

A EFICIÊNCIA DA FRUTICULTURA IRRIGADA NO SUBMÉDIO DO SÃO FRANCISCO: UMA APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS.

EFFICIENCY OF IRRIGATED FRUIT IN THE SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO: AN APPLICATION OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS.

Izabella Maria da Silva Viana

Doutoranda em Estatística – Universidade Federal de Pernambuco. Recife/PE.

izabella.maria@ufpe.br

João Ricardo Ferreira de Lima

Pesquisador da Embrapa Semiárido e prof. da Faculdade de Petrolina (FACAPE).

joao.ricardo@embrapa.br

Grupo de Trabalho (GT): GT3. Evolução, estrutura, competitividade e dinâmica das cadeias agroindustriais

Resumo

Este artigo tem como objetivo avaliar a eficiência dos produtores que praticam a fruticultura irrigada no Submédio do Vale do São Francisco, no estado pernambucano. Assim, foram calculadas as medidas de eficiência destes produtores, utilizando dados de 58 fruticultores. A metodologia utilizada para alcançar os resultados foi a análise envoltória de dados (DEA). O resultado foi que 18 fruticultores são eficientes e operam em retornos variáveis de escala. Para a eficiência de escala foi observado que 8 produtores estão sobre a fronteira de produção. Quanto aos *benchmarks*, 18 produtores foram considerados eficientes. Quando são corrigidas as ineficiências dos demais produtores, a renda pode ter um acréscimo em 17%

Palavras-chave: Análise envoltória; fruticultura; fronteira de produção

Abstract

This article aims to evaluate the efficiency of producers who practice irrigated fruit growing in the sub-middle region of Vale do São Francisco, in the state of Pernambuco. Thus, the efficiency measures of these producers were calculated, using data from 58 fruit growers. The methodology used to achieve the results was data envelopment analysis (DEA). The result was that 18 fruit growers are efficient and operate at variable returns to scale. For scale efficiency, it was observed that 8 producers are on the production frontier. As for benchmarks, 18 producers were considered efficient. When the inefficiencies of other producers are corrected, income can increase by 17%.

Key words: Envelopment analysis; irrigated fruit; production frontier

1. INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro tem como atividade econômica principal o agronegócio, e tem como característica a baixa pluviosidade. Dado isso, a produção é afetada, refletindo na economia e na sociedade. Perante o exposto, o Estado se faz presente, de modo a reduzir os problemas populacionais decorridos da crise hídrica – através de políticas públicas, para garantir estabilidade econômica.

Assim, a fruticultura irrigada do Vale do São Francisco emergiu diante da percepção do desenvolvimento retraído da região, atrelado a problemas ambientais, econômicos e sociais. Após este período, o Vale do São Francisco tem se destacado nacionalmente e no mercado

externo, ganhando vantagem competitiva no mercado. Tem se destacado na produção nacional de manga (63,12%) e uva (55,4%), de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, através da Produção Agrícola Municipal (IBGE/PAM, 2022).

Os pequenos produtores da região, assim como as pequenas empresas, encontram empecilhos para contratar mão de obra com qualificação, produção de frutas homogêneas, comercialização, custos com produção, dificuldade para adquirir máquinas e equipamentos, com destaque para as altas taxas de juros para empréstimos (Barbosa, Ferreira e Lima, 2016). Em contrapartida, as médias e grandes empresas tem maiores áreas destinadas a cultivo, tem maior acesso a pesquisas que impulsionam a comercialização, contribuindo para a competitividade, tanto no mercado interno quanto no externo.

A análise de eficiência em diversos setores tem ganhado pesquisas, com o propósito de analisar a competitividade e o dinamismo presente. Assim, dada a rentabilidade considerável que a atividade gera, faz-se necessário a avaliação do comportamento dos agricultores quanto ao nível de eficiência, visto que o nível de insumos não é homogêneo entre eles. De modo semelhante, é necessário determinar o tamanho do impacto da ineficiência para a produção de frutas. Estes determinantes são necessários para os gestores e formuladores de políticas públicas, auxiliando no processo de mudanças internas, além de dar suporte na criação de programas e linhas de financiamento direcionados ao setor, com o intuito de aumentar a eficiência técnica das unidades produtoras.

Este trabalho tem como objetivo analisar a eficiência dos produtores de frutas no Submédio do Vale do São Francisco no ano de 2014. Pretende-se com isso contribuir com recomendações para a melhoria da renda dos produtores, auxiliando no processo de tomada de decisão para investimentos em insumos na referente área.

Este artigo, além do presente tópico, possui as seções subsequentes: referencial teórico que aborda o conceito de eficiência; metodologia e base de dados empregada para demonstrar o escopo da pesquisa; Resultados e discussões; e por fim, conclusão.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O conceito de eficiência diverge de produtividade, de modo que eficiência busca manter uma combinação adequada entre os instrumentos utilizados (*inputs* e *outputs*), e produtividade, que é definido como tudo o que se produz e gera receita (Gomes e Batista, 2004).

Lins e Meza (2000), e Ferreira e Gomes (2009), utilizaram os estudos de Pareto-Koopmans e Debreu em 1951 que foram importantes para determinar a abordagem analítica em relação a medida de eficiência na produção. Dessa maneira, pela definição de Pareto-Koopmans, uma Unidade Tomadora de Decisão (DMU) torna-se eficiente se:

- Uma vez que tenha aumento em um produto, não há como não incidir aumento nos insumos, ou redução de insumos;
- Uma vez que o insumo seja reduzido, não há como não incidir aumento nos insumos, ou redução de insumos.

O conceito de eficiência apresenta duas vertentes: eficiência técnica que tem como objetivo maximizar uma quantidade de produtos utilizando uma quantidade mínima de recursos; e, eficiência alocativa, que busca minimizar os custos de produção utilizando uma combinação ótima de recursos. Uma unidade produtiva apresenta eficiência econômica quando há eficiência técnica e alocativa em conjunto (Farrell, 1957).

Para Chambers (1988), associações diferentes entre dois insumos podem produzir uma mesma quantidade de *outputs*. Este conceito está apresentado através da Figura 3, onde se tem capital (K) no eixo das abscissas e trabalho (L) no eixo das ordenadas. Este arranjo produz uma

certa quantidade de produto. É possível notar que no ponto A a empresa é tecnicamente ineficiente, uma vez que utiliza mais insumos do que o necessário para produzir no ponto projetado pela isoquanta.

O ponto B é eficiente de modo técnico, mas não sob a ótica dos custos, visto que no ponto C a isoquanta é tangente ao isocusto, determinando o ponto como eficiente. Logo, se há deslocação do ponto A para o ponto C, a eficiência dos custos seria a relação $\frac{(OA-OA'')}{OA}$. Essa deslocação é expressa quando há eficiência técnica representada pela relação de $\frac{(OA-OA')}{OA}$, e eficiência alocativa expressa pela relação $\frac{(OA'-OA'')}{OA'}$.

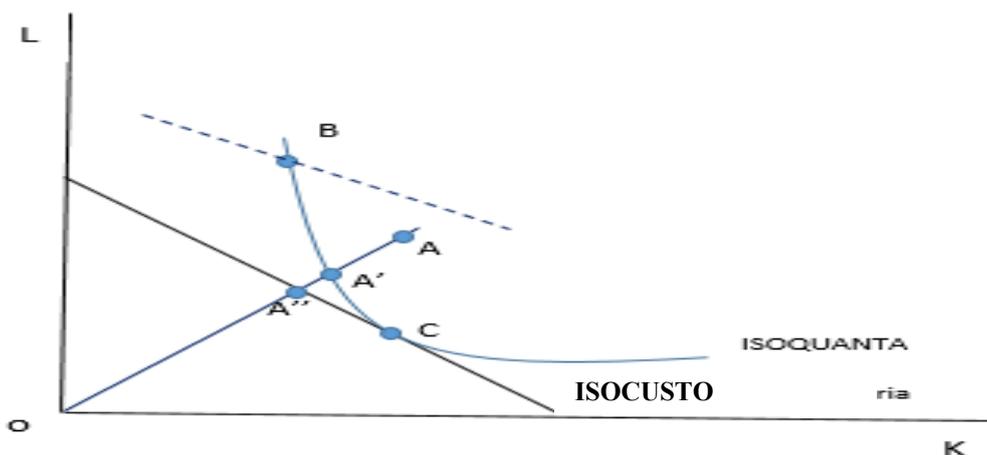


Figura 1 - Conceito de eficiência

Fonte: Steering Committee For The Review Of Commonwealth State Services Provision-SCRSSP, (1997).

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) explicam que a relação entre insumo e produto pode ser expandida para a possibilidade das organizações que possuem um dado número de insumos, produzirem um dado número de produtos. Contudo, com a impossibilidade de haver atribuição de preços. Nesse contexto, foi desenvolvido o método DEA (*Data Envelopment Analysis*), que para diferentes unidades observadas, são analisadas suas eficiências relativas. Deste modo, pode-se medir a eficiência como uma razão entre a soma ponderada dos produtos em relação a soma ponderada dos insumos. Dado que este conceito é relativo, uma DMU é considerada eficiente (em 100%) quando, em comparação com as demais DMU's, não há comprovação de ineficiência quando são observados os insumos e produtos.

Para que haja redução de ineficiências são necessárias estratégias que permitam produções de alta qualidade, com produtos que atendam os padrões internos e externos. Assim, é importante haver ações em relação à extensão e às políticas públicas para capacitação, assistência técnica e profissionalização dos produtores, bem como para o aperfeiçoamento da capacidade gerencial do setor produtivo. (Gasques, Vieira Filho e Navarro, 2010)

3. METODOLOGIA

3.1. Análise Envoltória de Dados (DEA)

O método não paramétrico de análise envoltória de dados (DEA) é um desdobramento dos estudos de Farrell, criado em 1957, para unidades de produção que utilizam quantidades consideráveis de insumos e produtos (Bowlin, 1999). No entanto, este método era voltado a mensuração da produtividade, com entraves na incorporação de medidas de múltiplos insumos e produtos (Gomes e Batista, 2004).

Isto posto, Charnes, Cooper e Rhodes em 1978 desenvolveram o método DEA para que fosse estimada a eficiência relativa das instituições. Esta técnica transforma *inputs* e *outputs* em medidas de eficiência. Esta transformação ocorre quando são comparados os insumos (*inputs*) utilizados e os produtos (*outputs*) obtidos em cada DMU (*Decision Making Units*), de forma a comparar com as demais. Assim, essa análise constata as unidades mais eficientes na amostra e indica a proporção de ineficiência.

De acordo com Borenstein *et al.*, (2004), esta metodologia tem como objetivo a identificação das DMUs que operam de maneira eficiente, e que por consequência estão na fronteira de produção, bem como as unidades que são ineficientes, para que com os ajustes necessários (tanto em seus inputs quanto outputs), atinjam a eficiência. Este cálculo é realizado com uma razão entre a soma ponderada de outputs e inputs, apresentado pela Equação 1.

$$Eficiência_k = \frac{\sum_{j=1}^n W_{jk} OUTPUT_{jk}}{\sum_{i=1}^m V_{ik} INPUT_{ik}}, \text{ com } k = 1, \dots, N. \quad (1)$$

onde W_{jk} é o peso unitário do output j para a unidade observada k ; V_{ik} é o peso unitário do input i . Assim, são N unidades examinadas, m variáveis para inputs e n variáveis para outputs.

De acordo com Marinho (2003), os escores de eficiência do DEA para que haja projeção das DMUs ineficientes para a fronteira, podem ser orientados por insumo e produto. Ambas as orientações desejam a máxima eficiência das unidades:

- Orientação insumo: há a minimização dos insumos de maneira suficiente para que se alcance um nível de produto previsto;
- Orientação produto: visa a maximização do produto mantendo fixas as quantidades de insumos.

Além das orientações, os modelos DEA podem apresentar Retornos Constantes de Escala (CCR - *Constant Returns to Scale*) ou BCC (VRS - *Variable Returns to Scale*).

O modelo CCR tem como característica principal a pressuposição de que há uma fronteira que possui retorno constante de escala. Assim, neste modelo, a medida de eficiência alcançada é similar, visto que a minimização dos insumos ou a maximização dos produtos resultam em retornos constantes a escala:

$$\begin{aligned} &Max_{\phi, \lambda} \phi \\ &Sujeito a \\ &-\phi y_i + Y\lambda \geq 0 \\ &x_i - X\lambda \geq 0 \\ &\lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

onde λ é um vetor ($I \times 1$), calculado para obter a solução ótima. Para a DMU eficiente, $\lambda = 0$, e $\lambda \neq 0$, caso contrário. Assim, os valores de λ devem ser os pesos utilizados na combinação linear de outras DMUs eficientes (chamadas de *benchmarks*), que determinam a direção que

uma DMU ineficiente deve seguir para tornar-se eficiente. A eficiência ϕ varia de $1 \leq \phi \leq \infty$.

Para o modelo BCC supõe retornos variáveis de escala, onde é substituído o axioma que afirma que há proporcionalidade entre os insumos e produtos pelo axioma de convexidade. Dessa forma, há mobilidade ente as DMUs que apresentam baixos valores de insumos possam dispor de retornos crescentes de escala, assim como aquelas que possuem altos valores de insumos possam dispor de retornos decrescentes de escala. O modelo para definição de eficiência pode ser observado com maximização de produto:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max}_{\phi\lambda} \phi \\
 & \text{Sujeito a} \\
 & -\phi y_i + Y\lambda \geq 0 \\
 & x_i - X\lambda \geq 0 \\
 & I1'\lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned} \tag{3}$$

onde $I1$, é um vetor 1×1 , que pode ser adicionado no modelo orientação insumo para considerar a hipótese de retornos variáveis (Coelli, *et al.*, 2005).

Os *scores* de eficiência dos produtores serão obtidos sob a suposição de retornos constantes, *scores* estes que são compostos pelo produto entre a eficiência técnica para retornos variáveis e eficiência de escala, apresentados na Equação 4.

$$ET_{RC} = ET_{RV} \times E_{escala} \tag{4}$$

onde ET_{RC} refere-se à eficiência técnica para retornos constantes; ET_{RV} corresponde à eficiência técnica para retornos variáveis e E_{Escala} refere-se à eficiência de escala.

Assim, a eficiência de escala é obtida através da razão entre eficiência técnica para retornos constantes e eficiência técnica para retornos variáveis. Os produtores serão analisados de acordo com suas receitas financeiras durante o ano de 2014. Para o cálculo de eficiência na análise envoltória de dados, serão utilizadas as variáveis apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 -Variáveis utilizadas para cálculo de eficiência

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
Custos com mão de obra	Receita total das empresas no ano de 2014.
Custos com energia e água	
Custos com insumos agrícolas	

Fonte: Elaboração dos autores

3.2.Base e tratamento dos dados

Os dados utilizados neste estudo provêm de pesquisa primária, realizada pelo Programa de Pós-graduação em Economia (PPGECON) da Universidade Federal de Pernambuco, com o

apoio da Embrapa Semiárido¹ no município de Petrolina/PE. O questionário aplicado tem questões relativas às variáveis quantitativas e qualitativas. Este questionário foi aplicado em entrevistas realizadas com os fruticultores locais. A área estudada está localizada no perímetro irrigado Senador Nilo Coelho e conta com 11 núcleos numerados de 1 à 11. O período analisado será o ano de 2014. Dada esta característica, os dados são do tipo *cross-section*.

A quantidade total de produtores de fruticultura irrigada de Pernambuco, especificamente a área estudada, é de 2.058 fruticultores². Assim, foram aplicados 85 questionários no Perímetro Irrigado. Estes produtores são classificados em Pequeno/Médio/Grande empresa, e segue classificação proposta pelo Distrito de Irrigação Nilo Coelho (DINC, 2019) que utiliza como base o tamanho da área do produtor. A Tabela 2 apresenta a definição do porte de empresas e produtores rurais.

Tabela 2- Definição do porte de empresas e produtores rurais.

Porte/Classificação	Área
Pequeno Produtor	Até 7 hectares
Pequena/Média Empresa	Acima de 7 hectares até 50 hectares
Grande Empresa	Acima de 50 hectares

Fonte: DINC (2019)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Análise Descritiva dos Dados

Os dados mostram que 30 DMU's são classificadas como pequenos produtores, 27 são pequena/média empresa e 1 é grande empresa (Tabela 3). As pequenas e médias empresas possuem a maior quantidade de empregados, cerca de 67% do total analisado. O pequeno produtor detém 17% da mão de obra, e a grande empresa tem cerca de 14%.

Tabela 3- Identificação da quantidade de empresas e de empregados

Tamanho da DMU	Quantidade de empresas	Quantidade de empregados
Pequeno produtor	30	108
Pequena/média empresa	27	408
Grande empresa	1	90
Total	58	606

Fonte: Resultados da pesquisa

A análise de quantidade de mão de obra por empresa mostra que a grande empresa é a maior detentora desta variável, com 90 empregos formais. As pequenas/médias empresas tem em média 15 empregados por empresa, enquanto para o pequeno produtor é tem 3,6 empregados.

A fruticultura irrigada no Submédio do São Francisco é composta em sua maioria por pequenas e médias propriedades, com ênfase em agricultura familiar. Porém, devido a

¹ Responsabilidade total dos dados

² As culturas produzidas na região são: manga, uva, banana, coco, goiaba, acerola e maracujá.

heterogeneidade da região, há grandes empresas que atuam com o mercado externo, ressaltando a diversidade de DMUs (Lima e Miranda, 2001).

O perímetro irrigado Nilo Coelho é o maior gerador de empregos, quando comparado aos demais perímetros, porque apresenta maior área irrigada destinada aos produtores rurais. Este fato deve-se principalmente ao uso de tecnologia no Nilo Coelho. Isto influencia diretamente a contratação de mão de obra assalariada (Ortega e Sobel, 2010).

Em relação ao perfil do produtor rural, a média de idade é 51 anos, com mínimo de 27 e máximo de 78 anos. Em relação a escolaridade, a média é de 4 anos, com máximo de 8 e mínimo de 1 ano. Logo, os pequenos proprietários possuem baixa escolaridade. Este cenário, de acordo com Ortega e Sobel (2010), deve-se a existência precária de escolas com todos as séries completas no perímetro irrigado. Estas escolas são basicamente de ensino fundamental, que vão até a quarta série. Assim, para que houvesse continuação dos estudos, estes produtores deveriam se deslocar para a zona urbana de Petrolina. Contudo, as vagas ofertadas não são suficientes para atender as necessidades da população rural e urbana.

Para a variável renda foi observada a média faturada de R\$ 339.684, com mínimo de R\$ 31.132 e máximo de R\$ 5.150.000. Quanto a quantidade de mão de obras formais a média encontrada é de 10 empregados por DMU, com mínimo de 0 e máximo de 90 empregados.

Tabela 4- Perfil do proprietário rural

Variável	Unidade de medida	Média	Mínimo	Máximo
Idade	Ano	51	27	78
Escolaridade	Ano	4	1	8
Renda	Reais	339.684,60	31.132,00	5.150.000
Empregados	Quantidade	10	0	90

Fonte: Resultados da pesquisa

4.2.As Medidas de Eficiência

Assim, com base na Análise Envoltória de Dados, foram estimados os *scores* (E) de eficiência dos produtores. Os modelos estimados com retornos constantes e variáveis foram calculados, e a partir dos resultados foram obtidas as medidas de eficiência de escala. Para todos os modelos foi escolhida a orientação produto, dado que, do ponto de vista do produtor, torna-se mais vantajoso maximizar a produção, mantendo os insumos constantes. A Tabela 5 apresenta os intervalos de eficiência em que os produtores se encontram para retornos constantes retornos variáveis e eficiência de escala.

Tabela 5- Distribuição de produtores segundo intervalos de medidas de eficiência técnica e de escala.

Especificação	Eficiência Técnica- CRS (Nº produtores)	Eficiência Técnica- VRS (Nº produtores)	Eficiência de Escala
$E < 0,1$	0	0	0
$0,1 \leq E < 0,2$	1	0	0
$0,2 \leq E < 0,3$	1	1	1
$0,3 \leq E < 0,4$	8	3	1
$0,4 \leq E < 0,5$	5	8	0
$0,5 \leq E < 0,6$	8	4	2
$0,6 \leq E < 0,7$	13	7	3
$0,7 \leq E < 0,8$	4	8	5
$0,8 \leq E < 0,9$	7	5	10
$0,9 \leq E < 1,0$	4	4	25
$E = 1,0$	7	18	11
TOTAL	58	58	58
Média	0,654	0,754	0,882

Fonte: Resultados da pesquisa

Para o modelo de retorno constante, 7 dos 58 fruticultores obtiveram máxima eficiência técnica ($E=1,0$), representando 12,07% da amostra. Estes produtores estão na fronteira de produção, e para aumentar sua produção seria necessário aumentar a quantidade de insumos ou alterar a tecnologia utilizada. Quando são analisados os produtores que não atingiram a máxima eficiência, seria necessário seguir o comportamento dos produtores eficientes, com o aumento de produto, que são seus *benchmarks*. Dado que a média dos *scores* de eficiência técnica foi de 0,654, pode-se afirmar que o nível médio de ineficiência é de 0,346.

Para o modelo de retornos variáveis, pode ser observado que 18 dos 58 fruticultores são eficientes, representando 31,03% da amostra. Este resultado é previsto, uma vez que o modelo com retorno variável não integra como fonte de ineficiência questões ligadas a escala de produção, ao contrário do que acontece no modelo de retornos constantes.

A distribuição de fruticultores de acordo com seus estratos de eficiência é apresentada na Figura 2. O histograma mostra a distribuição dos fruticultores de acordo com os estratos de eficiência técnica no modelo de retornos constantes e variáveis, onde pode-se observar que, para ambos os modelos, a maior concentração dos produtores é no *score* até 0,7.

É possível concluir também que 69% dos produtores que estão no modelo de retorno constante estão localizados nos estratos abaixo de 0,8. Para o modelo de retorno variável 55% dos produtores estão neste estrato de ineficiência. Apesar da maior parcela dos fruticultores estar localizada na região de ineficiência, 18 deles estão na fronteira de produção, no modelo de retorno variável, com *score* igual à 1.

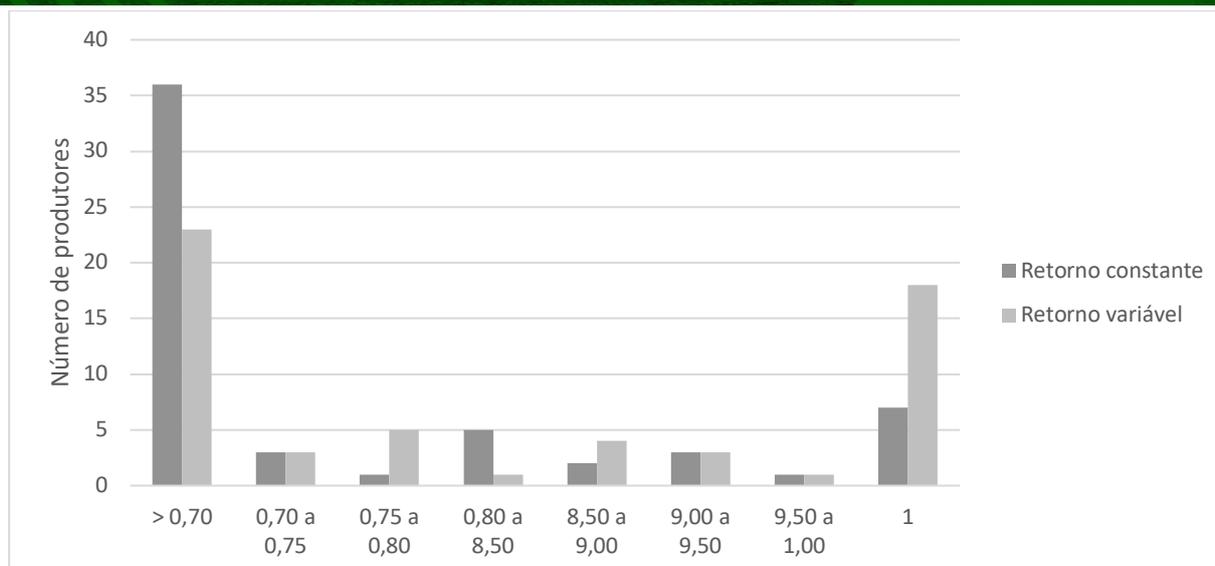


Figura 2- Histograma da distribuição dos produtores

Fonte: Resultados da pesquisa

Ao se analisar a eficiência de escala, obtida pela razão entre os resultados dos modelos de retornos constantes e variáveis, seis fruticultores possuem retornos constantes de escala e estão na escala ótima de produção. Os demais 52 produtores que obtiveram eficiência de escala abaixo de um estão produzindo com retornos crescentes ou decrescentes.

Na Tabela 6 é apresentada a distribuição das propriedades rurais de acordo com o tipo de retorno à escala. Destaca-se que a maior parte das propriedades possuem retornos crescentes, ou seja, 46,5% (27/58) das propriedades podem aumentar sua produção a custos decrescentes. A outra parcela destas DMUs analisadas tem problemas na escala de produção, com possibilidade de resolução com a ampliação da produção, com expansão da quantidade de insumos, mantendo a proporção insumos e produtos.

Tabela 6- Distribuição das propriedades rurais segundo o tipo de retorno à escala.

Propriedade rural	Tipo de retorno		
	Decrescente	Crescente	Constante
Pequeno produtor	12	15	2
Peq/Média empresa	11	11	6
Grande empresa	0	1	0

Fonte: Resultados da pesquisa

As propriedades rurais operaram com retornos crescentes devido ao fato de que, durante a safra de 2014, a produção da fruta foi reduzida em relação à 2013. Essa redução de frutas impactou na restrição de insumos, que por consequência, impôs os produtores a retração do percentual de aproveitamento da capacidade instalada, gerando complicações na escala de produção.

O conglomerado dos problemas, operar abaixo da escala de produção e utilização incorreta dos insumos torna-se um ponto negativo para a fruticultura irrigada. Embora a produção esteja abaixo da escala ótima, é possível afirmar que houve perda de insumos durante o processo produtivo. Esse fato gera prejuízo para o empresário, além da redução do

abastecimento interno (em menores proporções). Este cenário poderia ser mudado com a correção de ineficiências.

Para a percepção do comportamento das propriedades rurais durante a safra do ano de 2014, é realizada a análise de pura eficiência técnica, referente ao modelo DEA com retornos variáveis. Dentro da amostra total de produtores, 68,97% foram considerados ineficientes, pois não combinaram de maneira eficiente seus insumos e produtos, e, por esta causa, não atingiram o *score* de eficiência máximo, que é atribuído a todos os produtores que estão na fronteira de produção.

Para as demais propriedades ineficientes, há uma DMU eficiente que se torna *benchmark* referência, que aloca da melhor forma os seus recursos, produzindo mais. A Tabela 7 apresenta uma descrição inicial dos dois grupos de propriedades (eficientes e ineficientes).

Tabela 7- Valores médios de produto e insumos utilizados na DMU segundo condição de pura eficiência técnica.

VARIÁVEL	EFICIENTE	INEFICIENTE	MÉDIA GERAL
Renda bruta total**	1.339.292,94	503.149,17	748.225,79
Custos com insumos agrícolas*	389.147,64	73.392,70	165.941,56
Custos com mão de obra*	200.553,41	61.059,44	101.945,60
Custos com energia elétrica e água*	44.453,17	24.491,21	30.342,13

Fonte: Resultados da pesquisa. *Insumos, **Produto.

Uma propriedade eficiente tem maior receita total, apesar de ter custos maiores com insumos agrícolas, mão de obra, energia elétrica e água, em relação à média amostral. No que tange as propriedades ineficientes, estas têm menor renda total, e tem menores custos com insumos agrícolas, mão de obra, energia elétrica e água que a média.

4.3. *Benchmarks* e produtores ineficientes

No tocante dos principais *benchmarks*, os produtores que mais aparecem como referência para as unidades ineficientes. A descrição destas unidades é realizada como o intuito de elevar as opções estratégicas de um produtor ineficiente, o qual deverá adotar para se deslocar rumo a fronteira de produção, obtendo a máxima eficiência técnica.

Nesta pesquisa, dos 18 produtores eficientes, 14 foram considerados *benchmarks* para pelo menos 1 produtor ineficiente, sendo 6 unidades de referência para dez ou mais DMUs. Contudo, 7 produtores se mostraram eficientes para eficiência técnica e eficiência de escala. As características destas 14 unidades são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8- Os quatorze maiores benchmarks junto com suas características relativas ao método

Benchmark	Nº de vezes benchmark	Eficiência técnica	Eficiência de escala
Benchmark 7	3	1,000	0,569
Benchmark 12	28	1,000	1,000
Benchmark 15	18	1,000	1,000
Benchmark 22	13	1,000	1,000
Benchmark 23	5	1,000	0,690
Benchmark 26	3	1,000	1,000
Benchmark 35	2	1,000	0,744
Benchmark 36	8	1,000	0,623
Benchmark 37	8	1,000	0,999
Benchmark 38	2	1,000	0,595
Benchmark 47	15	1,000	1,000
Benchmark 50	14	1,000	1,000
Benchmark 51	10	1,000	1,000
Benchmark 57	5	1,000	0,825

Fonte: Resultados da pesquisa

O produtor nomeado como *benchmark 12* é referência para 48,2% dos produtores ineficientes (28/58), já os produtores *benchmark 15* e *47* servem de referência para 31,03% e 25,86% dos produtores (18/58 e 15/58), respectivamente. Isto posto, é importante destacar que um mesmo produtor ineficiente pode ter até 4 *benchmarks* diferentes. Esse comportamento deve-se ao fato de que um produtor ineficiente pode estar a distâncias similares dos demais produtores que estão na fronteira de produção.

Vale a pena ressaltar que os produtores que são considerados como referência, estão na fronteira de produção, com eficiência técnica igual a um. Porém, não é necessário apresentar valor um para a eficiência de escala, como acontece com os 7 *benchmarks*. Mas mesmo sob estas condições, são considerados como referências.

Para entender o comportamento dos produtores *benchmarks*, a Tabela 9 traz os valores de insumos e produto das unidades que mais serviram de referência para as unidades ineficientes. Pode-se observar que os produtores não possuem em proporções semelhantes os insumos e produtos. Assim, é identificada a inexistência de um número específico de concordância entre insumos e produtos que induzam a eficiência técnica.

Tabela 1- Insumos e produtos dos benchmarks principais

Variável	Benchmark 12	Benchmark 15	Benchmark 47	Benchmark 50
Renda bruta total**	R\$ 185.5000,00	R\$ 461.700,00	R\$ 4.375.000,00	R\$ 1.380.000,00
Custos com insumos agrícolas*	R\$ 1.400,00	R\$ 3.380,00	R\$ 1.300.000,00	R\$ 250.000,00
Custos com mão de obra*	R\$ 8.688,00	R\$ 61.200,00	R\$ 456.840,00	R\$ 96.000,00
Custos com energia elétrica e água*	R\$ 19.200,00	R\$ 27.600,00	R\$ 60.000,00	R\$ 82.000,00

Fonte: Resultados da pesquisa. *Insumos, **Produto.

4.4. Ganhos de fronteira

Após a análise das medidas de eficiência, é possível quantificar o potencial ganho na renda, após a eliminação das ineficiências. Para que isso ocorra, os produtores que estão abaixo da fronteira de produção precisam solucionar os problemas existentes na DMU. Assim, devem observar os produtores eficientes que são responsáveis pelo alcance da medida de eficiência. Sumariamente, dada a existência de um produtor ineficiente, há pelo menos um produtor que tem renda bruta, em maior proporção, com a mesma quantidade de insumos. Nessa perspectiva, a análise envoltória de dados, além da eficiência, fornece opções para a eliminação de ineficiências.

Empregando os valores médios de eficiência obtidos foram simuladas as faixas de eficiências que os produtores estão alocados. A Tabela 10 apresenta estes valores. É possível visualizar que 48,3% dos produtores estão na fronteira de eficiência, ao qual obtiveram *score* igual a um. Cerca de 29,3% dos produtores poderiam expandir sua renda em 10%. Apenas um produtor poderia expandir sua renda entre 30 e 40%.

Tabela 10- Faixa de eficiência

Faixa de eficiência	Número de DMUs	Valor percentual (%)
F=1	28	48,3
$1 < F \leq 1.1$	17	29,3
$1.1 < F \leq 1.2$	8	13,8
$1.2 < F \leq 1.3$	4	6,9
$1.3 < F \leq 1.4$	1	1,7

Fonte: Resultados da pesquisa

Com a projeção dos valores médios encontrados das medidas de eficiência dos produtores que são ineficientes pode-se projetar a renda, caso estes fruticultores trabalhassem de modo eficiente. Os dados apresentados na Tabela 11 referem-se aos ganhos médios na renda que podem ser alcançados com a correção dos problemas com uso ineficiente de insumos.

Tabela 11- Simulação de possíveis ganhos de renda e insumos dos fruticultores após correção de ineficiências

Especificação	Valor projetado (R\$/ano)
Renda bruta atual	636.187,59
Renda bruta projetada	748.225,80

Fonte: Resultados da pesquisa

Analisando a renda bruta média dos produtores, após correções de ineficiência, pode haver um ganho de R\$ 112.038,21, quando são comparadas as rendas atuais e as projetadas, isto é, 17% de acréscimo.

5. CONCLUSÃO

A região do Submédio do São Francisco destaca-se como um importante centro de produção rural nacional. Este fato advém da produção de fruticultura irrigada presente, com evidência a produção de uva e manga, suprindo as demandas nacionais e internacionais.

Assim, este artigo buscou mensurar o nível de eficiência dos produtores rurais. O intuito do trabalho foi qualificar o modo de funcionamento destes produtores. Para isto, foi utilizada a metodologia não paramétrica – DEA, para também projetar os produtores considerados como ineficientes para a fronteira de produção. Assim, foram analisados 58 produtores que utilizam fruticultura irrigada. Inicialmente foi realizada uma análise descritiva dos dados para apresentar o perfil dos produtores. Com este primeiro processo foi observado que a média dos produtores tem idade de 51 anos, e renda média de R\$ 339 mil.

A análise da eficiência técnica mostrou que sob retornos constantes, 12% dos produtores têm máxima eficiência (um). Esta distribuição é considerada variável, pois as unidades produtivas são heterogêneas. O nível médio apresentado de eficiência foi de 0,654.

Após, foram identificados os 18 produtores que são os *benchmarks* para os demais que não apresentam eficiência. Como resultado, foi percebido que após ajustes de ineficiência, os produtores que não estão na fronteira conseguem cerca de R\$ 112 mil reais de incremento na renda atual.

Estes resultados podem ser considerados por formuladores de políticas públicas, bem como empreendedores, pois servem de parâmetros para desenvolver a região, alocando recursos, apresentando assistências e aumento na comercialização dos produtos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, G. dos S.; FERREIRA, M de O.; LIMA, J. R. F. de. Fruticultura e inovação: hierarquização dos produtores do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, Petrolina, PE. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, 54., 2016, Maceió. Desenvolvimento, território e biodiversidade. Maceió: UFAL: SOBER, 2016.

BORENSTEIN, D. BECKER, J. L.; PRADO, V. J. Measuring the efficiency of Brazilian post office stores using data envelopment analysis. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 10, p. 1055-1078, 2004.

BOWLIN, W. F. Measuring performance: an introduction to data envelopment analysis (DEA). **Journal of accounting and public policy** [S.I.], v. 18, p. 287 – 310, 1999.

CHAMBERS, R. G. Applied production analysis: a dual approach. **Cambridge University Press**, 1988.

CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; BATTESE, G. E. An introduction to efficiency and productivity analysis. **Kluwer Academic**, Boston, 2005.

DINC – Distrito de Irrigação Nilo Coelho. Home Page. Disponível em: <<http://www.dinc.org.br/>>. Acesso em: 16 mar 2024.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A [S.I.], v. 3, n. 120, p. 253-290, 1957.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações. **Editora UFV**, Viçosa, 2009.

GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas. 288P Brasília, DF: **IPEA**, 2010.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. Análise Envoltória de Dados. In: SANTOS, M. L., VIEIRA, W.C., (ed.) **Métodos Quantitativos em Economia**. Viçosa, MG: UFV, p. 121-160. 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografias e Estatísticas. Home Page. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 16 mar 2024.

KOOPMANS, T. C. An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. ed. Activity Analysis of Production and Allocation, **Cowles Commission for Research in Economics**, Monograph No.13. New York: John Wiley and Sons, Inc. 1951.

LIMA, J. P. R.; MIRANDA, E. A. de A. Fruticultura irrigada no Vale do São Francisco: incorporação tecnológica, competitividade e sustentabilidade. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. especial p. 611-632, nov. 2001.

LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no Ambiente do Apoio e à Decisão. **COPPE/UFRJ**. Rio de Janeiro, RJ, 2000.

ORTEGA, A. C.; SOBEL, T. F. Desenvolvimento territorial e perímetros irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos perímetros irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE). **Planejamento e políticas públicas (ppp)**, n. 35, jul./dez. 2010.

SCRCSSP. State Service Provision. Data Envelopment Analysis. A technique for Measuring the Efficiency of Government Service Delivery. **STEERING COMMITTEE FOR THE REVIEW OF COMMONWEALTH**. Melbourne, 1997.