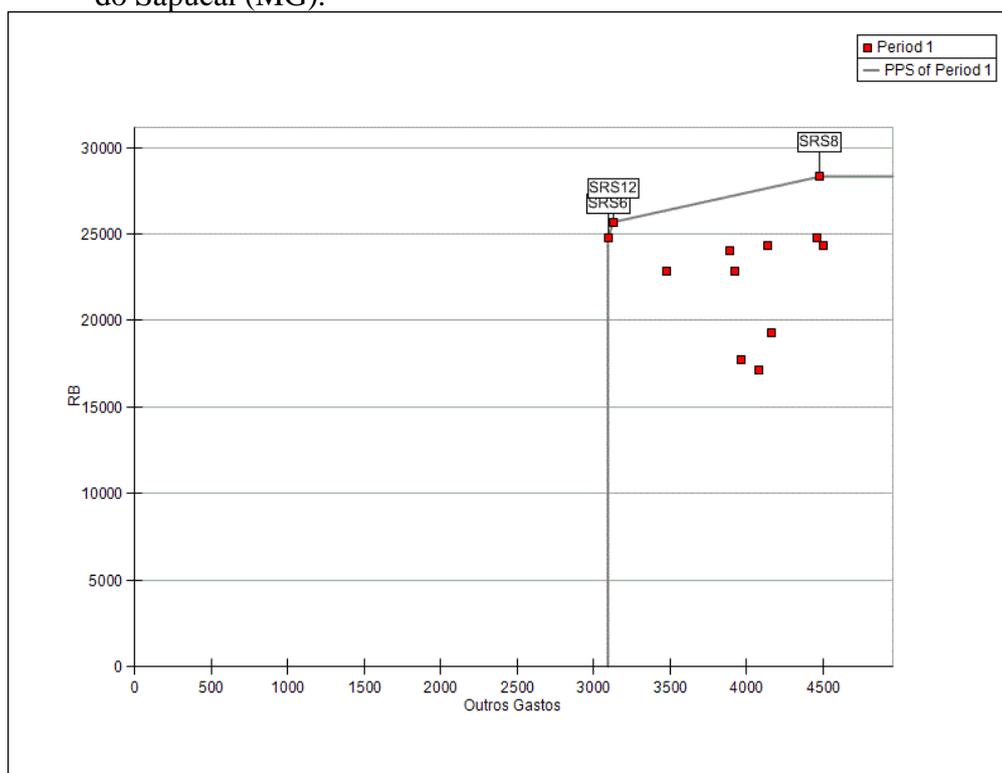
Fonte: Do autor (2023).

Figura 21 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para Santa Rita do Sapucaí (MG).



Fonte: Do autor (2023).

Figura 22 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para Santa Rita do Sapucaí (MG).



Fonte: Do autor (2023).

Após a análise das unidades produtivas de Santa Rita do Sapucaí, os resultados obtidos por meio da DEA indicam que os modais SRS8, SRS11 e SRS12 apresentaram a máxima eficiência para a variável "Serviços" em relação à "Receita Bruta", conforme apresentado na Figura 20. Já a Figura 21 apresenta a curva de eficiência para "Insumos", na qual as unidades SRS6 e SRS8 alcançaram o desempenho eficiente dos desembolsos com a variável em questão. Em relação aos "Outros Gastos", a Figura 22 mostra que os modais SRS6, SRS8 e SRS12 atingiram a curva de eficiência, indicando que essas unidades foram eficientes na utilização dos recursos destinados a essa variável.

Os alvos serão apresentados a seguir indicando onde as ineficiências foram mais impactantes e podem apresentar um melhor desempenho.

4.1.2. Alvos

Os alvos obtidos por meio da DEA indicam o desempenho máximo que cada unidade produtiva analisada poderia alcançar, considerando as entradas (inputs) e saídas (outputs) utilizadas na análise. Esses alvos são calculados com base no desempenho das unidades produtivas mais eficientes, que são utilizadas como referência para avaliar o desempenho das demais unidades.

Os alvos obtidos por meio da DEA são importantes porque permitem avaliar o desempenho das unidades produtivas em relação a um padrão de eficiência máximo, identificando aquelas que apresentam oportunidades de melhoria em seu desempenho.

A Tabela 2 apresenta o percentual que deve ser reduzido com a variável “Serviços” para atingir a eficiência econômica.

Tabela 2 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Serviços” atinjam os alvos.

Serviços (%)	BRJ	CAP	FRC	GXP	MNH	SRS
1	-29,69	0,00	0,00	0,00	-43,88	0,00
2	-1,94	-0,13	-28,36	0,00	-29,11	-16,80
3	-2,41	0,00	0,00	0,00	-32,51	-23,83
4	-5,11	0,00	0,00	0,00	-38,29	-11,69
5	-5,54	0,00	0,00	-7,11	-27,95	-6,93
6	0,00	0,00	0,00	-40,84	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	-37,02	0,00	-2,59
8	0,00	-21,56	0,00	-1,75	0,00	0,00
9	-10,12	-29,34	0,00	-16,89	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Do autor (2023).

Foram observados 6 DMUs de Brejetuba que poderiam melhorar o desempenho quanto aos desembolsos com “Serviços”, sendo os BRJ1, BRJ2, BRJ3, BRJ4, BRJ5 e BRJ9. Com o destaque para BRJ1 que necessita a redução em 29,69% com essa variável para atingir o desempenho eficiente. Todos os modais de Brejetuba apresentam o tipo de produção manual e o que pode justificar essas variações de desempenho está ligada a forma de alocação das atividades ou formas de remuneração vinculadas ao serviço prestado, seja por meio de parcerias na condução ou na colheita.

Em Capelinha, os modais CAP2, CAP8 e CAP9 não atingiram os alvos de eficiência com necessidade de redução maior a 20% nos “Serviços” para CAP8 e CAP9, que foram em que CAP8 foi um período de transição do tipo de produção mecanizado para o semimecanizado, que sucedeu os próximos anos. Franca demonstrou maior equilíbrio do desempenho de “Serviços” e apenas FRC2 não atingiu o alvo, sendo necessária a redução em 28,36% sem apresentar mudança quanto ao tipo de produção.

Os alvos não foram atingidos nos modais GXP5, GXP6, GXP7, GXP8 e GXP9, a transição de tipo de produção manual para a semimecanizada foi observada de GXP5 para GXP6, sendo neste onde a variável precisou maior redução para atingir o alvo. Outro momento de transição foi para GXP9, retornando ao tipo de produção manual.

Em Manhumirim, os modais que não atingiram o desempenho alvo foram os primeiros cinco, MNH1, MNH2, MNH3, MNH4 e MNH5, apresentando defasagem de desempenho relativamente mais altos, todos com tipo de produção manual, o que difere os modais de MNH6 e MNH7. Como o modelo de produção manual se repete em modais eficientes, sugere-se que as formas de alocação de mão de obra e/ou remuneração de parceiros ou safristas de colheita são responsáveis pelas ineficiências.

Santa Rita do Sapucaí teve perda de desempenho de “Serviços” nos modais SRS2, SRS3, SRS4, SRS5 e SRS7, tendo tipo de produção manual em todos os anos, sendo mais impactante essa perda em SRS3.

A Tabela 3 apresenta variações percentuais dos alvos dos insumos em relação aos valores reais utilizados na análise DEA para cada uma das unidades produtivas.

Tabela 3 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Insumos” atinjam os alvos.

Insumos (%)	BRJ	CAP	FRC	GXP	MNH	SRS
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	-8,02	0,00	0,00	-11,50
3	0,00	0,00	0,00	-14,12	0,00	0,00
4	0,00	0,00	-4,67	0,00	0,00	0,00
5	0,00	-1,14	-6,76	0,00	0,00	0,00
6	0,00	-23,51	-14,68	-21,93	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	-28,64	0,00	0,00
8	0,00	0,00	-10,37	-18,31	0,00	0,00
9	0,00	0,00	-18,34	-19,42	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	-16,60	0,00	0,00	0,00

Fonte: Do autor (2023).

Quanto a variável “Insumos”, todos os modais observados em Brejetuba e Manhumirim foram eficientes quanto a alocação dos insumos. Em Capelinha, apenas CAP5 e CAP6 foram ineficientes frente aos demais quanto aos desembolsos com insumos.

Franca tem a maior frequência de modais com déficit de desempenho, sendo sete dos doze (FRC2, FRC4, FRC5, FRC6, FRC8, FRC9 e FRC12) com a possibilidade de reduzir os desembolsos com “Insumos”. Isso pode ocorrer devido ao elevado grau tecnológico dos modais observados em Franca, que utiliza uma cesta de insumos (fertilizantes e defensivos) extensa, visando aumentar a produtividade da propriedade.

Em Guaxupé foi observado necessidade de aumento de desempenho em GXP3, GXP6, GXP7, GXP8 e GXP9, sendo os maiores em GXP6 e CXP7, anos de transição de tipo de produção “Manual” para “Semimecanizado”. E em Santa Rita do Sapucaí em apenas SRS2.

A tabela 4 apresenta a diferença percentual entre os alvos de “Outros Gastos” estabelecidos na análise DEA e os valores reais utilizados por cada uma das unidades produtivas.

Tabela 4 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Outros Gastos” atinjam os alvos.

Outros Gastos (%)	BRJ	CAP	FRC	GXP	MNH	SRS
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,83
2	-1,55	0,00	0,00	0,00	-8,23	0,00
3	0,00	0,00	-2,48	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	-3,34	-0,34	0,00	-12,67
5	0,00	-1,37	-0,02	0,00	-0,69	-5,92
6	0,00	-10,56	-7,36	-16,65	-10,14	0,00
7	0,00	0,00	0,00	-28,36	0,00	-15,55
8	0,00	0,00	-15,43	-13,43	-28,15	0,00
9	0,00	0,00	-4,17	-1,68	0,00	-17,21
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	-7,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	-35,44	0,00	0,00	0,00

Fonte: Do autor (2023).

A variável "Outros Gastos" diz respeito aos desembolsos realizados com materiais e equipamentos de curta duração, tais como equipamentos de proteção individual utilizados durante os processos de pulverização e colheita, bem como aqueles gastos relacionados à gestão administrativa da produção, tais como a energia elétrica utilizada em atividades de escritório e as máquinas empregadas na pós-colheita do café. Os custos relacionados à manutenção de máquinas e instalações, bem como aqueles relativos aos impostos, como o FUNRURAL, contabilidade, assistência técnica e despesas bancárias, também são considerados nessa variável.

Assim, pode-se afirmar que o alcance das metas relacionadas à variável "Outros Gastos", neste modelo que compara os resultados na conjuntura cronológica, está vinculado a mudanças no cenário administrativo da unidade produtiva em questão.

Com exceção dos modais BRJ2 e BRJ11, todas as unidades produtivas em Brejetuba conseguiram atingir suas metas de desempenho em relação à variável "Outros Gastos". Em Capelinha, por outro lado, os modais CAP5 e CAP6 não conseguiram

alcançar suas metas nessa mesma variável. Já em Franca, a análise apontou que as variedades FRC3, FRC4, FRC5, FRC6, FRC8, FRC9 e FRC12 apresentaram desempenho ineficiente em relação à variável em questão.

No decorrer da análise realizada em Guaxupé, observou-se que as unidades produtivas GXP4, GXP6, GXP7 e GXP8 apresentaram desempenho ineficiente em relação à variável "Outros Gastos". Em Manhumirim, foram detectadas ineficiências em relação a essa variável nos modais MNH2, MNH4, MNH6, MNH7 e MNH9.

Por fim, em Santa Rita do Sapucaí, a falta de eficiência no desempenho em relação à variável "Outros Gastos" foi observada nos modais SRS1, SRS4, SRS5, SRS7 e SRS9.

Na tabela 5, é apresentada a discrepância percentual entre os objetivos de "Receita Bruta" definidos na análise DEA e os valores reais empregados por cada uma das unidades produtivas.

Tabela 5 – Variação (%) necessária para que os ganhos com "Receita Bruta" atinjam os alvos.

Receita Bruta (%)	BRJ	CAP	FRC	GXP	MNH	SRS
1	13,44	0,00	0,00	0,00	3,39	13,05
2	56,83	20,42	8,87	0,00	45,50	13,83
3	107,23	78,28	88,84	103,52	109,35	53,69
4	31,28	0,00	26,02	14,32	6,19	10,80
5	34,82	52,29	27,00	101,44	23,67	11,40
6	0,00	29,49	36,37	29,38	13,25	0,00
7	0,00	0,00	0,00	36,84	0,00	5,10
8	0,00	54,43	51,32	51,30	15,94	0,00
9	35,21	71,73	54,02	85,17	0,00	33,82
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	13,70	0,00	0,00	0,00

Fonte: Do autor (2023).

Em 2013, a cafeicultura no Brasil enfrentou um cenário econômico desafiador. A produção de café atingiu um recorde histórico, até então, de 50,8 milhões de sacas, o que levou a uma queda nos preços do café no mercado internacional. Esse declínio nos preços foi causado, em parte, pelo aumento da oferta global, resultado de safras recordes no Brasil e em outros países produtores.

O preço do café no mercado internacional permaneceu relativamente estável ao longo de 2020, em parte devido à desvalorização do Real frente ao Dólar, resultando em maiores receitas para o café, o que incentivou as exportações.

Para o município de Brejetuba, foi constatado que os modais BRJ1, BRJ2, BRJ3, BRJ4, BRJ5, BRJ9 e BRJ11 não alcançaram a eficiência necessária em relação ao output "Receita Bruta". Da mesma forma, em Capelinha, CAP2, CAP3, CAP5, CAP6, CAP8 e CAP9 também apresentaram desempenho insuficiente nessa variável.

No município de Franca, verificou-se que os modais FRC2, FRC3, FRC4, FRC5, FRC6, FRC8, FRC9 e FRC12 apresentaram valores inferiores ao alvo estabelecido em relação à "Receita Bruta". Em Guaxupé, os valores reais em relação a essa variável foram menores do que o alvo nas unidades produtivas GXP3, GXP4, GXP5, GXP6, GXP7, GXP8 e GXP9.

Em Manhumirim, também foram observados valores inferiores aos alvos em relação à "Receita Bruta" nos modais MNH1, MNH2, MNH3, MNH4, MNH5, MNH6 e MNH8. Já em Santa Rita do Sapucaí, os modais SRS1, SRS2, SRS3, SRS4, SRS5, SRS7 e SRS9 também não alcançaram a eficiência necessária em relação a essa variável.

4.1.3. Eficiência

A Tabela 6 apresenta os resultados de eficiências obtidos por modal ao longo dos anos, ressalta-se que a execução do modelo foi realizada por modal (município) individualmente e as eficiências são calculadas nesse contexto. As comparações entre os diferentes municípios podem ser realizadas para identificar períodos de ineficiências e verificar há algum fator externo que justifique.

Tabela 6 – Índice de Eficiência Relativa das Unidades Produtivas Analisadas

Eficiência (%)	BRJ	CAP	FRC	GXP	MNH	SRS
1	88,15	100	100	100	96,72	88,46
2	63,77	83,04	91,86	100	68,73	87,85
3	48,25	56,09	52,96	49,14	47,77	65,06
4	76,17	100	79,35	87,47	94,17	90,26
5	74,17	65,67	78,74	49,64	80,86	89,77
6	100	77,23	73,33	77,29	88,3	100
7	100	100	100	73,08	100	95,15
8	100	64,76	66,08	66,1	86,25	100
9	73,96	58,23	64,93	54	100	74,73
10	100	100	100	100	100	100
11	99,74	100	100	100	100	100
12	100	100	87,95	100	100	100

Nota: considera-se as colunas os códigos para municípios e as linhas os códigos para os anos de coleta de dados.

Fonte: Do autor (2023).

Considerando as eficiências, observa-se algumas correlações entre os anos, o primeiro ponto a ser discutido é a eficiência obtidas em todos os modais no ano 10 que se refere a 2020, podendo ter sido obtido pelos maiores preços de no café. Outro ponto seria os menores preços na obtenção de insumos, na contratação de serviços ou outros gastos.

A minimização dos *inputs* ou a maximização dos *outputs* podem justificar os resultados e sugere-se que a valorização dos preços do café foi o ponto mais impactante.

Nesse sentido, os próximos anos seguem com preços mais elevados historicamente, e as perdas de eficiências podem ser justificadas pela redução na produtividade (o que limita a receita bruta) ou aumento nos custos dos insumos, que acompanharam os preços inflacionados de forma mais tardia, uma vez que o produtor faz a aquisição anterior ao ciclo de venda.

O ano 3, referente a 2013, é o que apresentou os piores índices de eficiências, coincidindo com a crise enfrentada pelos cafeicultores em 2013, quando os preços chegaram a patamares mais baixos reduzindo a receita bruta obtida.

Os alvos serão apresentados a seguir indicando onde as ineficiências foram mais impactantes e podem apresentar um melhor desempenho.

4.2. Resultados obtidos em comparação geral

Nesta etapa o objetivo deste estudo é apresentar os resultados da aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA), agora considerando todas as unidades produtivas que produzem café arábica entre si. Foram incluídos os painéis realizados em Apucarana, Caconde, Luís Eduardo Magalhães e Monte Carmelo, durante o período investigado. O estudo, porém, eliminou um outlier dos dados da amostra, a unidade CAC6. Cabe ressaltar que, inicialmente, foi identificada a presença de uma unidade outlier (CAC6), que foi excluída dos dados coletados.

A análise consistiu na obtenção das curvas de eficiência para as três variáveis avaliadas: "Serviços", "Insumos" e "Outros Gastos". Além disso, foram apresentados os alvos e a eficiência de cada unidade produtiva, permitindo uma comparação entre elas.

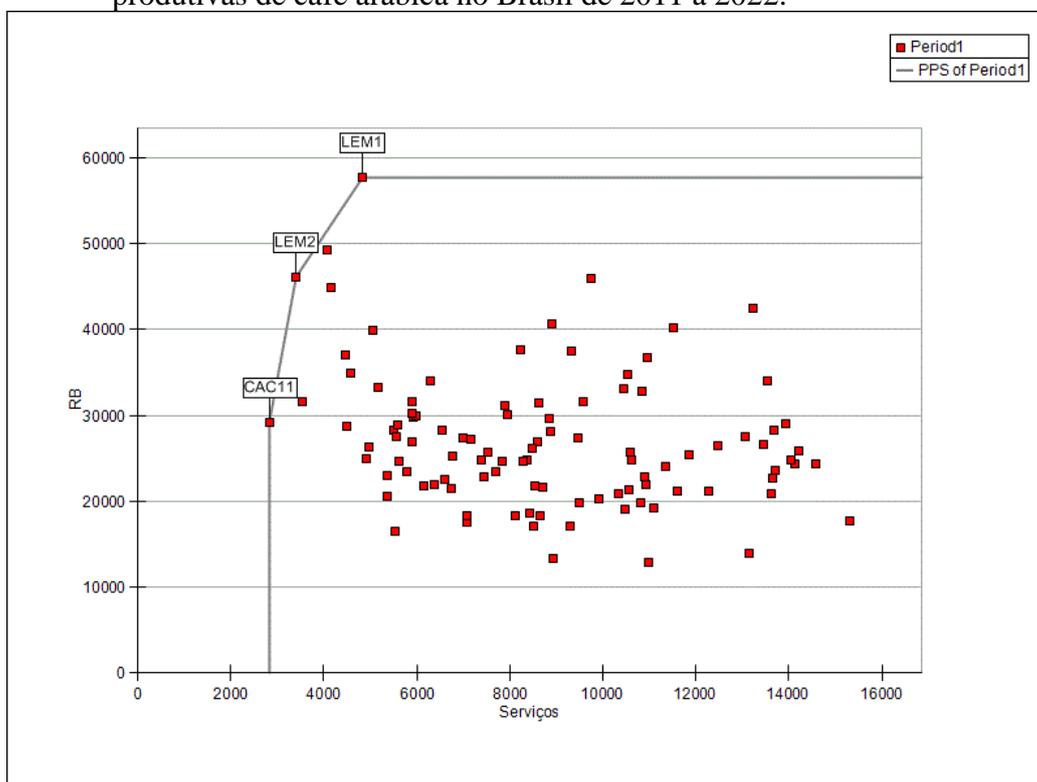
Os resultados indicaram que algumas unidades produtivas obtiveram um desempenho eficiente em relação às variáveis avaliadas, enquanto outras apresentaram um desempenho inferior. Dessa forma, a DEA se mostrou uma ferramenta útil para avaliar a eficiência das unidades produtivas de café arábica.

Com a apresentação desses resultados, espera-se contribuir para a tomada de decisão dos produtores de café arábica, permitindo a identificação de áreas que necessitam de melhorias para aumentar a eficiência produtiva.

4.2.1. Curvas de eficiência

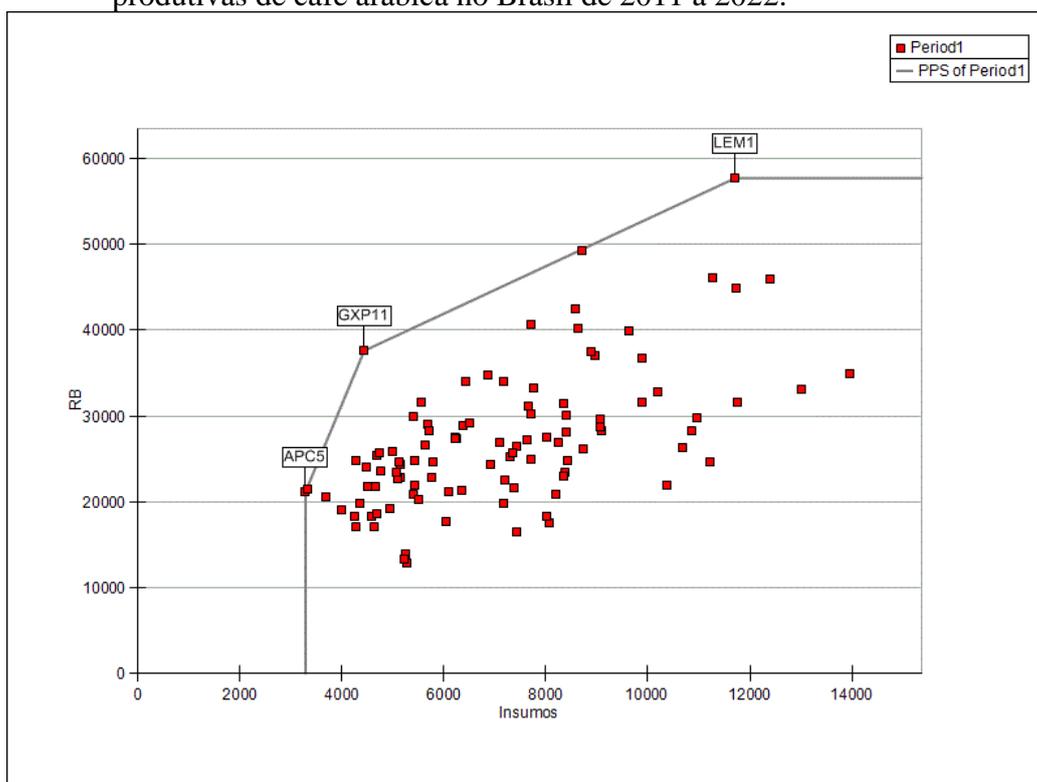
Com base na análise realizada, foram geradas as curvas de eficiência para cada variável (Serviços, Insumos e Outros Gastos) para todas as unidades produtivas de café arábica, com exceção da unidade outlier (CAC6). As curvas de eficiência permitem visualizar o desempenho de cada unidade em relação ao restante das unidades produtivas, indicando quais alcançaram a eficiência máxima na utilização de cada variável.

Figura 23 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Serviços” para unidades produtivas de café arábica no Brasil de 2011 a 2022.



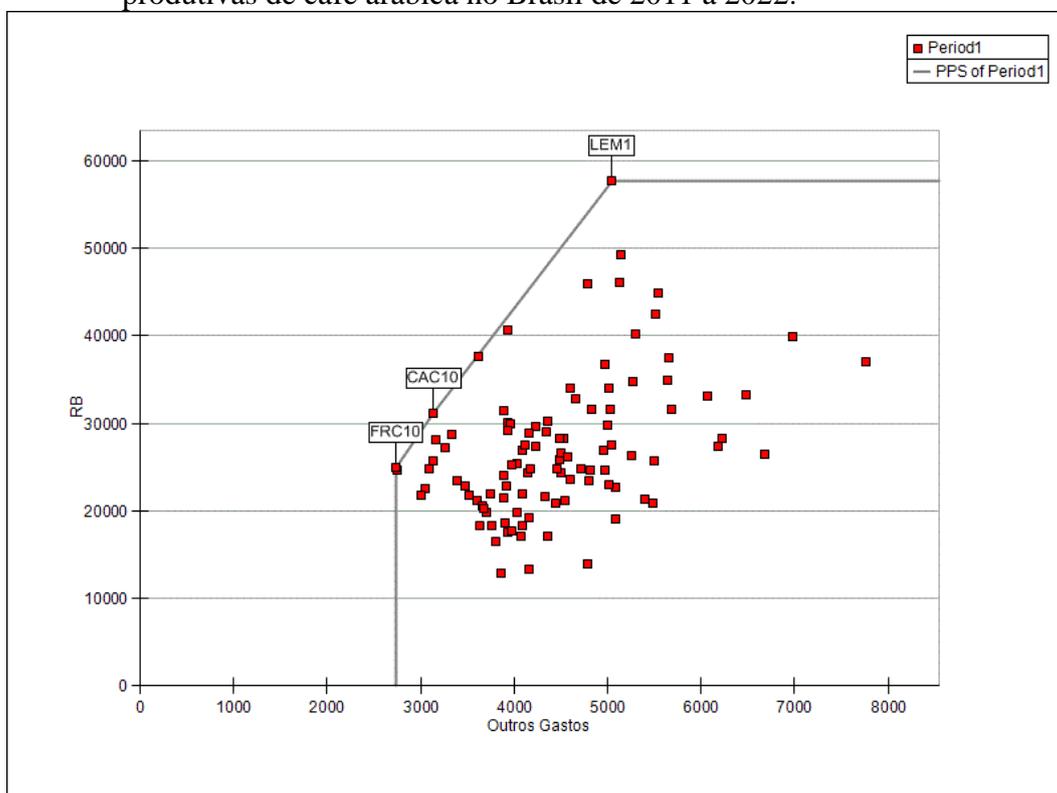
Fonte: Do autor (2023).

Figura 24 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Insumos” para unidades produtivas de café arábica no Brasil de 2011 a 2022.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 25 – Curva de eficiência “Receita Bruta” (RB) x “Outros Gastos” para unidades produtivas de café arábica no Brasil de 2011 a 2022.



Fonte: Do autor (2023).

Os resultados obtidos por meio da DEA para as unidades produtivas de café arábica indicaram que, em relação à curva de eficiência dos "Serviços" em relação a "Receita Bruta", apenas CAC11, LEM1 e LEM2 apresentaram o máximo desempenho da variável, conforme a Figura 23. Esses modais foram capazes de utilizar seus recursos de maneira eficiente, maximizando a receita bruta gerada pelos serviços prestados.

No que se refere à avaliação dos "Insumos" em relação à "Receita Bruta", os modais que tiveram máximo desempenho foram APC5, GXP11 e LEM1, conforme a Figura 24. Essas unidades produtivas foram capazes de utilizar seus insumos de forma eficiente, gerando uma maior receita bruta em relação ao valor investido em insumos.

Por fim, em relação aos "Outros Gastos", a Figura 25 apresenta os resultados de eficiência, indicando que apenas CAC10, FRC10 e LEM1 apresentaram rendimento máximo. Essas unidades produtivas foram capazes de minimizar seus gastos com outras despesas, maximizando a receita bruta gerada.

Esses resultados mostram a importância de uma boa gestão dos recursos e gastos para maximizar a eficiência das unidades produtivas de café arábica. A análise por meio da DEA pode auxiliar na identificação de pontos de melhoria e no desenvolvimento de estratégias para maximizar a eficiência das unidades produtivas.

4.2.2. Alvos

Considerando a importância dos alvos de desempenho na análise, a Tabela 7 apresenta o percentual de redução necessário com a variável "Serviços" para alcançar a eficiência econômica.

Tabela 7 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Serviços” atinjam os alvos.

Serviços (%)	APC	BRJ	CAC	CAP	FRC	GXP	LEM	MNH	MTC	SRS
1		-42,92		0,00	-20,84	-31,57	0,00	-43,83		-25,01
2		-4,38		0,00	-11,50	-34,58	0,00	-42,86	0,00	-51,52
3		-11,87		-2,00	0,00	-28,50	0,00	-40,21	0,00	-51,12
4		0,00		0,00	-13,44	-28,85	0,00	-41,04	0,00	-44,13
5	0,00	-3,81		-13,92	-19,86	-39,23	0,00	-41,91	-7,19	-44,63
6	-10,51	0,00	X	0,00	-27,76	-45,04	0,00	0,00	-12,47	0,00
7	-23,51	0,00	-45,61	0,00	-18,67	-43,40	0,00	-19,40	-3,33	-27,55
8	-45,25	0,00	-48,08	-21,19	-26,77	-7,31	0,00	-21,87	-5,15	-44,24
9	-30,48	0,00	-48,01	-37,34	0,00	-20,37		-8,79	-7,31	-27,90
10		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	-6,72
11		-32,57	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
12		-52,41	-53,75	-46,01	0,00	-34,06		-48,65	0,00	0,00

Fonte: Do autor (2023).

Verificou-se que todas as unidades produtivas observadas em Luís Eduardo Magalhães atingiram a eficiência no uso dos "Serviços". Além disso, observou-se uma frequência maior de eficiências para essa variável em Capelinha e Monte Carmelo, o que pode ser explicado pelo tipo de produção adotado em relação à condução dos tratos culturais e colheita. Os piores desempenhos observados foram nas unidades produtivas CAC12, BRJ12, SRS2, SRS3 e MNH12, todas se enquadram no tipo de produção Manual, destas, Santa Rita do Sapucaí tem a mão de obra contratada e as demais possuem mão de obra familiar.

A Tabela 8 exhibe as variações percentuais dos alvos dos “Insumos” em relação aos valores reais utilizados na análise envoltória de dados (DEA) para cada uma das unidades produtivas.

Tabela 8 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Insumos” atinjam os alvos.

Insumos (%)	APC	BRJ	CAC	CAP	FRC	GXP	LEM	MNH	MTC	SRS
1		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
2		0,00		0,00	-8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3		0,00		0,00	0,00	0,00	-12,91	0,00	0,00	0,00
4		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	-1,97	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,64	0,00		0,00	-0,13	0,00
10		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
11		0,00	0,00	0,00	-10,34	0,00		0,00	0,00	0,00
12		0,00	-10,04	-10,19	0,00	0,00		0,00	-16,76	0,00

Fonte: Do autor (2023).

A variável "Insumos" apresentou a maior quantidade de unidades que alcançaram a meta de desempenho. Os resultados indicam que os municípios com maior grau de tecnologia e investimento em insumos foram aqueles que apresentaram maior número de modalidades ineficientes em relação a essa variável. Os piores foram MTC12, LEM3, FRC9, FRC11 e CAP12, todos com cesta de insumos mais completas e são enquadradas como grandes propriedades de café, com no mínimo 50 ha de área produtiva. Dentre as unidades produtivas que apresentaram perda de desempenho no uso dos insumos, apenas CAC12 não se enquadra nas grandes propriedades.

Na tabela 9, é possível observar as variações percentuais dos alvos de "Outros Gastos" em relação aos valores reais utilizados na análise envoltória de dados (DEA) para cada uma das unidades produtivas.

Tabela 9 – Variação (%) necessária para que os desembolsos com “Outros Gastos” atinjam os alvos.

Outros Gastos (%)	APC	BRJ	CAC	CAP	FRC	GXP	LEM	MNH	MTC	SRS
1		-14,45		-5,98	0,00	-9,23	0,00	-17,00		0,00
2		-16,22		0,00	0,00	0,00	0,00	-30,63	0,00	-0,85
3		-9,36		0,00	0,00	-2,01	0,00	-21,08	0,00	-0,99
4		-2,84		-3,36	0,00	-7,00	0,00	-20,03	0,00	-16,64
5	0,00	-6,15		-6,78	0,00	-13,11	-8,17	-26,30	0,00	-14,61
6	-2,57	0,00	x	-4,48	0,00	-10,98	-30,06	-24,13	-1,96	0,00
7	-33,21	0,00	-16,03	-5,85	-16,54	-21,39	-35,22	-23,79	-17,47	-6,80
8	-36,99	0,00	-5,78	-3,10	-2,45	-8,73	-26,61	-35,90	-21,56	-13,69
9	-26,01	-11,43	0,00	-2,05	0,00	0,00		-29,03	0,00	-10,74
10		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	-11,41
11		-22,39	0,00	0,00	0,00	0,00		-3,97	0,00	0,00
12		-19,63	-16,79	0,00	-5,62	-20,59		-17,08	-10,34	0,00

Fonte: Do autor (2023).

Observa-se que a variável “Outros Gastos” têm mais unidades que não atingiram a meta em modais com o grau tecnológico menos elevado. Ressalta-se que em Manhumirim apenas MNH10 teve seu resultado em paridade ao alvo. Dentre os piores desempenhos, destacam-se APC8, MNH8, LEM7, APC7 e MNH2, os quais não apresentam relação aparente quanto as características deles.

A Tabela 10 revela as divergências percentuais entre as metas de "Receita Bruta" estabelecidas na análise DEA e os valores efetivamente utilizados por cada unidade produtiva.

Tabela 10 – Variação (%) necessária para que os ganhos com “Receita Bruta” atinjam os alvos.

Receita Bruta (%)	APC	BRJ	CAC	CAP	FRC	GXP	LEM	MNH	MTC	SRS
1		53,58		26,79	3,54	51,06	0,00	51,10		56,25
2		123,93		69,01	12,40	120,40	0,00	92,57	20,37	83,10
3		199,30		141,11	107,01	210,07	40,42	187,13	128,74	137,05
4		107,59		55,97	39,57	84,46	0,00	63,38	61,56	62,89
5	0,00	106,62		95,96	32,44	99,13	16,28	74,38	78,27	62,84
6	83,30	44,97	x	106,87	56,11	41,25	30,16	60,46	87,31	0,00
7	49,77	0,00	22,40	110,55	66,73	54,78	34,91	28,88	66,47	56,91
8	73,57	0,00	43,60	111,33	89,71	62,37	40,93	55,15	96,03	45,32
9	100,57	90,42	59,24	130,04	79,79	89,63		63,87	121,27	102,69
10		25,64	0,00	31,45	0,00	0,00		0,00	54,71	107,02
11		27,24	0,00	36,39	7,75	0,00		16,59	49,35	80,36
12		15,32	74,55	17,42	108,32	33,35		32,97	59,25	20,54

Fonte: Do autor (2023).

Em relação aos valores observados para a variável “Receita Bruta”, as metas foram atingidas em BRJ7 e BRJ8. Os piores resultados em 2013 são explicados pelos mesmos motivos da Tabela 5 citados anteriormente. Os comportamentos de mercado são influentes na análise da Receita Bruta, assim como a produtividade e a forma de comercialização. A redução de produtividade aliada a forma de comercialização foi determinante para que o resultado de FRC12 fosse tão negativo (o pior da série histórica para Franca).

4.2.3. Eficiência

A Tabela 11 apresenta os resultados da análise de eficiência de todos os modais produtivos de café arábica ao longo de diversos anos. A partir da consideração dos dados das 102 unidades produtivas remanescentes, observa-se que apenas 13 alcançaram a eficiência econômica almejada.

Tabela 11 – Índice de Eficiência Relativa de todas as Unidades Produtivas Analisadas.

Eficiência (%)	APC	BRJ	CAC	CAP	FRC	GXP	LEM	MNH	MTC	SRS
1		65,11		78,87	96,58	66,20	100,00	66,18		64,00
2		44,66		59,17	88,97	45,37	100,00	51,93	83,08	54,62
3		33,41		41,48	48,31	32,25	71,21	34,83	43,72	42,19
4		48,17		64,11	71,65	54,21	100,00	61,21	61,90	61,39
5	100,00	48,40		51,03	75,50	50,22	86,00	57,35	56,09	61,41
6	54,56	68,98		48,34	64,06	70,80	76,83	62,32	53,39	100,00
7	66,77	100,00	81,70	47,49	59,98	64,61	74,13	77,59	60,07	63,73
8	57,61	100,00	69,64	47,32	52,71	61,59	70,96	64,45	51,01	68,81
9	49,86	52,52	62,80	43,47	55,62	52,74		61,02	45,19	49,34
10		79,59	100,00	76,08	100,00	100,00		100,00	64,64	48,30
11		78,59	100,00	73,32	92,81	100,00		85,77	66,96	55,44
12		86,71	57,29	85,17	48,00	74,99		75,21	62,79	82,96

Nota: considera-se as colunas os códigos para municípios e as linhas os códigos para os anos de coleta de dados.

Fonte: Do autor (2023).

A análise envoltória de dados revelou que as eficiências em 13 unidades produtivas de café arábica, nomeadamente APC5, BRJ7, BRJ8, CAC10, CAC11, FRC10, GXP10, GXP11, LEM1, LEM2, LEM4, MNH10 e SRS6 atingiram 100% do índice. Dentre estas, somente APC5, com um tipo de produção semimecanizado, é classificada como eficiente. As unidades FRC10, LEM1, LEM2 e LEM4 apresentam um tipo de produção mecanizado, sendo que o sistema de cultivo varia entre não irrigado para Franca e irrigado para Luís Eduardo Magalhães. Por sua vez, as unidades BRJ7, BRJ8, CAC10, CAC11, MNH10 e SRS6 possuem um tipo de produção manual e sistema de cultivo não irrigado. De modo similar às análises individuais, as unidades eficientes são mais frequentes no ano 10, correspondente a 2020.

4.3. Discussão

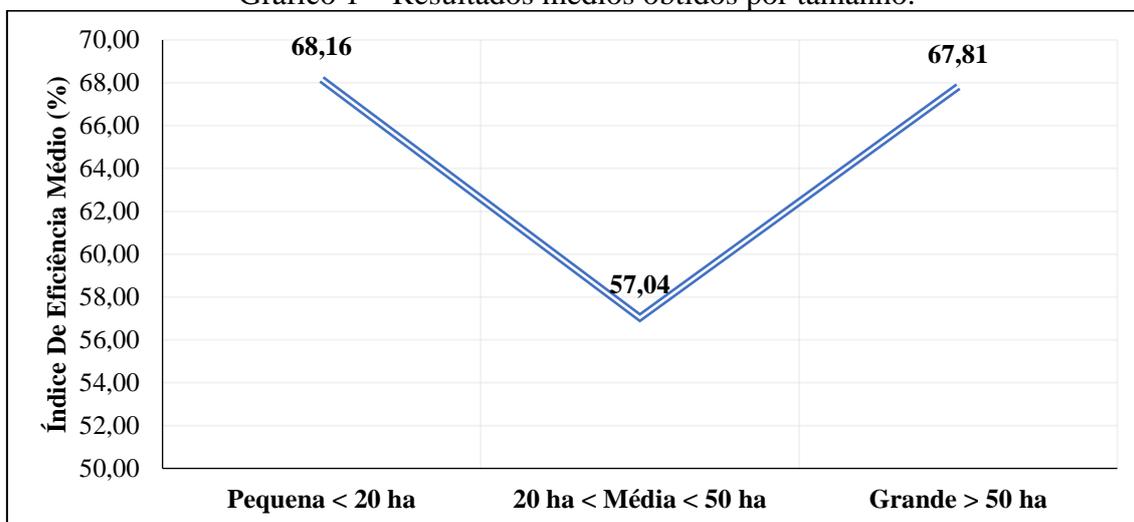
Após comparar os resultados obtidos pelas unidades produtivas em relação ao grau de tecnologia utilizado, verificou-se que mais unidades com produção manual apresentaram 100% de eficiência, enquanto as unidades com produção mecanizada e semimecanizada foram menos frequentes. Esses resultados corroboram o estudo de Lima (2006), que apontou que unidades produtivas com menor grau de tecnologia obtiveram resultados melhores em termos de otimização de custos para a geração de receitas. No entanto, quando comparados em relação aos resultados médios, a produção mecanizada demonstrou ser a mais eficiente, com uma média de eficiência econômica de 67,70%, seguida da produção manual com 66,61% e da produção semimecanizada com 66,07%.

É importante destacar que esses valores são bastante próximos, mas é preciso levar em consideração que diferentes culturas foram avaliadas neste estudo.

Quanto à mão de obra aplicada, foram observados três tipos: a contratada (considerando predominantemente aquelas com mão de obra paga fixa ou eventual), a mão de obra familiar (realizada predominantemente pelo proprietário e/ou familiares) e os parceiros (quando ocorre a utilização de mão de obra por meio de parceiros que recebem uma remuneração com base em um percentual da produção). Nesse cenário, os resultados obtidos se contrapõem ao estudo de Imori (2011), pois os menores resultados foram obtidos para a mão de obra contratada, com uma média de eficiência econômica de 63,98%, enquanto a mão de obra familiar obteve 73,74% de eficiência. No entanto, em relação aos parceiros, os resultados se assemelham aos de Larsén (2010), uma vez que os locais que utilizaram parcerias para a mão de obra tiveram os melhores resultados médios, com uma eficiência econômica média de 92,89%.

Alvarez e Arias (2004) buscaram traçar a relação entre o tamanho do estabelecimento e sua produtividade técnica. Nesse sentido, observou-se que as propriedades pequenas (até 20ha) foram as mais eficientes, com uma eficiência econômica média de 68,16%. Esse resultado diverge do encontrado por Olson e Vu (2009). As propriedades médias (de 21ha até 49ha) tiveram uma eficiência média de 57,04%, enquanto as grandes (maiores que 49ha) tiveram uma eficiência média de 67,81%. Esse comportamento se assemelha ao encontrado por Helfand e Levine (2004), que demonstraram que a relação entre o tamanho da fazenda e sua eficiência não é linear. Isso pode ser visualizado no Gráfico 1.

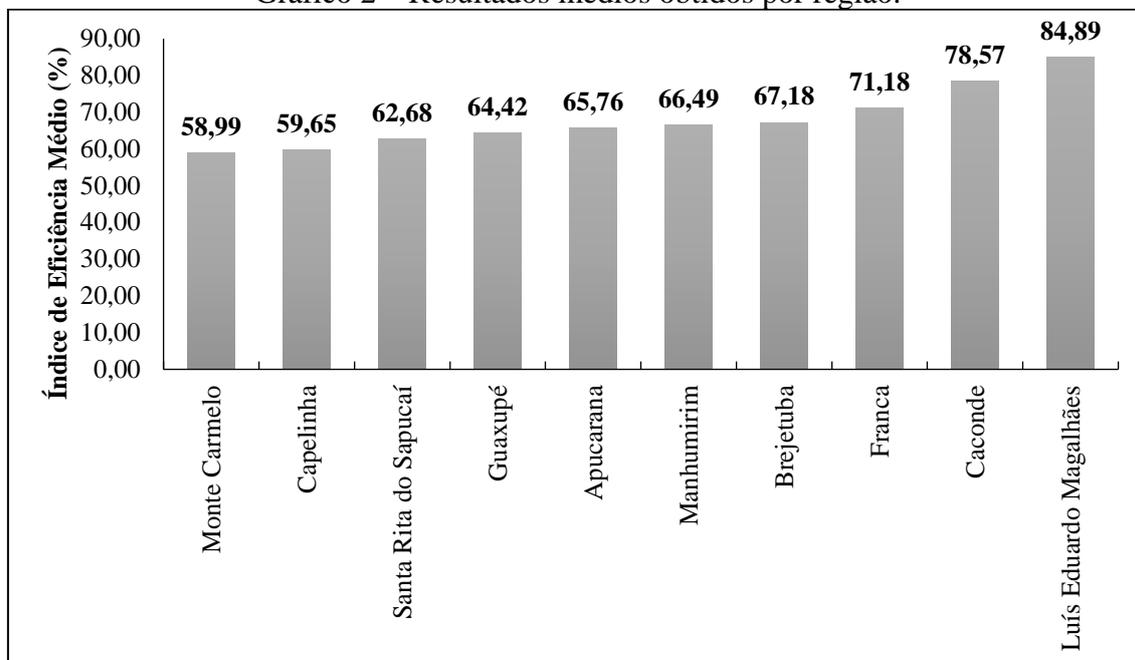
Gráfico 1 – Resultados médios obtidos por tamanho.



Fonte: Do autor (2023).

Assim como os trabalhos de Richetti e Reis (2003) e Barros, Costa e Sampaio (2004), que avaliaram a eficiência em diferentes setores e mapearam os resultados obtidos, o Gráfico 2 apresenta os resultados médios de cada região. De acordo com o gráfico, Luís Eduardo Magalhães (BA) obteve o melhor resultado médio.

Gráfico 2 – Resultados médios obtidos por região.



Fonte: Do autor (2023).

Na análise de eficiência com DEA, a eficiência de uma unidade produtiva é medida em relação às demais unidades em termos de como elas transformam inputs em outputs. Em outras palavras, a DEA identifica quais unidades são capazes de produzir a mesma quantidade de outputs com a menor quantidade de inputs possíveis ou, alternativamente, produzir a maior quantidade de outputs possíveis com a mesma quantidade de inputs das outras unidades.

Dessa forma, uma unidade produtiva que não atingiu o desempenho máximo em todas as variáveis ainda pode ser considerada eficiente na DEA, pois sua eficiência é avaliada em relação às outras unidades produtivas que foram analisadas. Se essa unidade está conseguindo produzir outputs com uma quantidade relativamente menor de inputs em comparação com as outras unidades, então ela ainda é considerada eficiente em relação ao grupo de unidades analisadas.

É importante lembrar que a eficiência obtida através da DEA é um indicador relativo e que as unidades consideradas eficientes são aquelas que estão próximas ou na

fronteira de eficiência, ou seja, aquelas que possuem a melhor relação entre inputs e outputs em comparação com as outras unidades analisadas.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, foi possível concluir que todos os objetivos propostos foram alcançados. Os objetivos da pesquisa incluíram a avaliação da eficiência econômica e apresentação das curvas de eficiência das principais regiões produtoras de café, tanto de maneira isolada para avaliar a conjuntura cronológica, quanto comparando diferentes tipos de produção e características regionais. Para alcançar esses objetivos, utilizou-se a técnica da DEA, que permitiu a apresentação das curvas de eficiência e identificação das unidades produtivas que atingiram a eficiência em cada variável. Por meio da aplicação da técnica aos dados coletados, foi possível realizar a comparação cronológica das diferentes regiões produtoras de café.

A utilização da DEA ocorreu por meio de duas abordagens distintas. A primeira consistiu na execução do modelo de forma individualizada para cada área produtiva, onde foram realizadas ao mínimo 12 anos de coletas. Já a segunda abordagem foi conduzida com a coleta de dados de todos os modais produtivos de café arábica já coletados.

No primeiro modelo, foi realizada uma análise da conjuntura temporal, a partir da qual se constatou que os índices de eficiência mais baixos foram obtidos em 2013. Somente em 2020 foi possível observar 100% de eficiência em todas as regiões avaliadas. No ano seguinte, apenas o município de Brejetuba não alcançou esse patamar, e em 2022, somente Franca não obteve tal nível de eficiência. Esses resultados evidenciam uma tendência positiva em relação à eficiência em geral, embora ainda haja variações não calculadas, nesse modelo, em termos de desempenho entre as diferentes regiões.

Na análise do segundo modelo, que compara diferentes modais de produção, observou-se que dentre as 102 unidades produtivas avaliadas, apenas 13 (12,7%) alcançaram 100% de eficiência econômica. Ao considerar os tipos de produção, concluiu-se que a produção manual apresentou mais unidades produtivas com 100% de eficiência tanto em números absolutos quanto relativos. Das unidades produtivas com produção manual, 16,3% atingiram eficiência econômica, enquanto apenas 11,8% das unidades produtivas com produção mecanizada e 5,3% das unidades produtivas com produção semimecanizada foram eficientes. Considerando valores médios de eficiência, foi possível observar que as unidades produtivas mecanizadas foram mais eficientes com 67,70% seguidas de manual e semimecanizada, respectivamente. As pequenas propriedades foram mais eficientes em média o que contrasta com a região mais eficiente que foi Luís Eduardo Magalhães com 300 ha de área produtiva.

Ao considerar o todo, o valor médio de eficiência para cafeicultura entre 2011 e 2022 foi de 66,93%, sendo um resultado inferior ao verificado no trabalho de Reis, Richetti e Lima (2005) que foi de 80,14% no Sul de Minas Gerais e superior ao encontrado por Freire et al (2012) que foi de 64,08%. Se considerar a métrica deste para apurar se o produtor é economicamente eficiente (valores maior ou igual a 90%), apenas 14,71% das unidades produtivas amostradas apresentaram esse resultado, o que já foi superior aos dados encontrados por eles.

Este trabalho contribui com a utilização uma extensa base de dados de informações modais sobre a cafeicultura brasileira, aplicando métodos de mensuração de eficiência que podem ser replicados em situações específicas de propriedades regionais, identificando ineficiências para correções posteriores.

Além disso, o estudo contribui teoricamente com a aplicação DEA em dois modelos diferentes, com o intuito de observar os melhores resultados cronologicamente e comparar as categorias e regiões distintas. No entanto, deve-se ressaltar que essa abordagem apresenta limitações, exigindo a utilização de dois modelos.

Outra limitação apontada foi em relação ao número de variáveis utilizadas na análise, uma vez que uma grande quantidade pode tornar a análise complexa e aumentar a probabilidade de resultados imprecisos ou distorcidos. Assim, é recomendado o uso de uma quantidade mínima de DMUs três vezes superior à quantidade de variáveis.

Propõe-se que novos estudos utilizando dados técnicos como quantidade de diárias de serviços, quantidade de insumos e horas de serviço mecanizado se relacionam com a produção, avaliando a eficiência técnica das unidades produtivas. Propõe-se ainda estender as comparações para outras culturas de mesma região, avaliando juntamente os valores de investimento a fim de apurar as melhores opções para desenvolvimento econômico, social e ambiental da região.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, Antonio e ARIAS, Carlos. Technical efficiency and farm size: a conditional analysis. **Agricultural Economics**, V. 30, pp.241-250, 2004.
- ANDRADE, V. A. B. **Eficiência técnica e rentabilidade na produção de leite no estado do Rio de Janeiro. 2003.** 92 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- ANSPACH, André. **Ranking dos estados brasileiros por culturas agrícolas: uma análise por envoltória de dados.** São Paulo: Instituto de Ensino e Pesquisa (Insper), 2016.
- ASMILD, Mette; HOUGAARD, Jens Leth. Economic versus environmental improvement potentials of Danish pig farms. **Agricultural Economics**, v. 35, n. 2, p. 171-181, 2006.
- BANKER, R.D.; CHARNES A.; COOPER, W.W. Some models for estimation technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, 30(9):1078-1092, 1984.
- BARROS, E. S.; COSTA, E. F.; SAMPAIO, T. **Análise de eficiência das empresas agrícolas do Pólo Petrolina/Juazeiro utilizando a fronteira paramétrica translog.** Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 42, n. 4, p. 597-614, out./dez. 2004.
- BIONDI NETO, Luiz. Neuro – DEA: **Nova Metodologia para Determinação da Eficiência Relativa de Unidades Tomadoras de Decisão.** Rio de Janeiro, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BREUSTEDT, Gunnar; LATACZ-LOHMANN, Uwe; TIEDEMANN, Torben. Organic or conventional? Optimal dairy farming technology under the EU milk quota system and organic subsidies. **Food Policy**, v. 36, n. 2, p. 223-229, 2011.
- CASADO, Frank Leonardo. Análise envoltória de dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na educação superior. **Revista Sociais e Humanas**, v. 20, n. 1, p. 59-71, 2007.
- CECAFE. Cecafé: Conselho dos Exportadores de Café do Brasil, c2022. **Relatório de exportações.** Disponível em: < <https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>>. Acesso em: 25 de jul. de 2022.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, 2(6),429-444, 1978.
- CHARNES, A.; et al. **Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications.** USA, Kluwer Academic Publishers, 1994.
- _____. **Data envelopment analysis: theory, methodology and application.** Second print. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1996.

CLEMENTE, Felipe; GOMES, Marília Fernandes Maciel; LIRIO, Viviani Silva. **Análise da eficiência técnica de propriedades citrícolas do estado de São Paulo.** Econ. Apl., Ribeirão Preto, v. 19, n. 1, p. 63-79, Mar. 2015. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-80502015000100063&lng=en&nrm=iso>. access on 23 Dec. 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-8050/ea104786>.

CLOUTIER, L. Martin; ROWLEY, Robin. Relative technical efficiency: data envelopment analysis and Quebec's dairy farms. **Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroéconomie**, v. 41, n. 2, p. 169-176, 1993.

CONAB. Conab: Companhia Nacional de Abastecimento, c2022. **Safras.** Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/897-cafe-total-parque-cafeeiro>>. Acesso em: 25 de jun. de 2022.

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

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

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

DEBLITZ et al., 1998 e DEBLITZ, 2013 - **The International Farm Comparison Network (IFCN) : Objectives, Organisation, First Results on Dairy Production.**

DEBREU, G. **The Coefficient of Resource Utilization.** Econometrica, v. 19, n. 3, p. 273, 1951.

DEMIRCAN, Vecdi et al. Assessing pure technical efficiency of dairy farms in Turkey. **Agricultural Economics-Czech**, v. 56, n. 3, p. 141-148, 2010.

DHUNGANA, Basanta R.; NUTHALL, Peter L.; NARTEA, Gilbert V. Measuring the economic inefficiency of Nepalese rice farms using data envelopment analysis. **Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 48, n. 2, p. 347-369, 2004.

DOS SANTOS GUERREIRO, Alexandra. **Análise da Eficiência de Empresas de Comércio Eletrônico usando Técnicas da Análise Envoltória de Dados.** 2006. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

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

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

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

FRIED, H.; LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, S.S. (eds). **The measurement of productive efficiency.** New York: Oxford University, 1993.

GOCHT, Alexander; BALCOMBE, Kelvin. Ranking efficiency units in DEA using bootstrapping an applied analysis for Slovenian farm data. **Agricultural Economics**, v. 35, n. 2, p. 223-229, 2006.

HEADEY, Derek; ALAUDDIN, Mohammad; RAO, DS Prasada. Explaining agricultural productivity growth: an international perspective. **Agricultural Economics**, v. 41, n. 1, p. 1-14, 2010.

HELFAND, Steven M.; LEVINE, Edward S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. **Agricultural economics**, v. 31, n. 2-3, p. 241-249, 2004.

HENGZHOU, Xu; TONG, Chen. Impact of farmers' differentiation on farmland-use efficiency: Evidence from household survey data in rural China. **Agricultural Economics**, v. 59, n. 5, p. 227-234, 2013.

IMORI, Denise. **Eficiência produtiva da agropecuária e patronal nas regiões brasileiras.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, 2011.

JAFORULLAH, Mohammad; WHITEMAN, John. Scale efficiency in the New Zealand dairy industry: a non-parametric approach. **Australian journal of agricultural and resource economics**, v. 43, n. 4, p. 523-541, 1999.

JOHANSSON, H. **Technical, allocative, and economic efficiency in Swedish dairy farms: the data envelopment analysis versus the stochastic frontier approach.** Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 35, n. 2, p. 95- 114, abr./jun. 1997.

KOČIŠOVÁ, Kristína. Application of the DEA on the measurement of efficiency in the EU countries. **Agricultural Economics**, v. 61, n. 2, p. 51-62, 2015.

KOOPMANS, T. C. **An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities.** In: Activity Analysis of Production and Allocation. [s.l: s.n.]. p. 225-87.

- KUMBHAKAR, S. C.; LOVELL, C. A. K. **Stochastic Frontier Analysis**. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- LANSINK, Alfons Oude; PIETOLA, Kyösti; BÄCKMAN, Stefan. Efficiency and productivity of conventional and organic farms in Finland 1994–1997. **European Review of Agricultural Economics**, v. 29, n. 1, p. 51-65, 2002.
- LARSÉN, Karin. Effects of machinery-sharing arrangements on farm efficiency: evidence from Sweden. **Agricultural Economics**, v. 41, n. 5, p. 497-506, 2010.
- LATRUFFE, Laure et al. Technical and scale efficiency of crop and livestock farms in Poland: does specialization matter?. **Agricultural economics**, v. 32, n. 3, p. 281-296, 2005.
- LIMA, A. L. R. **Eficiência produtiva e econômica da atividade leiteira em Minas Gerais**. 2006. 65 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- 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. 268-285, 2012.
- LINS, M.P.E.; ANGULO-MEZA, L. **Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão**. Rio de Janeiro: Editora da COPPE/UFRJ, 2000.
- MAPA. Mapa: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, c2018. **Café**. Disponível em: <

- MOUTINHO, Victor; ROBAINA, Margarita; MACEDO, Pedro. Economic-environmental efficiency of European agriculture—a generalized maximum entropy approach. **Agricultural Economics**, v. 64, n. 10, p. 423-435, 2018.
- NOWAK, Anna; KIJEK, Tomasz; DOMAŃSKA, Katarzyna. Technical efficiency and its determinants in the European Union. **Agricultural Economics**, v. 61, n. 6, p. 275-283, 2015.
- OHIRA, T. H.; SHIROTA, R. **Eficiência econômica: uma aplicação do modelo de fronteira estocástica em empresas de saneamento**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 33., 2005, Natal. Anais... Natal: ANPEC, 2005. 1 CD-ROM.
- OLSON, Kent; VU, Linh. Economic efficiency in farm households: trends, explanatory factors, and estimation methods. **Agricultural economics**, v. 40, n. 5, p. 587-599, 2009.
- PEREIRA, M. F. et al. **Mensuração da eficiência técnica na agropecuária brasileira através da estimação econométrica de fronteiras de produção**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 39., 2001, Recife. Anais... Recife: SOBER, 2001. 1 CD-ROM.
- PICAZO-TADEO, Andrés J.; REIG-MARTÍNEZ, Ernest. Outsourcing and efficiency: the case of Spanish citrus farming. **Agricultural Economics**, v. 35, n. 2, p. 213-222, 2006.
- PINDYCK, R. RUBINFELD, D. *Microeconomia*. 6ª ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2006.
- REIS, R. P.; RICHETTI, A.; LIMA, A. L. R. **Eficiência econômica na cultura do café: um estudo no sul de Minas Gerais**. Organizações Rurais e Agroindustriais, Lavras, v. 7, n. 1, p. 50-59, jan./jun. 2005.
- RICHETTI, A.; REIS, R. P. **Fronteira de produção e eficiência econômica na cultura da soja no Mato Grosso do Sul**. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 41, n. 1, p. 45-61, jan./mar. 2003.
- SAMOGGIA, A., and RIEDEL, B. (2018). **Coffee consumption and purchasing behavior review: Insights for further research**. *Appetite*, 129, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.07.002>
- SAN JUAN MESONADA, Carlos et al. **Efficiency, subsidies and environmental adaptation of animal farming under CAP**. University Library of Munich, Germany, 2005.
- SANTOS, J. A.; VIEIRA, W. C.; BAPTISTA, A. J. M. S. **Eficiência técnica na produção de leite em pequenas propriedades da microrregião de Viçosa**. Revista de Economia e Agronegócio, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 261-290, 2004.
- SCHERER, Clauber Eduardo Marchezan; PORSSE, Alexandre Alves. **Eficiência Produtiva Regional da Agricultura Brasileira: uma análise de fronteira estocástica**. Rev. Econ. Sociol. Rural, Brasília, v. 55, n. 2, p. 389-410, jun. 2017. Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032017000200389&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 22 dez. 2020.
<http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550210>.

SHAFIQ, Muhammad; REHMAN, Tahir. The extent of resource use inefficiencies in cotton production in Pakistan's Punjab: An application of Data Envelopment Analysis. **Agricultural Economics**, v. 22, n. 3, p. 321-330, 2000.

SHARMA, Khem R.; LEUNG, PingSun; ZALESKI, Halina M. Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii: a comparison of parametric and nonparametric approaches. **Agricultural economics**, v. 20, n. 1, p. 23-35, 1999.

SHRESTHA, Rudra Bahadur et al. Efficiency of small scale vegetable farms: policy implications for the rural poverty reduction in Nepal. **Agricultural Economics**, v. 62, n. 4, p. 181-195, 2016.

SOUZA, D. P. H. de. **Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite**. 2003. 147 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003.

THANH NGUYEN, Trung; HOANG, Viet-Ngu; SEO, Bumsuk. Cost and environmental efficiency of rice farms in South Korea. **Agricultural Economics**, v. 43, n. 4, p. 369-378, 2012.

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

TUPY, O. **Fronteiras estocásticas, dualidade neoclássica e eficiência econômica na produção de frangos de corte**. 1996. 91 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1996.

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

VASCONCELLOS, Marco Antonio S. de. **Economia**: micro e macro: teoria e exercícios, glossário com os 300 principais conceitos econômicos. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 441 p. ISBN 978-85-224433215.

WANG, Lijia; HUO, Xuexi; KABIR, Shajahan. Technical and cost efficiency of rural household apple production. **China Agricultural Economic Review**, 2013.

YANG, Chih-Ching; HSIAO, Ching-Kai; YU, Ming-Miin. Technical efficiency and impact of environmental regulations in farrow-to-finish swine production in taiwan. **Agricultural Economics**, v. 39, n. 1, p. 51-61, 2008.

ZILLI, J. B. **Os fatores determinantes para a eficiência econômica dos produtores de frango de corte: uma análise estocástica**. 2003. 147 p. Dissertação (Mestrado em

Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Orientação dos principais trabalhos utilizados.

Trabalho	Métodos	Área de aplicação
Larsén (2010)	DEA	Acordos de parceria
Shafiq e Rehman (2000)	DEA	Algodão
Dhungana et al (2004)	DEA	Arroz
Thanh Nguyen et al (2012)	DEA	Arroz
Freire et al (2012)	DEA	Café
Clemente et al (2015)	DEA	Citrus
Barros, Costa e Sampaio (2004)	DEA	Frutas
Gocht e Balcombe (2006)	DEA	Geral
Shrestha et al (2016)	DEA	Hortaliças
Jaforullah e Whiteman (1999)	DEA	Laticínios
Lasink et al (2002)	DEA	Orgânica x Convencional
Mesonada et al (2005)	DEA	Pecuária
Breustedt (2011)	DEA	Pecuária de leite
Cloutier e Rowley (1993)	DEA	Pecuária de leite
Deircan et al (2010)	DEA	Pecuária de leite
Mbaga et al (2003)	DEA	Pecuária de leite
Latruffe et al (2005)	DEA	Pecuária x Agricultura
Asmild e Hougaard (2006)	DEA	Suínos
Sharma, Leung e Zaleski (1999)	DEA	Suínos
Helfand e Levine (2004)	DEA	Tamanho x eficiência técnica
Oslon e Vu (2009)	DEA	Tamanho x eficiência técnica
Alvárez e Arias (2004)	DEA	Tamanho x produtividade
Headey et al (2010)	Fronteira estocástica e DEA	Geral
Imori (2011)	Fronteiras estocásticas	Agricultura familiar
Richetti e Reis (2003)	Função de produção	Soja
Lima (2006)	Função fronteira de produção	Pecuária de leite
Reis, Richetti e Lima (2005)	Função fronteira de produção	Café

Fonte: Do autor (2023).

APÊNDICE B – Características das unidades produtivas...

Ano	Código	Região	UF	Tipo de Produção	Área produtiva
2011	BRJ1	Brejetuba	ES	Manual	10
2011	CAP1	Capelinha	MG	Mecanizado	100
2011	FRC1	Franca	SP	Mecanizado	50
2011	GXP1	Guaxupé	MG	Manual	80
2011	LEM1	Luís Eduardo Magalhães	BA	Mecanizado	300
2011	MNH1	Manhumirim	MG	Manual	10
2011	SRS1	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	20
2012	BRJ2	Brejetuba	ES	Manual	10
2012	CAP2	Capelinha	MG	Mecanizado	100
2012	FRC2	Franca	SP	Mecanizado	50
2012	GXP2	Guaxupé	MG	Manual	30
2012	LEM2	Luís Eduardo Magalhães	BA	Mecanizado	300
2012	MNH2	Manhumirim	MG	Manual	10
2012	MTC2	Monte Carmelo	MG	Mecanizado	50
2012	SRS2	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	20
2013	BRJ3	Brejetuba	ES	Manual	10
2013	CAP3	Capelinha	MG	Mecanizado	100
2013	FRC3	Franca	SP	Mecanizado	35
2013	GXP3	Guaxupé	MG	Manual	30
2013	LEM3	Luís Eduardo Magalhães	BA	Mecanizado	300
2013	MNH3	Manhumirim	MG	Manual	10
2013	MTC3	Monte Carmelo	MG	Mecanizado	50
2013	SRS3	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	20
2014	BRJ4	Brejetuba	ES	Manual	10
2014	CAP4	Capelinha	MG	Mecanizado	100
2014	FRC4	Franca	SP	Mecanizado	35
2014	GXP4	Guaxupé	MG	Manual	30
2014	LEM4	Luís Eduardo Magalhães	BA	Mecanizado	300
2014	MNH4	Manhumirim	MG	Manual	10
2014	MTC4	Monte Carmelo	MG	Mecanizado	50
2014	SRS4	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	20
2015	APC5	Apucarana	PR	Semimecanizado	5
2015	BRJ5	Brejetuba	ES	Manual	10
2015	CAP5	Capelinha	MG	Mecanizado	100
2015	FRC5	Franca	SP	Mecanizado	35
2015	GXP5	Guaxupé	MG	Manual	30
2015	LEM5	Luís Eduardo Magalhães	BA	Mecanizado	300
2015	MNH5	Manhumirim	MG	Manual	10
2015	MTC5	Monte Carmelo	MG	Mecanizado	50
2015	SRS5	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	20
2016	APC6	Apucarana	PR	Semimecanizado	5
2016	BRJ6	Brejetuba	ES	Manual	10
2016	CAC6	Caconde	SP	Manual	5
2016	CAP6	Capelinha	MG	Mecanizado	100
2016	FRC6	Franca	SP	Mecanizado	35
2016	GXP6	Guaxupé	MG	Semimecanizado	10

APÊNDICE B – ... Características das unidades produtivas ...

Ano	Código	Região	UF	Tipo de Produção	Área produtiva
2016	LEM6	Luís Eduardo Magalhães	BA	Mecanizado	300
2016	MNH6	Manhumirim	MG	Semimecanizado	10
2016	MTC6	Monte Carmelo	MG	Mecanizado	50
2016	SRS6	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	20
2017	APC7	Apucarana	PR	Semimecanizado	5
2017	BRJ7	Brejetuba	ES	Manual	10
2017	CAC7	Caconde	SP	Manual	5
2017	CAP7	Capelinha	MG	Mecanizado	100
2017	FRC7	Franca	SP	Mecanizado	35
2017	GXP7	Guaxupé	MG	Semimecanizado	10
2017	LEM7	Luís Eduardo Magalhães	BA	Mecanizado	300
2017	MNH7	Manhumirim	MG	Semimecanizado	10
2017	MTC7	Monte Carmelo	MG	Mecanizado	50
2017	SRS7	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	20
2018	APC8	Apucarana	PR	Semimecanizado	5
2018	BRJ8	Brejetuba	ES	Manual	10
2018	CAC8	Caconde	SP	Manual	5
2018	CAP8	Capelinha	MG	Semimecanizado	100
2018	FRC8	Franca	SP	Mecanizado	50
2018	GXP8	Guaxupé	MG	Semimecanizado	10
2018	LEM8	Luís Eduardo Magalhães	BA	Mecanizado	300
2018	MNH8	Manhumirim	MG	Manual	5
2018	MTC8	Monte Carmelo	MG	Mecanizado	50
2018	SRS8	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	30
2019	APC9	Apucarana	PR	Semimecanizado	5
2019	BRJ9	Brejetuba	ES	Manual	10
2019	CAC9	Caconde	SP	Manual	5
2019	CAP9	Capelinha	MG	Semimecanizado	100
2019	FRC9	Franca	SP	Mecanizado	50
2019	GXP9	Guaxupé	MG	Manual	10
2019	MNH9	Manhumirim	MG	Manual	5
2019	MTC9	Monte Carmelo	MG	Mecanizado	50
2019	SRS9	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	20
2020	BRJ10	Brejetuba	ES	Manual	10
2020	CAC10	Caconde	SP	Manual	5
2020	CAP10	Capelinha	MG	Semimecanizado	100
2020	FRC10	Franca	SP	Mecanizado	50
2020	GXP10	Guaxupé	MG	Manual	8
2020	MNH10	Manhumirim	MG	Manual	5
2020	MTC10	Monte Carmelo	MG	Mecanizado	50
2020	SRS10	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	20
2021	BRJ11	Brejetuba	ES	Manual	10
2021	CAC11	Caconde	SP	Manual	5
2021	CAP11	Capelinha	MG	Semimecanizado	100
2021	FRC11	Franca	SP	Mecanizado	50
2021	GXP11	Guaxupé	MG	Manual	8

APÊNDICE B – ... Características das unidades produtivas.

Ano	Código	Região	UF	Tipo de Produção	Área produtiva
2021	MNH11	Manhumirim	MG	Manual	5
2021	MTC11	Monte Carmelo	MG	Mecanizado	50
2021	SRS11	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	20
2022	BRJ12	Brejetuba	ES	Manual	10
2022	CAC12	Caconde	SP	Manual	5
2022	CAP12	Capelinha	MG	Semimecanizado	100
2022	FRC12	Franca	SP	Mecanizado	50
2022	GXP12	Guaxupé	MG	Manual	8
2022	MNH12	Manhumirim	MG	Manual	5
2022	MTC12	Monte Carmelo	MG	Mecanizado	50
2022	SRS12	Santa Rita do Sapucaí	MG	Manual	20

Fonte: Do autor (2023).