



**JOÃO VITOR RODRIGUES BELO**

**EFICIÊNCIA COMPARADA ENTRE AS REGIÕES PRODUTORAS DE  
BANANA NO BRASIL**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**JOÃO VITOR RODRIGUES BELO**

**EFICIÊNCIA COMPARADA ENTRE AS REGIÕES PRODUTORAS DE  
BANANA NO BRASIL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Jaqueline Severino da Costa  
Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2021**

## AGRADECIMENTOS

Para começar, é de suma importância agradecer a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por me conduzir durante toda a jornada traçada na Universidade, e por me ajudar a ter força para superar desafios pessoais e profissionais. Agradeço a minha família, em especial ao meu querido pai, José, e a minha querida mãe, Rosa, assim como meu irmão Gabriel. Ambos são luzes em minha vida e sempre me forneceram todo o amor e carinho necessário, me tornando a pessoa que sou hoje. Integridade, amor ao próximo, respeito e humildade são os princípios básicos que cultivo todos os dias, baseado na família que tenho, felizmente. Além disso, não poderia deixar jamais de citar minha namorada, Isabela, que me acompanhou e incentivou durante parte dessa trajetória.

Meus mais sinceros cumprimentos à Universidade Federal de Lavras e a toda sua equipe técnica, não só aos professores, mas todos os servidores que de alguma maneira colaboram diariamente para o bom funcionamento, organização e cuidado com a Universidade. Em especial, gostaria de mencionar o carinho e admiração pela professora e orientadora, Dra. Jaqueline Severino da Costa, que sempre se mostrou uma mulher íntegra, forte e dedicada no ensino aos alunos. Deixo aqui minha profunda gratidão pela orientação e paciência durante esses últimos meses.

Por último, e não menos importante, deixo aqui o meu muito obrigado a todos os meus amigos e amigas, que sempre estiveram ao meu lado, gerando bons sorrisos, com muita cumplicidade. É graças a eles que consigo superar as adversidades da vida e a eles devo meu respeito e admiração.

Vamos juntos em busca de várias conquistas e que essa seja apenas a primeira de muitas. Obrigado!

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área plantada com banana no Brasil e nos principais estados produtores (ha).....	13
Figura 2 - Produção de banana no Brasil e nos principais estados produtores (ton).....	14
Figura 3 - Produtividade por área da bananicultura nacional e dos principais estados produtores (kg ha-1) .....	14
Figura 4 - Valor Bruto da Produção de banana no Brasil e maiores estados produtores (em bilhões de R\$).....	15
Figura 5 - Fronteira de Eficiência.....	17
Figura 6 - Fronteira de Eficiência e distâncias das DMU's ineficientes .....	18
Figura 7 - Dispersão das regiões produtoras de banana no Brasil considerando COE e produtividade .....	21
Figura 8 - Score de Eficiência das regiões produtoras de banana aplicando o modelo BCC ...	22
Figura 9 - Score de Eficiência das regiões produtoras de banana aplicando o modelo CCR ...	22

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Análise dos pesos dos modelos CCR e BCC .....	23
Tabela 2 - Medidas de Eficiência padrão, invertida e composta .....	23
Tabela 3 - Classificação das unidades por eficiência .....	24
Tabela 4 - Alvos e folgas das unidades com baixa eficiência .....	25

## RESUMO

A banana (*Musa spp.* L.) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo produzida em grande parte dos países tropicais, representando assim, uma enorme importância para o cenário econômico e produtivo mundial. Apesar da ampla distribuição por todo o território brasileiro, a bananicultura brasileira apresentou redução da área plantada, porém ainda continuou com importância para o comércio exterior brasileiro em 2020. O destino da maior parte da banana produzida no Brasil é voltado para o mercado doméstico em razão da incompatibilidade entre variedades produzidas no Brasil e os gostos dos consumidores de outros países, tamanho do mercado doméstico e cadeia produtiva desorganizada. Em razão da importância da cultura da banana para o Brasil, o objetivo deste trabalho foi calcular e comparar as regiões em termos de eficiência produtiva. Para tal utilizou-se o modelo metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA) utilizando as informações sobre os custos de produção de banana nas regiões brasileiras coletadas pelo projeto "Campo Futuro". Os resultados mostraram que a região de Anápolis/GO (prata) e Barreiras/BA (nanica) foram as mais eficientes na produção de banana no Brasil. Já a região de Jaíba/MG (prata) foi a menos eficiente se comparada a demais regiões produtoras, pois os custos observados (COE) superaram em R\$ 114,13 os valores ideais. Já a produtividade observada de 24 ton.ha<sup>-1</sup> ficou muito abaixo do valor ideal que era de 70 ton.ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Custo de produção. Eficiência. Produtividade

## ABSTRACT

Banana (*Musa* spp. L.) is one of the most consumed fruits in the world, being produced in most tropical countries, thus representing an enormous importance for the world economic and productive scenario. Despite its wide distribution throughout the Brazilian territory, the Brazilian banana production showed a reduction in planted area, but it is still important for Brazilian foreign trade in 2020. The destination of most of the banana produced in Brazil is turned to the domestic market because of this the incompatibility between varieties produced in Brazil and the tastes of consumers in other countries, the size of the domestic market and a disorganized production chain. Due to the importance of the banana crop for Brazil, the objective of this work was to calculate and compare the regions in terms of productive efficiency. For this purpose, the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology model was used, using information on banana production costs in Brazilian regions collected by the "Campo Futuro" project. The results showed that the region of Anápolis/GO (silver) and Barreiras/BA (dwarf) were the most efficient in banana production in Brazil. The region of Jaíba/MG (silver) was the least efficient compared to other producing regions, as the observed costs (COE) exceeded the ideal values by R\$ 114.13. The observed productivity of 24 ton.ha<sup>-1</sup> was far below the ideal value, which was 70 ton.ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Production cost. Efficiency. Productivity.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1 Introdução histórica .....	11
2.2 Dinâmica da cultura da banana no Brasil .....	13
2.2.1 Área plantada, produção, produtividade, valor da produção (VBP) e valor das exportações de banana no Brasil .....	13
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	16
3.1 Fonte de dados .....	16
3.2 Método.....	16
3.3 Modelos .....	18
3.4 Determinação dos fatores <i>input</i> e <i>output</i> na produção de banana .....	20
4. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	21
5. CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS .....	27

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil conta com diversas características favoráveis ao agronegócio, principalmente sua grande extensão territorial e condições edafoclimáticas favoráveis. Por esse motivo, o país coloca-se como uma das principais potências mundiais no setor, com grande relevância no mercado interno e externo.

Um dos setores da agricultura em que o país tem destaque é a fruticultura, sendo o terceiro maior produtor mundial, com uma área plantada de aproximadamente 2,5 milhões de hectares. Grande parte de tal produção é direcionada ao mercado interno, sendo exportados somente 3% do montante (ABRAFRUTAS, 2020).

No setor de fruticultura, a banana é uma das principais frutas comercializadas uma vez que a produção mundial alcançou aproximadamente 115,7 milhões de toneladas. O Brasil é quarto maior produtor da fruta com 6,7 milhões de toneladas produzidas ficando atrás de países como Índia com 30,8 milhões de toneladas, China com 11,2 milhões, Indonésia com 7,2 milhões de toneladas (BELING, 2021).

No Brasil, o estado de São Paulo é o maior produtor do país, pois contribuiu com cerca de 15% do total produzido pelo país no ano de 2019, seguido pelos estados da Bahia que apresentou 12,2% da produção, Minas Gerais 12,1%, Santa Catarina com 10,6%, Pernambuco que representou 7,2% e o restante fica dividido em menores porcentagens nos outros estados da federação (EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2020).

No ano de 2019, o valor da produção alcançou R\$ 7,514 bilhões, além de contribuir com a geração direta e indireta de empregos, distribuição de renda entre empresas, no meio rural e entre trabalhadores do setor, (BELING, 2021).

Para o ano de 2021, é esperada uma produção de 6,966 milhões de toneladas, representando um incremento de 3,7% em relação ao ano de 2020, de acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), do IBGE. Tal alta é consequência da expectativa de crescimento de 1,7% na área plantada, estimada em 474 292 hectares. Ademais, o rendimento médio, esperado em 15.148 quilos por hectare, representa 2,9% a mais do que o do ano anterior (BELING, 2021).

Entretanto, a produção nacional de frutas é influenciada pelos custos operacionais efetivos (COE) que são vinculadas as diferentes etapas produtivas, desde o cultivo, colheita, pós-colheita e processamento, até a comercialização/exportação. Todos esses processos tem correlação com a produtividade da fruta. Assim, como a banana é uma fruta que tem sua produção em âmbito nacional torna-se pertinente observar qual (is) regiões podem ser mais

eficientes na produção de modo a influenciar as demais regiões a melhorarem sua eficiência tanto na redução dos custos de produção quanto no aumento de produtividade. Nesse sentido, para alcançarmos nosso objetivo iremos comparar e analisar os principais dados das cidades produtoras de banana no Brasil, através da plataforma SIAD, averiguando quais podem servir de “*benchmark*”, em termos de eficiência produtiva.

O trabalho é composto por cinco macro-áreas, referentes a introdução, revisão bibliográfica, procedimentos metodológicos, análise de resultados e conclusão. A revisão bibliográfica terá um compilado com as principais informações históricas e atuais sobre a produção de banana no Brasil. Os procedimentos metodológicos fornecerão informações sobre a estrutura base na qual o trabalho foi baseado e construído. Na análise de resultados e conclusões será demonstrado a decorrência do trabalho, com as regiões mais eficientes como “*benchmark*”, e conseqüentemente, as regiões menos eficientes que precisarão de melhorias.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Introdução histórica**

A banana (*Musa spp.* L.) possui como centro de origem o sul e sudeste Asiático, apesar de existirem centros de origem secundários na África Oriental e nas ilhas do Pacífico, além de um centro de diversidade relevante na África Ocidental, estendendo-se desde a Índia até a Papua Nova Guiné, relacionando ainda a Malásia e a Indonésia. Acredita-se que nesta região a humanidade tenha utilizado a banana, visto que a história das cultivares de banana se relaciona de modo estreito às populações humanas residentes nos trópicos e é possível que a domesticação da bananeira tenha se dado simultaneamente ao cultivo de outras espécies utilizadas como alimento (DIAS, 2011).

A banana era desconhecida até o século X, uma vez que eram escassos os relatos sobre a existência da fruta na literatura greco-romana (como no famoso compêndio de Plínio, o Velho – *Historia Naturalis*). As navegações portuguesas e espanholas no século XV foram cruciais na rápida propagação da cultura da banana na América, onde encontrou condições edafoclimáticas favoráveis a seu desenvolvimento (SEBRAE, 2008).

No Brasil, a banana já era cultivada pelos indígenas em seu descobrimento, existindo aqui, ao menos duas variedades da fruta, sendo as mais prováveis a 'Branca' e a 'Pacova'. Até o início do século passado, o cultivo era realizado no sistema semiextrativista, fundamentado em práticas de plantio, algumas roçadas e colheita (LICHTENBERG; LICHTENBERG, 2011).

A partir de 1904 teve início as exportações de banana para o mercado platino, especialmente pelos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, ocasionando profundas transformações na bananicultura brasileira, que passou a ter caráter mais empresarial, tendo como consequência a intensificação dos estudos acerca da cultura, principalmente pela Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo (LICHTENBERG; LICHTENBERG, 2011).

A partir dos anos de 1970, com a institucionalização da Sociedade Brasileira de Fruticultura e do Sistema Embrapa de Pesquisa, com os avanços conquistados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, com a criação das empresas estaduais e institutos de pesquisa agropecuária em todo o País e pelas universidades, foi possível a implementação de uma bananicultura mais tecnificada. Ademais, a assistência técnica pública e privada dos estados produtores, os empreendimentos privados e o desenvolvimento de projetos de irrigação no semiárido brasileiro possibilitaram o incremento da área de cultivo e emprego de tecnologia na bananicultura (LICHTENBERG; LICHTENBERG, 2011).

Na década de 2010, a disseminação da "sigatoka-negra" em quase todo o território nacional, era esperada como uma tragédia. Entretanto, tal fato colaborou para o melhor manejo de plantios, em razão da exigência de práticas eficazes de controle genético, cultural e químico, e de sistemas de mitigação de risco de disseminação da doença. Dessa forma, no Estado de São Paulo, por exemplo, embora tenha ocorrido uma pequena redução da área cultivada, a manutenção da produção estadual contribuiu para o incremento na produtividade (LICHTEMBERG; LICHTEMBERG, 2011).

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo a bananeira considerada uma das principais plantas frutíferas tropicais. É cultivada em mais de 100 países, nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, na faixa entre 30° de Latitude Norte e Sul (DIAS, 2011).

Segundo informações da FAO, no ano de 2018, a produção mundial de banana alcançou aproximadamente 115,7 milhões de toneladas. Os quatro países que relacionam a maior produção foram Índia com 30,8 milhões de toneladas, China com 11,2 milhões, Indonésia com 7,2 milhões, e Brasil com 6,7 milhões de toneladas, em uma área de 461 mil ha (BELING, 2021).

No ano de 2019, o valor da produção alcançou R\$ 7,514 bilhões. Assim, é notável que o cultivo da banana contribui com a geração direta e indireta de empregos, distribuição de renda entre empresas, no meio rural e para os trabalhadores do setor, tal como visibilidade no comércio internacional e um alimento de elevada qualidade (BELING, 2021).

Para o ano de 2021, é esperada uma produção de 6,966 milhões de toneladas, representando um incremento de 3,7% em relação ao ano de 2020, de acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), do IBGE. Tal alta é consequência da expectativa de crescimento de 1,7% na área plantada, estimada em 474 292 hectares. Ademais, o rendimento médio, esperado em 15.148 quilos por hectare, representa 2,9% a mais do que o do ano anterior (BELING, 2021).

## 2.2 Dinâmica da cultura da banana no Brasil

Este tópico apresenta o desempenho da bananicultura brasileira, com destaque para a área plantada, produção da fruta em milhões toneladas, produtividade em quilos por hectare, valor bruto da produção em milhões de reais e valor das exportações em bilhões de reais. São relativos aos anos de 2010 até 2020, considerando os dados para o Brasil e os cinco principais estados produtores: Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina, respectivamente.

### 2.2.1 Área plantada, produção, produtividade, valor da produção (VBP) e valor das exportações de banana no Brasil

A Figura 1 apresenta a área plantada com a cultura da banana entre os anos de 2010 e 2020. É possível observar um declínio na área plantada de em 12,4% nos últimos 10 anos, visto que no primeiro ano da série histórica a área plantada era estimada em 551.099 ha e, em 2020, tal estimativa alcançava 482.335 ha.

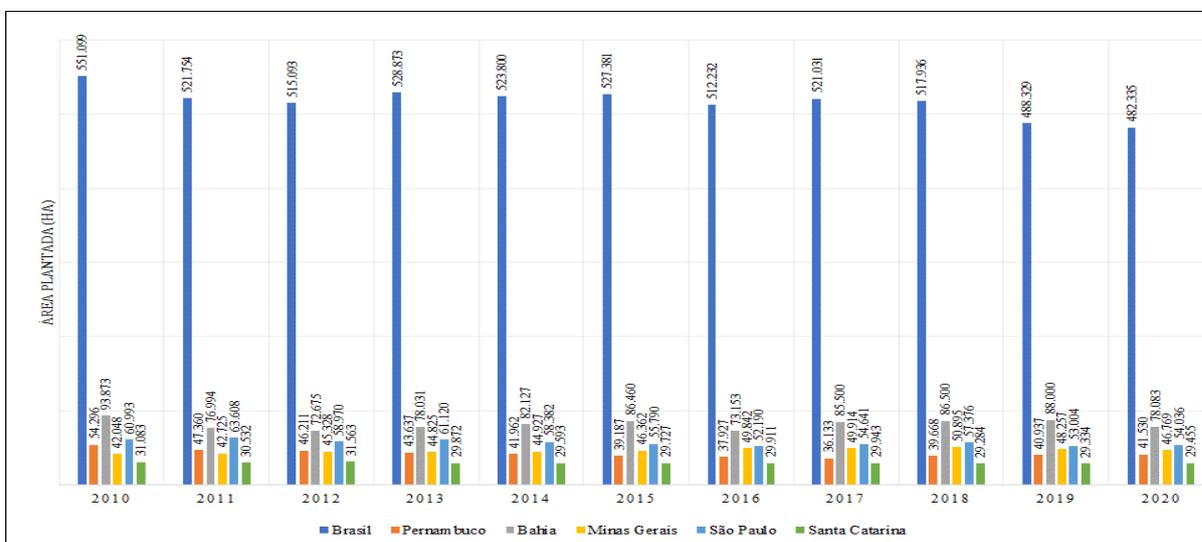


Figura 1 - Área plantada com banana no Brasil e nos principais estados produtores (ha)

Fonte: Adaptado do IBGE - Produção Agrícola Municipal (2010-2020)

Os principais estados produtores também acompanharam a tendência nacional de queda na área plantada na última década, com redução de 23,5% no estado de Pernambuco, 16,8% na Bahia e 11,4% em São Paulo. São exceções os estados de Minas Gerais e Santa Catarina, que praticamente se mantiveram estáveis (Figura 1).

A Figura 2 apresenta os valores de produção nacional e dos principais estados produtores na última década. É possível notar uma tendência de queda tanto nacionalmente (-6,78%) quanto nos principais estados produtores (-13% em Pernambuco, -36,6% na Bahia,

16,3% em São Paulo), com exceção dos estados de Minas Gerais e Santa Catarina, que apresentaram incremento de 23,11% e 7,5%, respectivamente.

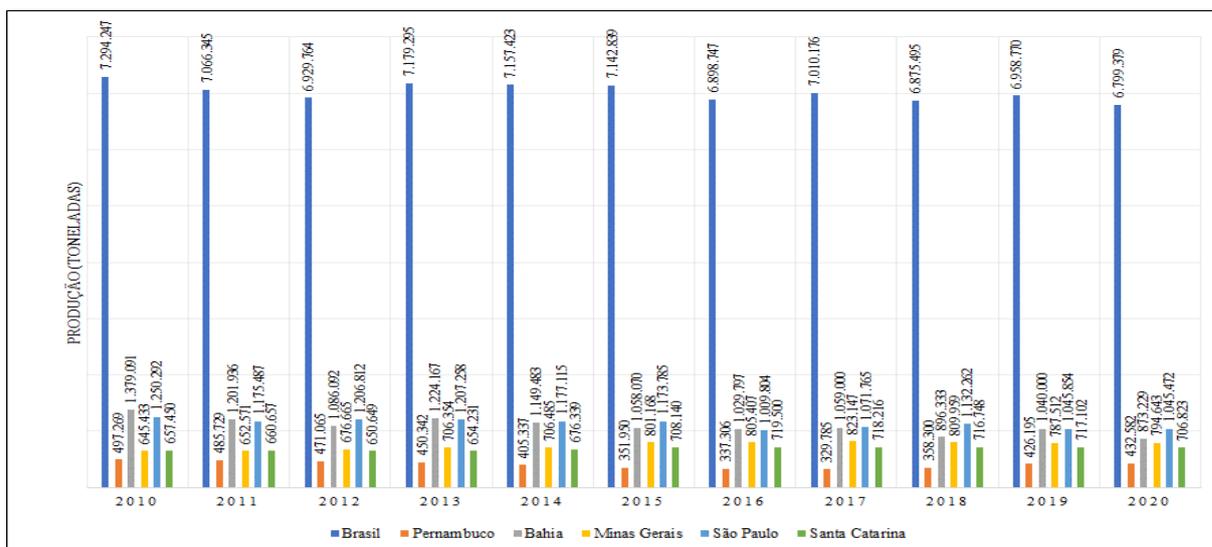


Figura 2 - Produção de banana no Brasil e nos principais estados produtores (ton)

Fonte: Adaptado do IBGE - Produção Agrícola Municipal (2010-2020)

Na Figura 3 são apresentados os dados de produtividade por área ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da bananicultura brasileira. Apesar da redução de área plantada e produção, em termos nacionais a produtividade se manteve estável. Em relação aos estados, Pernambuco e Minas Gerais apresentaram comportamento de estabilidade, ao passo que os estados da Bahia e São Paulo sofreram decréscimo (-29,8% e -5,66%, respectivamente) e o estado de Santa Catarina apresentou incremento em produtividade (+13,5%).

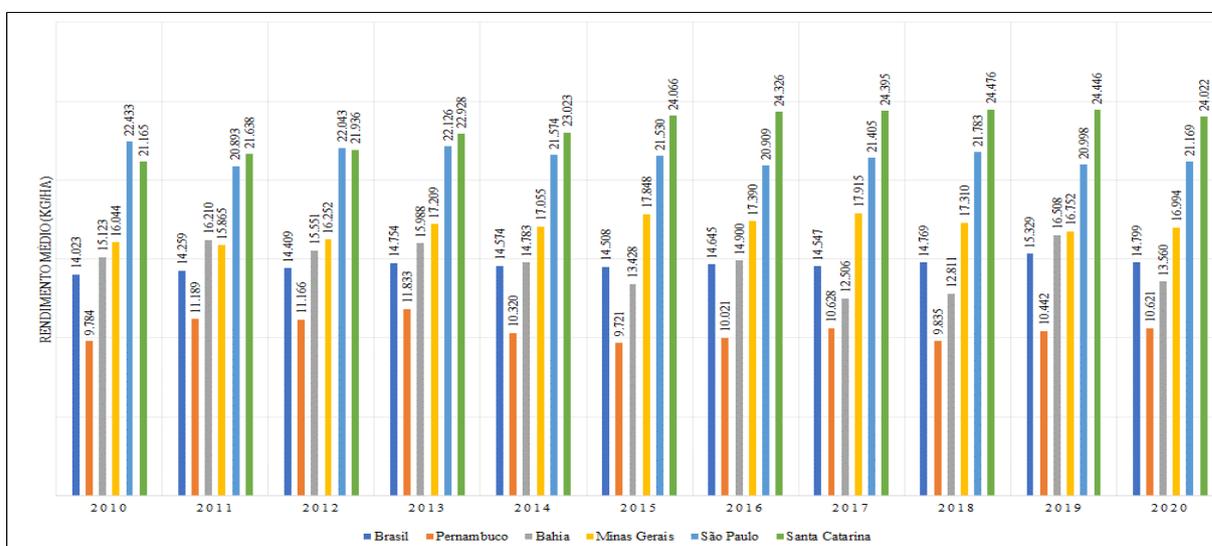


Figura 3 - Produtividade por área da bananicultura nacional e dos principais estados produtores ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

Fonte: Adaptado do IBGE - Produção Agrícola Municipal (2010-2020)

Acerca do valor bruto da produção nacional de banana (Figura 4), que representa a produção (em ton) de laranja multiplicado pelo preço médio (R\$/ton) recebido pelos produtores, o país apresentou tendência de crescimento (45%), com um pico no ano de 2016, alcançando o montante de 17,2 bilhões de reais.

Em relação aos estados, todos apresentaram tendência de crescimento. Em relação a valores percentuais, o crescimento foi de 17% em Pernambuco, 54% na Bahia, 240% em Minas Gerais, 58,3% em São Paulo e 167% em Santa Catarina. No ano de 2016 ocorreu um pico nos VBP estaduais, alcançando os valores de 1,4bi em Pernambuco e 1,9bi na Bahia, 1,9bi em Minas Gerais, 2,8bi no estado de São Paulo e 1,1bi em Santa Catarina. Esse pico é referente ao aumento do preço, por conta da queda de produção e graças ao crescimento da quantidade produzida.

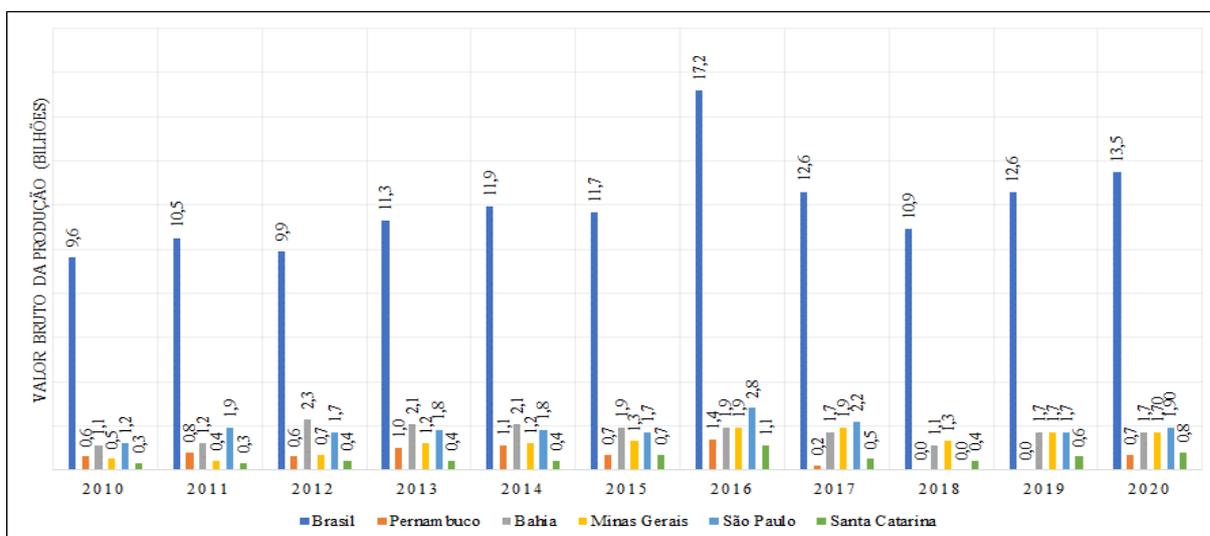


Figura 4 - Valor Bruto da Produção de banana no Brasil e maiores estados produtores (em bilhões de R\$)

Fonte: MAPA (2010-2020)

O cultivo da banana se dá em todos os estados brasileiros, contando com grande importância econômica e social em alguns destes, visto que propicia o estabelecimento da mão de obra mediante os elos da cadeia produtiva, principalmente no setor agrícola. Desta forma, é notável a relevância da comercialização da banana em todo o país, em razão da geração de emprego e renda (SOUSA et al., 2019).

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 Fonte de dados**

As informações sobre os custos operacionais efetivos (COE) de produção da banana nas regiões brasileiras foram coletadas pelo projeto "Campo Futuro". Este projeto é uma entre várias instituições entre elas a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) e o Centro de Inteligência em Mercados (CIM) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

O método de coleta de informações foi a de Painel e consiste na reunião de vários produtores de pequeno, médio a grande porte 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).

O COE (input) utilizado nesse estudo contempla dados sobre os gastos com mão de obra, mecanização, insumos, colheita, gastos gerais, juros, preço de venda e produtividade dos produtores de banana. Já a produtividade (output) considerado foi ton.ha<sup>-1</sup>.

Foram utilizados dados do projeto Campo Futuro no acompanhamento da produção de banana, referentes ao mês de junho de 2021, dos estados de maior relevância no cenário nacional, sendo selecionado municípios que representam as principais regiões produtoras de banana prata (Barreiras/BA, Bom Jesus da Lapa/BA, Anápolis/GO, Corupá/SC, Jaíba/MG e Janaúba/MG) e produtoras de banana nanica (Barreiras/BA, Miracatu/SP, Registro/SP, Luís Alves/SC, e Jaíba/MG).

#### **3.2 Método**

Em um ambiente competitivo no agronegócio banana, calcular e comparar a eficiência na produção pode assessorar os gestores em futuras alterações em gestão ou na geração de novas oportunidade de produção. Nesse sentido, o método de Análise Envoltória de Dados (DEA) pode contribuir para a tomada de decisão do produtor rural.

A DEA é uma técnica de programação matemática que possibilita avaliar o grau de eficiência produtiva entre várias empresas, regiões, países, etc., denominadas de unidades tomadoras de decisão (Decision Making Units – DMU's). Assim, para o cálculo são levados em consideração os recursos de que se possui (*inputs*) com os resultados atingidos (*outputs*). Fundamenta-se em estimar e comparar a atuação das unidades tomadoras de decisão, que

executam atividades semelhantes, levando em conta a relação entre insumos (*inputs*) e produtos (*output*).

A premissa básica é medir e comparar o desempenho das DMU's que realizam tarefas similares, considerando a relação entre insumos (*inputs*) e produtos (*output*). Este método permite calcular, analisar e identificar as regiões bananiculturas mais eficientes, tal como disponibilizar embasamento para a realização de diagnósticos de eficiência em seus negócios e em relação à concorrência, acerca do emprego de insumos para a obtenção de seus produtos.

A DEA permite otimizar individualmente cada uma das observações em comparação com as demais, o que possibilita formar uma fronteira de eficiência. Essa fronteira funciona em conformidade com o conceito de Pareto-Koopmans, onde se busca o nível máximo de produção para um dado nível de insumo.

A Figura 5 busca exemplificar a relação entre insumos e a produção para cada DMU produzida por cada DMU.

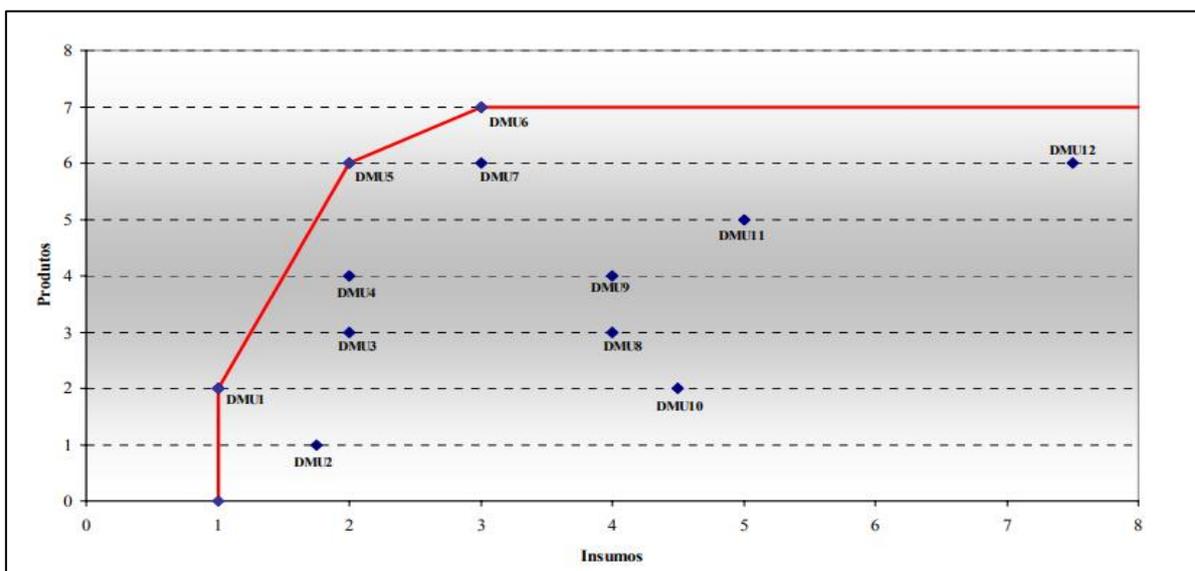


Figura 5 - Fronteira de Eficiência

Fonte: Dos Santos Guerreiro (2006)

Uma questão importante fornecida pela técnica DEA é mostrar que DMU's eficientes são unidas e formam uma superfície côncava. As DMU's ineficientes apresentam uma projeção ortogonal em relação a fronteira gerando um índice que é estimado por meio das DMU's ineficientes em relação a fronteira (Figura 6).

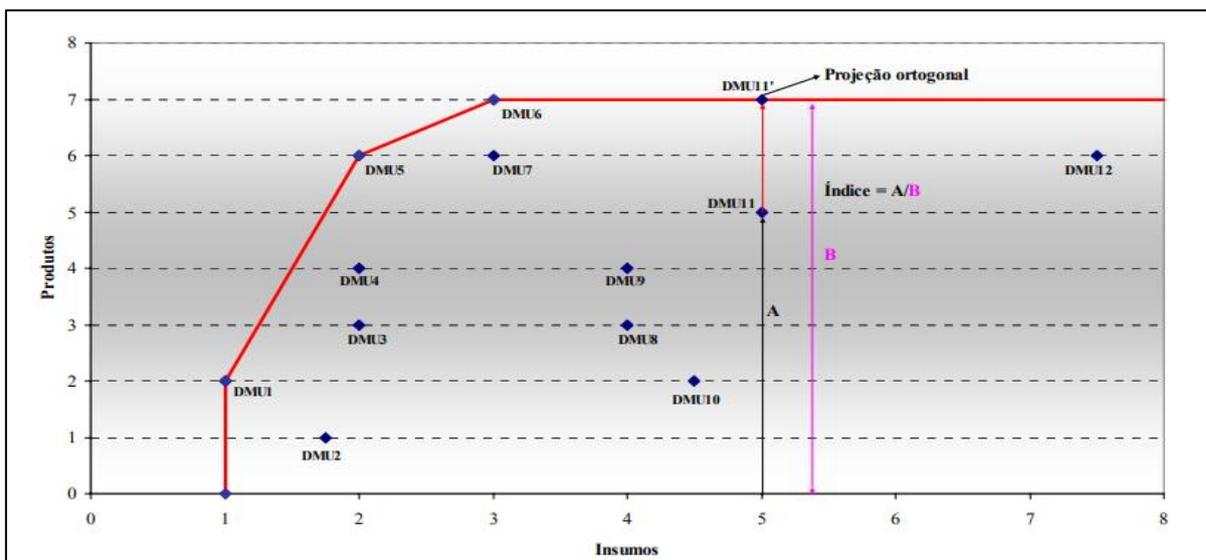


Figura 6 - Fronteira de Eficiência e distâncias das DMU's ineficientes

Fonte: Dos Santos Guerreiro (2006)

A DMU's ineficientes podem ser medidas de duas formas. Uma primeira versão estabelece que os modelos são orientados para a maximização de *output* (produtos), o que significa que o índice é calculado considerando uma máxima expansão do *output* (produtos) dada a quantidade de *input* (insumo) utilizada. Uma segunda versão considera modelos orientados para a minimização de *input* (insumo), uma vez que a distância é calculada pela máxima redução do input para uma mesma produção de *output* (produtos)

### 3.3 Modelos

Neste trabalho foram empregados os modelos CCR e BCC, sendo ambos empregados visando a maximização de *outputs*, visto que o objetivo é avaliar a eficiência atingindo os melhores resultados possíveis em termos de produtividade, visto que não seria plausível alterar os custos (*inputs*) já utilizados.

O modelo CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978) é o modelo que deu origem a técnica DEA, baseado no trabalho de M. J. Farrell. O modelo atua com retornos constantes de escala, isto é, qualquer alteração nos insumos (*inputs*) conduz a uma alteração proporcional nos produtos (*outputs*).

A formulação matemática é apresentada a seguir:

$$\text{Min } Eff_0 = \frac{\sum v_i x_{ik}}{\sum u_j y_{jk}} \quad (1)$$

**Sujeito a:**

$$\frac{\sum v_i x_{ik}}{\sum u_j y_{jk}} \geq 1, K = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$u_j \text{ e } v_i \geq 0 \forall j, i \quad (3)$$

**Em que:**

$Eff_0$  = eficiência da DMU<sub>0</sub>;

$u_j$  e  $v_i$  = pesos de *outputs* e *inputs* respectivamente;

$v_i$  e  $x_{ik}$  = *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da DMU<sub>K</sub>;

$x_{i0}$  e  $y_{j0}$  = *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da DMU<sub>0</sub>.

O modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984), também chamado VRS (Variable Return Scale), presume que as DMU's avaliadas expressem retornos variáveis de escala. O modelo estabelece um limite VRS que leva em conta retornos crescentes ou decrescentes de escala no limite eficiente. Leva em conta que um acréscimo no *input* poderá causar um acréscimo no output, não obrigatoriamente proporcional, ou ainda um decréscimo.

A formulação matemática é apresentada a seguir:

$$Max \theta \quad (4)$$

**Sujeito a:**

$$x_{i0} - \sum x_{ik} \lambda_k > 0, \forall i \quad (5)$$

$$-\theta y_{j0} + \sum y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \quad (6)$$

$$\sum \lambda_k = 1 \quad (7)$$

$$\lambda_k \geq 0 \forall k \quad (8)$$

**Em que:**

$x_{ik}$  = *outputs*  $j$  da DMU<sub>K</sub>;

$x_{i0}$  e  $y_{j0}$  = *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da DMU<sub>0</sub>;

$y_{jk}$  = *outputs*  $j$  da DMU<sub>K</sub>;

$\lambda_k$  =  $k$ -ésima coordenada da DMU 0 em uma base formada pelas DMU's de referência.

### 3.4 Determinação dos fatores *input* e *output* na produção de banana

As variáveis empregadas no modelo para estimar a eficiência frente à escala de capacidade de produção foram o Custo Operacional Efetivo (COE) em R\$ ton<sup>-1</sup> e a produtividade (ton.ha<sup>-1</sup>). As DMU's consideradas foram as regiões produtoras de banana no Brasil.

Para analisar a eficiência das regiões produtora, levou-se em conta os recursos disponíveis (*input*) com os resultados alcançados (*output*). Neste caso, o *input* foi o Custo Operacional Efetivo (COE) e *output* a produtividade.

O modelo visa avaliar a eficiência das regiões produtoras no que concerne à capacidade de geração de resultados frente à sua escala de produção. A variável Custo Operacional Efetivo (COE) representa a capacidade de geração de resultados e a escala é a produtividade. Considera-se que o principal insumo de uma região produtora é a sua escala, isto significa que regiões com escalas maiores devem gerar resultados maiores que as de escala menor.

Analisando as opções da metodologia DEA, o modelo considerado mais adequado foi o BCC-O (orientado para maximização dos *outputs*). Esse modelo permite alcançar os melhores resultados, uma vez que não seria possível que os baixos resultados fossem compensados com a redução dos *inputs*.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A Figura 7 apresenta um diagrama de dispersão das regiões produtoras considerando os insumos (COE) e produtividade. É possível observar que a produção de banana nanica na região de Barreiras (Bar\_n) na Bahia tem destaque na produtividade de nanica, enquanto Bom Jesus da Lapa (Bom\_p) também no estado da Bahia apresenta o maior valor do COE para a produção de banana prata dentre as regiões produtoras. Desta forma, pode-se observar que em um mesmo estado, como a Bahia, os custos de produção e produtividade apresentam heterogeneidade na produção. Por isso calcular e comparar essas regiões em termos de eficiência produtiva pode proporcionar aos gestores otimizar a produção em seus respectivos regiões.

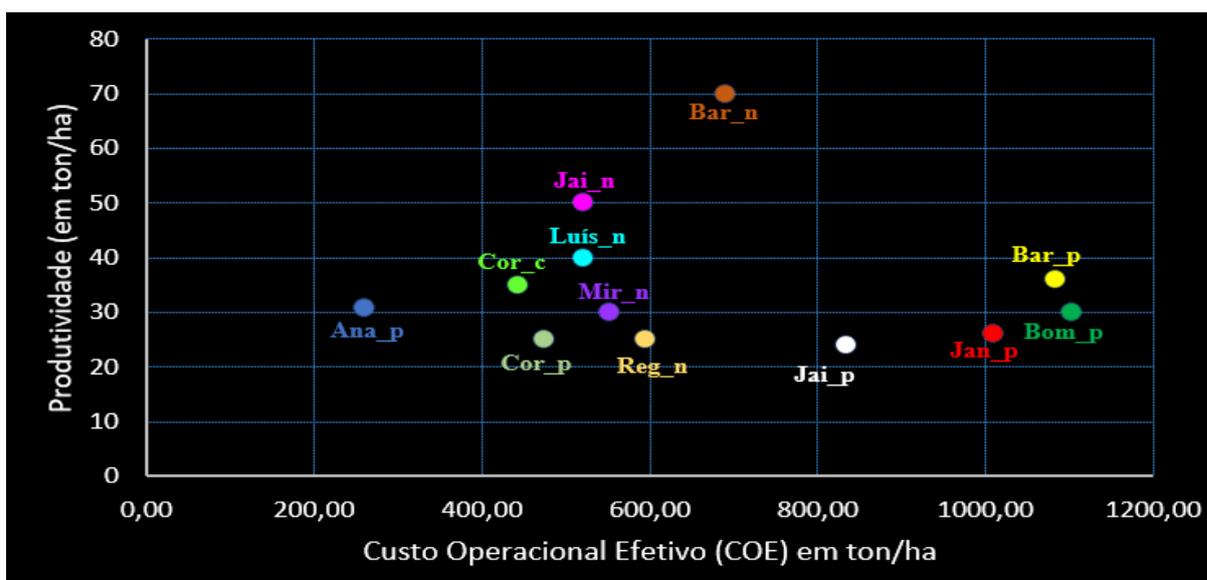


Figura 7 - Dispersão das regiões produtoras de banana no Brasil considerando COE e produtividade

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do projeto Campo Futuro

Notas: \_p=banana prata, \_c=banana caturreta e \_n=banana nanica

A Figura 8 apresenta um comparativo entre os resultados provenientes da aplicação do modelo BCC (retornos variáveis de escala). A partir dos resultados foi possível observar que Anápolis\_p/GO e Barreiras\_n/BA foram as regiões consideradas eficientes dentre as 12 regiões analisadas (DMU's), uma vez que apresentaram score de 100%. Isso demonstra que essas duas regiões foram as mais eficientes em termos de produção de banana no Brasil em junho de 2021. Por outro lado, a produção de banana prata em Jaíba/MG (Jaíba\_p) foi a região menos eficiente na produção de banana.

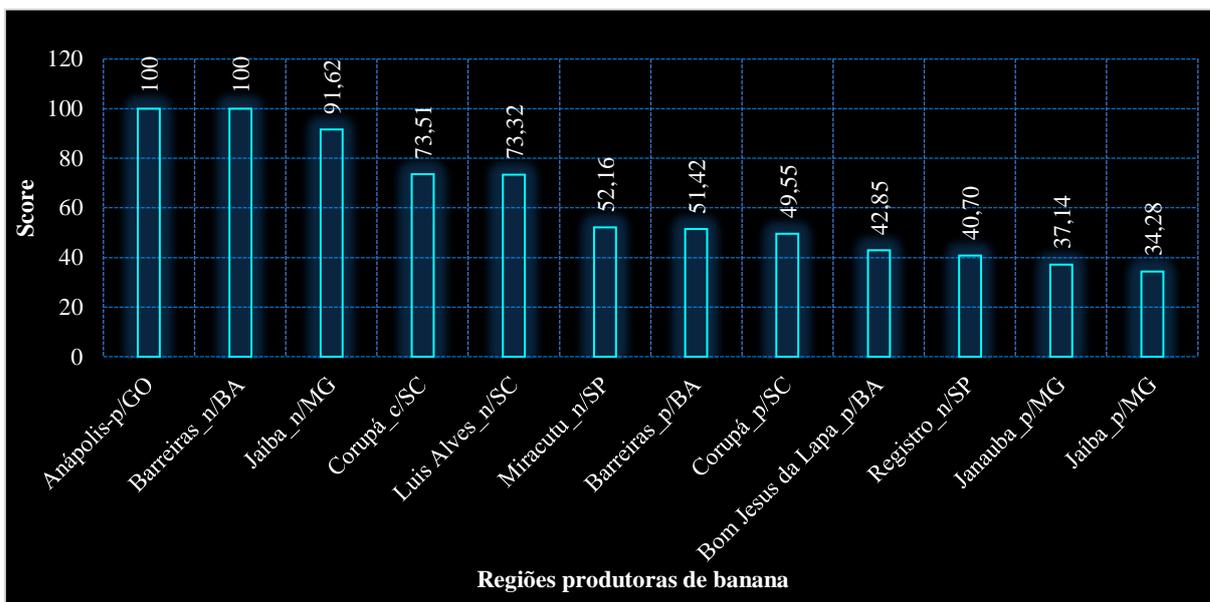


Figura 8 - Score de Eficiência das regiões produtoras de banana aplicando o modelo BCC

Notas: \_p=banana prata, \_c=banana caturra e \_n=banana nanica

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do projeto Campo Futuro (2021)

A Figura 9 apresenta os resultados da aplicação do modelo CCR. Ao utilizar o modelo CCR foi possível verificar que somente a produção de banana prata em Anápolis/GO (Anapolis\_p/GO) foi eficiente na produção se comparada as demais regiões produtoras.

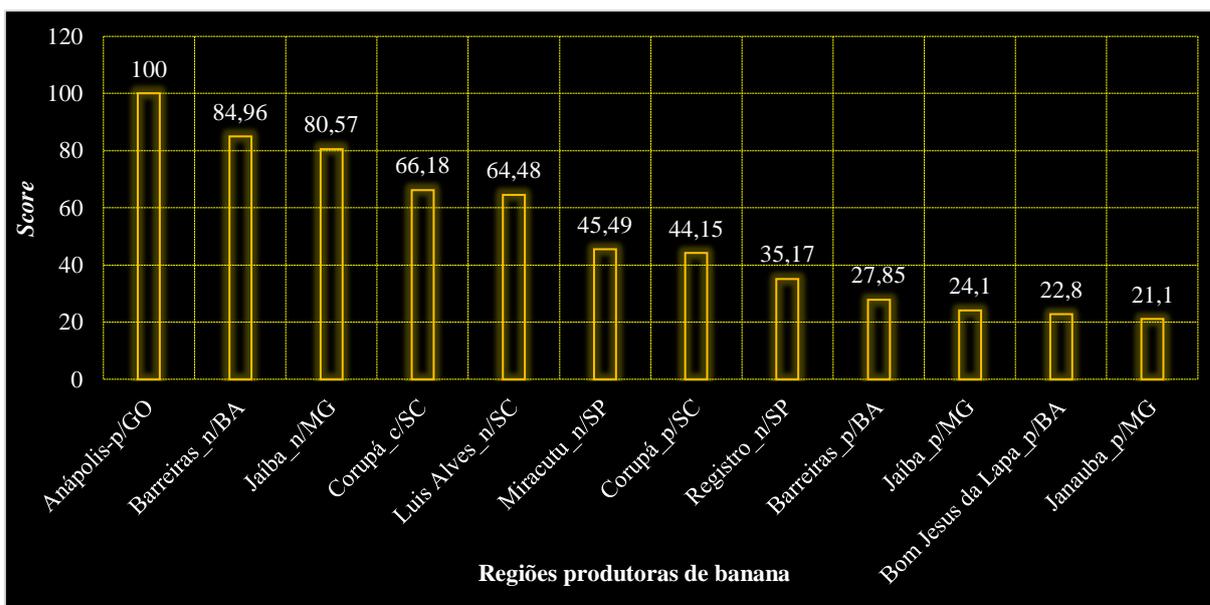


Figura 9 - Score de Eficiência das regiões produtoras de banana aplicando o modelo CCR

Notas: \_p=banana prata, \_c=banana caturra e \_n=banana nanica

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do projeto Campo Futuro (2021)

No modelo CCR, a região menos eficiente na produção de banana foi Janaúba em Minas Gerais (Janauba\_p/MG), apresentando um resultado diferente do modelo BCC, em que a região de Jaíba foi a menos eficiente. Essas condições corroboram a teoria de que o modelo com retornos constantes de escala (CCR) tende a ser mais rigoroso nas suas estimativas no atendimento das condições para a eficiência técnica. Por isso, dada a heterogeneidade entre as regiões produtoras, o modelo BCC é mais apropriado. Além disso, em virtude do rigor e da dificuldade de alcance que o modelo CCR impõe as estimativas torna-se mais realista fazer estimativas utilizando o modelo BCC

A Tabela 1 apresenta a análise dos pesos das variáveis para ambos os modelos. Observa-se que o insumo (COE) tem um peso maior para o modelo CCR e a produtividade tem um peso maior para o modelo BCC. Essa informação evidencia a importância do modelo BCC, uma vez que o objetivo é aumento de produtividade e por isso o modelo.

Tabela 1 - Análise dos pesos dos modelos CCR e BCC

Média dos pesos		
Modelo	Input - COE	Output - Produtividade
BCC	0,0018	0,0315
CCR	0,0037	0,0312

Fonte: Autoria Própria

Ao analisar a fronteira padrão, observou-se que as regiões de Anápolis\_p/GO e Barreiras\_n/BA formam a fronteira eficiente e são considerados “*benchmarks*” para os demais estados (Tabela 2).

Tabela 2 - Medidas de Eficiência padrão, invertida e composta

Regiões	Padrão	Invertida	Composta	Composta*
Anápolis_p/GO	1,0000	0,7741	0,6129	0,7397
Barreiras_n/BA	1,0000	0,3428	0,8285	1,0000
Jaíba_n/MG	0,9162	0,4800	0,7182	0,8666
Corupá_c/SC	0,7351	0,6857	0,5247	0,6332
Luis Alves_n/SC	0,7332	0,6000	0,5666	0,4354
Miracutu_n/SP	0,5216	0,8000	0,3608	0,4354
Barreiras_n/BA	0,5142	0,8101	0,3520	0,4249
Corupá_p/SC	0,4955	0,9600	0,2677	0,3231
Bom Jesus da Lapa_p/BA	0,4285	1,0000	0,2142	0,2586
Registro_n/SP	0,4070	0,9600	0,2235	0,2697
Janauba_p/MG	0,3714	1,0000	0,1857	0,2241
Jaíba_p/MG	0,3428	1,0000	0,1714	0,2068

Fonte: Autoria Própria

Na tentativa de aumentar a discriminação entre as DMUs, calculou-se a fronteira invertida de forma a identificar aqueles que estariam com as piores práticas gerenciais. Neste caso, observou-se que Bom Jesus da Lapa\_p/BA, Registro\_n/SP, Janauba\_p/MG e Jaiba\_p/MG não foram eficientes. Ao realizar o cálculo da fronteira composta normalizada, apenas Barreiras\_n/BA foi considerada eficiente e Jaiba\_p/MG a mais ineficiente (Tabela 2).

A Tabela 3 apresenta os resultados da classificação das DMU's quanto a seu grau de eficiência composta\*. Ao se utilizar o uso dos valores média e desvio padrão da eficiência composta normalizada é possível observar que as DMU's com valores acima ou igual a 0,5171 foram consideradas de alta eficiência e neste caso aparecem quatro regiões produtoras Anapolis\_p/GO, Barreiras\_n/BA, Jaiba\_n/MG e Corupá\_c/SC. No intervalo de 0,4525 a 0,5171, o que corresponde a média eficiência não aparece nenhuma região produtora. Com baixa eficiência aparecem as oito regiões produtoras (Luis Alves\_n/SC, Miracutu\_n/SP, Barreiras\_n/BA, Corupá\_p/SC, Bom Jesus da Lapa\_p/BA, Registro\_n/SP, Janauba\_p/MG, Jaiba\_p/MG) com valores de eficiência menores que 0,4525 (Tabela 3).

Tabela 3 - Classificação das unidades por eficiência

<b>Classificação</b>	<b>Valor da eficiência composta normalizada (Média composta*)</b>	<b>Número de unidades</b>	<b>Unidades</b>
<b>Alta eficiência</b>	Valor $\geq 0,5171$	4	Unid 1 a Unid4
<b>Média eficiência</b>	$0,4525 \leq \text{valor} < 0,5171$	0	Nenhuma
<b>Baixa eficiência</b>	valor $< 0,4525$	8	Unid 5 a Unid12

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 4 apresenta os valores para as 8 regiões classificadas como unidades com baixa eficiência. A última coluna apresenta a diferença entre valor observado e o alvo sugerido. As regiões de Bom Jesus da Lapa\_p/BA, Janauba\_p/MG, Jaiba\_p/MG e Barreiras\_p/BA devem rever sua estrutura, pois, pela análise, a variável de entrada (COE) deveria ser revista com objetivo de redução. As ações necessárias para estas unidades exigem adequação da estrutura. E nas demais regiões ineficientes o objetivo é aumentar a produtividade, uma vez que com os inputs utilizados seria possível uma produção muito maior do que a observada.

Tabela 4 - Alvos e folgas das unidades com baixa eficiência

<b>Regiões</b>	<b>Input/Output</b>	<b>Observado</b>	<b>Alvo</b>	<b>Diferença</b>
<b>Bom Jesus da Lapa_p/BA</b>	COE	1.102,89	690,61	412,28
	Produtividade	30	70	-40
<b>Corupá_p/SC</b>	COE	474,67	474,87	0
	Produtividade	25	50,44	-25,44
<b>Jaíba_p/MG</b>	COE	834,74	690,61	144,13
	Produtividade	24	70	-46
<b>Janauba_p/MG</b>	COE	1008,83	690,61	318,22
	Produtividade	26	70	-44
<b>Barreiras_p/BA</b>	COE	1083,23	690,61	392,62
	Produtividade	36	70	-34
<b>Miracutu_n/SP</b>	COE	552,72	552,72	0
	Produtividade	30	57,51	-27,51
<b>Registro_n/SP</b>	COE	595,83	595,83	0
	Produtividade	25	61,14	-36,14
<b>Luis Alves_n/SC</b>	COE	520,00	595,83	0
	Produtividade	25	61,45	-36,45

Fonte: Autoria Própria

## 5. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi calcular e comparar as regiões em termos de eficiência produtiva. Para tal utilizou-se a metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA).

Os resultados estimados a partir do modelo BCC mostram que as regiões de Anápolis\_p/GO e Barreiras\_n/BA foram as mais eficientes na produção de banana se comparadas a demais regiões produtoras, o que possibilita essas duas regiões formarem o “*benchmark*” para as demais.

Nas regiões ineficientes, como Bom Jesus da Lapa\_p/BA, Janauba\_p/MG, Jaíba\_p/MG e Barreiras\_p/BA, é possível reduzir os custos de produção (COE) dada a produtividade considerada. Nas demais regiões produtoras, com os custos operacionalizados empregados nas pelas regiões é possível elevar a produtividade.

Esses resultados permitem estabelecer uma comparação entre as regiões produtoras e mostrar que há espaço para melhorar a gestão de modo a torná-las mais eficientes. Nesse sentido, em pesquisas futuras é possível estender o período temporal para verificar o comportamento da eficiência dessas regiões. Além de incluir mais inputs de modo a verificar qual ou quais poderiam ter mais efeitos sobre produtividade.

## REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS. **Anuário Brasileiro de Horti & Fruti**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2020. 105 p.
- BELING, R. R. Banana. In: **Anuário Brasileiro de Horti&Fruti**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2021. p. 104.
- CNA/SENAR. **Projeto Campo Futuro**. Brasília: CNA/SENAR. 2021. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/paginas-especiais/campo-futuro>> Acesso em: 06 ago. 2021.
- DIAS, J. DO S. A. A cultura da bananeira. In: DIAS, J. DO S. A.; BARRETO, M. C. (Eds.). **Aspectos agronômicos, fitopatológicos e socioeconômicos da sigatoka-negra na cultura da bananeira no Estado do Amapá**. Macapá: Embrapa Amapá, 2011. p. 95.
- 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.
- EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **Produção brasileira de banana em 2019**. 2020.
- IBGE. Banana. In: **Produção Agrícola Municipal**. 2020.
- LICHTEMBERG, L. A.; LICHTEMBERG, P. DOS S. F. Avanços na Bananicultura Brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. SPEC. ISSUE 1, p. 029–036, 2011.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEROSO, I. A. **Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.23, n. 1, p. 123-139, 1976.
- MAPA. Banana. In: **Valor Bruto da Produção agropecuária**. 2020.
- SEBRAE. **ESTUDOS DE MERCADO SEBRAE/ESPM 2008: Relatório Completo**. 2008.
- SOUSA, K. A. et al. a Produção Da Banana E Seus Impactos Socioeconômicos No Desenvolvimento Da Microrregião De Araguaína-To. **Revista Observatório**, v. 5, n. 5, p. 314–350, 2019.
- ROSANO PEÑA, Carlos. **Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método Análise Envoltória de Dados**. RAC, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 83-106, Jan./Mar. 2008.
- GUEDES DE AVELLAR, J.V.; MILIONI, Armando.; RABELLO, Tania. **Modelos DEA com Variáveis Limitadas ou Soma Constante**. Pesquisa Operacional, v.25, n.1, p.135-150, Janeiro a Abril de 2005