

## **Área Temática 1: Economia Pernambucana**

### **EFICIÊNCIA TÉCNICA NA PRODUÇÃO DE MANGA EM PETROLINA (PE)**

#### **Caliane Borges Ferreira**

Economista, mestranda em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará – UFC,  
professora da Faculdade de Ciências Aplicadas e Sociais de Petrolina – FACAPE.  
e-mail: [caliane.borges@facape.br](mailto:caliane.borges@facape.br)  
fone: (74) 9117-9304

#### **Jair Andrade Araujo**

Doutor em Economia pelo CAEN/UFC, professor do Programa de Mestrado em Economia  
Rural pela UFC.  
e-mail: [jair.andrade@ufc.br](mailto:jair.andrade@ufc.br)

#### **João Ricardo Ferreira de Lima**

Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, pesquisador da  
Embrapa Semiárido em Petrolina (PE), professor da FACAPE, professor no Programa de Pós-  
graduação em Economia pela CAA/UFPE.  
e-mail: [joao.ricardo@embrapa.com.br](mailto:joao.ricardo@embrapa.com.br)

# EFICIÊNCIA TÉCNICA NA PRODUÇÃO DE MANGA EM PETROLINA (PE)

## RESUMO

Neste estudo será abordada a produção total dos fatores (PTF) na produção de manga no semiárido brasileiro, em específico no Vale do Submédio São Francisco. A maior demanda por produtos agroalimentares de qualidade vem ocasionando mudanças significativas no comportamento da oferta de frutas no mundo inteiro. Neste contexto se encaixa o Vale; entre os produtos cultivados nessa região, a manga se destaca como um dos mais importantes. Em virtude da necessidade de identificar os componentes de eficiência técnica (ET) na produção de manga no Vale do Submédio São Francisco, o artigo tem como objetivo analisar o nível de eficiência técnica dos produtores de manga do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho em Petrolina (PE). O estudo das variáveis deu-se também por meio da estimação do modelo econométrico paramétrico de função de produção estocástica. O estudo concluiu que apenas sete (7) produtores de setenta e três (73) lotes pesquisados mostraram-se tecnicamente eficientes, dado preocupante, visto que o grau de ineficiência foi de mais de 90%. Em seguida, será apresentado o cronograma de atividades.

**Palavras-chave:** *manga, produtividade total dos fatores, fronteira estocástica, eficiência técnica.*

**Classificação JEL:** C10.

## ABSTRACT

*In the second chapter will look at the total production factors (TPF) in mango production in the brazilian semiarid region, in particular in the Valley of the Creative Commons License. The increased demand for agrifood products quality has caused significant changes in the behavior of supply fruit worldwide. In this context fits the Valley, among the crops grown in this region, the sleeve stands out as one of the most important. Because of the need to identify the components of technical efficiency (TE) in mango production in the Valley of the Creative Commons License, the article aims to analyze the level of technical efficiency of mango producers of the Irrigation District Senator Nilo Coelho in Petrolina (PE). The study variables also gave through the estimation of parametric econometric model of stochastic production function. The study concluded that only seven (7) producing seventy-three (73) lots studied proved technically efficient as they concern, as the degree of inefficiency was over 90%. Then, the schedule of activities will be presented.*

**Keywords:** *mango, total factor productivity, stochastic frontier, technical efficiency.*

**JEL Classification:** C10.

# EFICIÊNCIA TÉCNICA NA PRODUÇÃO DE MANGA EM PETROLINA (PE)

## 1. INTRODUÇÃO

A maior demanda por produtos agroalimentares de qualidade vem ocasionando mudanças significativas no comportamento da oferta de frutas no mundo inteiro. No cenário das atividades primárias, o cultivo de frutíferas coloca-se em destaque. Em consequência disso, a produção mundial de frutas frescas tem apresentado crescimento contínuo. Contudo, os volumes de negociação permaneceram estáveis nos últimos anos (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2013).

Em 2012, a colheita foi calculada em 822,301 milhões de toneladas, com incremento de 9,509 milhões de toneladas sobre o montante do ano anterior. Já a área cultivada em 2012 foi ampliada em 1,088 milhão de hectares, passando de 71,997 milhões para 73,066 milhões de hectares (FAO, 2014).

O Brasil se destaca nesse cenário como um dos três maiores produtores de frutas frescas do mundo. Dados retratam que 43 milhões de toneladas foram produzidas em uma área de aproximadamente 2,5 milhões de hectares em 2012. As exportações saltaram de 296 mil toneladas em 1998 para 759 mil toneladas em 2010. Um crescimento de 156,42% em 12 anos (IBRAF, 2014).

O Levantamento Sistemático de Produção Agrícola (LSPA) divulgou em fevereiro de 2014 as projeções de área, produção e produtividade para as principais frutas que compõem a cesta nacional brasileira. A partir desse levantamento foi possível concluir que as exportações de melão tiveram um volume de 191,412 mil toneladas em 2013, o que corresponde a um crescimento de 5,31% em relação a 2012. A manga está em segundo lugar no *ranking* de exportações de frutas frescas, com queda de 3,93% no volume e alta de 7,19% na receita (IBRAF, 2014).

Algumas regiões do Brasil se destacam na produção de mangas. Neste contexto se encaixa o Vale do Submédio São Francisco. O pólo é produtor e exportador da fruta, concorrendo com seus produtos no mercado internacional. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2012 o Nordeste foi responsável por 66,5% da produção nacional de manga, sendo a participação do município de Petrolina em Pernambuco de 22,21% e de Juazeiro na Bahia o correspondente a 26,23%. Contudo, a variação percentual de 2008 a 2012, tratando-se de Nordeste, foi de queda, - 4,2% (IBGE/PAM, 2012).

Diante desse cenário, a questão central deste estudo é identificar os componentes de eficiência técnica na produção de manga no Vale do Submédio São Francisco, em específico no Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, assim, o objetivo do artigo é analisar o nível de eficiência técnica dos produtores de manga do projeto de irrigação.

A metodologia utilizada foi estimação de Fronteira de Produção Estocástica para o ano agrícola de 2012/2013 junto a 85 produtores de manga. A função de produção foi composta pela quantidade produzida (Kg), sendo o fator de produção área (ha), e os custos (R\$) com insumos, capital e mão-de-obra, as variáveis explicativas do modelo.

Este estudo mostra-se relevante por apresentar a situação atual da eficiência técnica dos produtores da região, assim como a visão da importância da produção e comercialização de manga para a economia do Brasil e do Vale, visto que por meio da mensuração da eficiência técnica é possível verificar também as variáveis causadoras da eficiência ou ineficiência na produção.

Espera-se, assim, que as evidências empíricas apresentadas neste artigo possam colaborar com a produção de manga na região, haja vista que os produtores podem observar como se tornar mais eficientes e competitivos. Ainda, análises podem ser feitas por gestores e

governantes responsáveis por políticas públicas, para que esses ajam visando aumentar a competitividade da mangicultura, e assim gerar emprego e renda.

Os dados foram coletados junto aos pequenos produtores da localidade do Nilo Coelho e o estudo das variáveis deu-se por meio do modelo econométrico paramétrico de Função de Produção Estocástica. A vantagem dessa abordagem encontra-se no fato de que a PTF pode ser decomposta em componentes que caracterizam o processo de produção geral. Assim, o procedimento utilizado possibilita a identificação dos componentes de eficiência técnica.

O artigo compõe-se de seis seções. Na seção 2 faz-se uma breve explanação sobre produtividade e eficiência, assim como trata do mercado de manga no Brasil e no Vale. A seção 3 descreve a região geográfica do estudo e a base de dados. Na seção 4 apresenta-se o modelo econométrico utilizado. Na seção 5 são apresentados inicialmente a escolha da distribuição assimétrica utilizada, em seguida, os resultados da estimação do modelo, assim como as medidas de eficiência técnica. Por fim, a última seção é dedicada às considerações finais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção abordará a produtividade total dos fatores (PTF) e eficiência. Em seguida, apresenta-se as informações sobre o mercado frutícola e de manga no Brasil e no Vale do São Francisco, cenário de estudo desta pesquisa.

### 2.1 Produtividade e Eficiência

Para Lambert (2010), diferenças de produtividade derivam de diferenças na tecnologia de produção, na eficiência do processo de produção e no ambiente onde a produção ocorre. Assim, ainda de acordo com o autor, a eficiência produtiva de um sistema de produção pode ser definida como o quociente entre a relação produto-insumo observada e a relação produto-insumo ótima. Enquanto que a eficiência técnica refere-se ao conjunto ótimo de possibilidades.

Bonelli e Fonseca (1998) estimaram a PTF para os setores industriais e agrícola brasileiro no período correspondente a 1975-1996. Os autores observaram que entre 1879 e 1984 a taxa anual de crescimento da PTF agrícola esteve entre 4,5% e 5%, com exceção do ano de 1982, quando esteve próxima a 1%. Nos anos 1976, 1978, 1985, 1986 e 1988 a variação da PTF agrícola foi negativa. Para o período compreendido entre 1989 e 1996 a variação da PTF agrícola foi positiva, entre 1,1% e 5%, com média no período de 2,9%.

Gasques *et al.* (2010) afirmaram que o aumento da produtividade foi o principal fator de estímulo ao crescimento da agricultura brasileira. Utilizando o índice de Tornqvist, mostraram que entre 1975 e 2008 o índice do produto da agropecuária brasileira passou de 100 para 336, enquanto o índice dos insumos passou de 100 para 107. Os autores argumentaram que esses números refletem um crescimento baseado essencialmente nos ganhos de produtividade, devido à grande diferença entre crescimento do produto e o crescimento do uso de insumos. Concluíram que o crescimento anual da PTF para o período compreendido entre 1975 e 2008 foi de 3,7% ao ano no Brasil.

Tratando-se de eficiência na produção agrícola, têm-se que a avaliação do desempenho dessas unidades de produção acarreta a análise da produtividade. Coelli (1995) expõe duas formas de se obter o aumento de produtividade: a primeira seria por meio de mudanças tecnológicas (novos fertilizantes, planos de rotação de cultura, entre outros), que causam um movimento ascendente da fronteira; e a segunda por procedimentos que garantam uso mais eficiente da tecnologia (por exemplo, treinamento dos agricultores na tecnologia praticada), que faz com que as unidades operem mais próximas à fronteira. Essas duas formas de

melhoria da produtividade (progresso tecnológico e aumento de eficiência) requerem políticas de ação diferenciadas.

Souza *et al.* (2011) avaliaram a eficiência técnica da produção agrícola de 27 estados brasileiros. Foram usados dados dos Censos Agropecuários de 1995/96 e de 2006. Utilizaram também um modelo de fronteira estocástica com distribuição half-normal, incluindo efeitos técnicos. O modelo ajustou-se bem aos dados, com coeficientes de correlação de Pearson de 97% entre os valores preditos e observados. O estado de Santa Catarina apresentou a maior eficiência técnica em ambos os censos, já Tocantins apresentou a mais baixa.

Bragagnolo *et al.* (2012) analisaram também a produtividade agrícola para o Brasil, verificando os impactos dinâmicos dos fatores de produção capital, trabalho e terra no produto agrícola. Os autores fizeram uso de uma estratégia empírica baseada em um modelo econométrico VAR estrutural para o período compreendido entre 1972 e 2009. Os resultados demonstraram que o fator de produção que tem maior influência sobre o produto é o Capital. Os resultados indicaram, ainda, que à medida que a PTF cresce o trabalho diminui e que, portanto, a modernização da agricultura trouxe inovações tecnológicas poupadoras da mão-de-obra.

Na opinião de Nascimento *et al.* (2012) que estudaram a influência de variáveis técnicas e econômicas sobre os índices de eficiência técnica dos produtores de leite de Minas Gerais, utilizando-se a técnica de regressão quantílica, onde os índices de eficiência técnica foram estimados com base em um modelo de fronteira estocástica por meio dos dados de 875 produtores de leite coletados no ano de 2005. Os principais resultados revelaram, na fronteira de produção, que possivelmente está havendo utilização extensiva do fator terra.

Para Toresan (1998), a análise da eficiência produtiva de unidades de produção agrícola, além de estabelecer instrumento de *benchmarking* para os agricultores, fornece subsídios importantes para a pesquisa e extensão, na medida em que revelam as possibilidades de expansão da produção via melhoramento da eficiência e marcam as principais fontes de ineficiência. Portanto, quando se almeja estratégias, planejamentos e tomadas de decisões na produção é realizada uma avaliação da eficiência da unidade produtiva.

Segundo Gomes *et al.* (2003), a eficiência de uma unidade produtiva é examinada por meio da comparação entre os valores observados e os valores ótimos de seus produtos (*outputs*) e recursos (*inputs*). Ainda segundo os autores, tal comparação pode ser realizada, de forma sintetizada, pela razão entre a produção observada e a produção potencial máxima alcançável, dados os recursos disponíveis, ou pela razão entre a quantidade mínima necessária de insumos e a quantidade efetivamente empregada, dada a quantidade de produtos gerados.

Diversos outros autores utilizaram a metodologia paramétrica de fronteira de produção estocástica para medir a eficiência no setor agrícola, como Gazzola (2011), Helfand *et al.* (2011) e Alves *et al.* (2012). Assim, é constatado pelas várias publicações científicas citadas, que quando se tem por objetivo realizar uma avaliação de eficiência técnica no setor agrícola, a metodologia *Frontier Analysis* mostra-se adequada.

## **2.2 O Mercado de Manga**

Desde o surgimento da agricultura, o sistema econômico mundial dos países subdesenvolvidos vem fazendo dos produtos cultivados em suas nações o principal gerador de divisas. No Brasil essa vertente não foi diferente. Dados da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) mostram os produtos agrícolas entre os principais produtos exportados pelo país, sendo a soja a primeira colocada desse *ranking*, com participação de 13,94% no período de janeiro a maio de 2014 (MDIC/SECEX, 2014).

Entre os países produtores de frutas frescas, China, Índia e Brasil se destacam, colheram juntos em 2012 o correspondente a 357,761 milhões de toneladas, o que equivale a mais de 40% do total da produção mundial. Quase toda a produção dos três países é destinada

ao consumo interno. Contudo, Chile e Peru são os países que se destacam como exportadores, visto que produzem além da sua demanda interna (FAO, 2014).

O Quadro 1 mostra a produção de frutas frescas no Brasil, China e Índia em milhões de toneladas no ano de 2012. Como pode ser observado, a China está em primeiro lugar no *ranking* de produção, com 224,816 milhões de toneladas; seguida pela Índia com 83,032 milhões de toneladas. Já o Brasil coloca-se na terceira posição com 43,912 milhões de toneladas de frutas produzidas em 2012 (FAO, 2014).

Quadro 1: Produção de frutas frescas no ano de 2012 em toneladas.

País	Produção (t)
China	224,816
Índia	83,032
Brasil	43,912

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da FAO (2014).

Tratando-se de Brasil, O Quadro 2 mostra a produção frutícola por Estado da Federação, fazendo um comparativo entre os anos de 2011 e 2012. Como pode ser observado, o maior estado produtor em 2011 foi São Paulo, com 19.186.648 toneladas. Contudo, a variação percentual entre 2011/2012 foi de - 10,63%. O mesmo aconteceu com a Bahia e Pernambuco, apresentando quedas de - 12,10% e - 12,43%, respectivamente.

Já os estados Amapá, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rondônia, Roraima, Santa Catarina, além do Distrito Federal, apresentaram variação percentual positiva, obtendo o estado do Amapá um crescimento considerável de 24,97%.

Quadro 2: Produção frutícola nacional por estado, em toneladas, nos anos 2011 e 2012.

ESTADO	2011	2012	Δ% (2011/2012)
ACRE	114.024	113.600	-0,37%
ALAGOAS	186.064	149.833	-19,47%
AMAPÁ	35.017	43.759	24,97%
AMAZONAS	385.202	377.349	-2,04%
BAHIA	5.401.625	4.748.262	-12,10%
CEARÁ	1.374.645	1.350.537	-1,75%
DISTRITO FEDERAL	34.345	41.657	21,29%
ESPÍRITO SANTO	1.176.776	1.139.480	-3,17%
GOIÁS	759.792	794.268	4,54%
MARANHÃO	219.196	202.879	-7,44%
MATO GROSSO	216.991	221.406	2,03%
MATO GROSSO DO SUL	69.896	68.712	-1,69%
MINAS GERAIS	2.690.450	2.839.682	5,55%
PARÁ	1.656.800	1.743.095	5,21%
PARAÍBA	854.672	813.976	-4,76%
PARANÁ	1.567.826	1.715.517	9,42%
PERNAMBUCO	1.392.855	1.219.778	-12,43%
PIAUÍ	155.300	140.220	-9,71%
RIO DE JANEIRO	673.832	722.749	7,26%
RIO GRANDE DO NORTE	861.191	945.743	9,82%

RIO GRANDE DO SUL	2.778.620	2.677.720	-3,63%
RONDÔNIA	93.682	96.754	3,28%
RORAIMA	59.520	68.172	14,54%
SANTA CATARINA	1.529.837	1.578.662	3,19%
SÃO PAULO	19.186.649	17.146.263	-10,63%
SERGIPE	1.270.095	1.254.952	-1,19%
TOCANTINS	209.275	201.570	-3,68%
<i>TOTAL</i>	<i>44.954.176</i>	<i>42.416.590</i>	<i>-5,64%</i>

Fonte: IBGE/Elaboração IBRAF (2014).

O Quadro 3 compara nos anos de 2013 e 2012 os três principais produtos frutícolas exportados pelo país, melão, manga e banana, em receita total (US\$ FOB) e volume de produção (Kg). No comparativo 2013/2012 a receita total de manga teve um acréscimo de 7,19%, contudo, o volume de produção, comparado os dois períodos, foi de queda, correspondente a - 3,93%. Essa queda de produção inversamente proporcional à receita mostra que houve uma variação positiva no preço do produto, e não um aumento da produtividade (MDIC/SECEX, 2014).

Quadro 3: Exportações brasileiras de frutas entre 2012 e 2013.

Frutas	2013		2012		Δ2013/2012	
	Receita (US\$ FOB)	Volume (Kg)	Receita (US\$ FOB)	Volume (Kg)	Receita (US\$ FOB)	Volume (Kg)
Melão	147.579.929	191.412.600	134.114.090	181.767.594	10,04%	5,31%
Manga	147.841.604	122.009.290	137.588.916	127.009.229	7,19%	-3,93%
Banana (exceto da terra)	35.192.167	97.976.479	34.504.534	92.972.951	1,99%	5,38%

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da SECEX (2014).

Segundo o Anuário Brasileiro da Fruticultura (2013), os exportadores de frutas frescas alcançaram valor recorde no mercado externo em 2013, e safra enxuta, proporcionando bons preços internos. Entretanto, a manga, entre as principais frutas de exportação, possui grande participação também no mercado interno. Em 2013, sua receita foi de 147,5 milhões de reais. Contudo, em volume, como já foi mencionado, o resultado ficou aquém do esperado, quebrando uma trajetória que vinha crescente desde 2009 (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2013).

O Vale do São Francisco é considerado o maior produtor brasileiro de manga do país. Porém, dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) apontam decréscimo na participação do Nordeste em relação à produção nacional. O Quadro 4 mostra a quantidade produzida de manga no Brasil entre os anos de 2008 e 2012, por região geográfica.

Como pode ser observado, em 2008 a participação do Nordeste em relação à quantidade produzida da fruta no cenário nacional foi de 70,7%, caindo para 66,5% em 2012. Essa queda também ocorreu nas demais regiões do país, como mostra o quadro abaixo, exceto na região Sudeste, que apresentou crescimento de 4,9%.

Quadro 4: Quantidade produzida em toneladas de manga no Brasil, por região geográfica, nos anos de 2008 a 2012.

Ano	2008	2009	2010	2011	2012	Participação % em 2008	Participação % em 2012
Norte	5.316	5.269	3.875	3.609	2.132	0,5	0,2
Nordeste	816.862	879.283	846.573	877.715	782.365	70,7	66,5
Sudeste	314.605	297.341	325.813	355.316	377.819	27,2	32,1
Sul	13.087	11.467	9.645	9.706	9.674	1,1	0,8
Centro-oeste	4.779	4.334	3.745	3.107	3.745	0,4	0,3
<i>Brasil</i>	<i>1.154.649</i>	<i>1.197.694</i>	<i>1.189.651</i>	<i>1.249.453</i>	<i>1.175.735</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da PAM (2014).

Ainda, focando o cenário nacional, o crescimento da quantidade produzida de manga é de aproximadamente 2% no período dos quatro anos em análise no Quadro 4. Crescimento esse, muito pequeno se considerado o mercado Latino Americano, como o Peru, que a cada ano aumenta a exportação de manga e possui menores custos de produção e maior facilidade de acesso a mercados por via marítima (LIMA, 2013).

Mesmo com receita total crescente, a manga deixou de ser a principal fruta brasileira a ser exportada. O menor volume de vendas reflete a restrição de oferta decorrente da queda da produção, relacionada a fatores climáticos, no Submédio São Francisco, especialmente no primeiro semestre de 2013. Já no município de Livramento de Nossa Senhora, região baiana também produtora de manga, a baixa disponibilidade de água para irrigar afetou a produtividade e a qualidade dos frutos. Em São Paulo, baixas temperaturas e ventos fortes no inverno afetaram a primeira florada, reduzindo a oferta. Em algumas áreas houve redução no espaço de cultivo. E isso refletiu em alta nos preços da fruta (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2013).

O Quadro 5 levanta informações sobre a área cultivada nas principais regiões brasileiras produtoras de manga nos anos de 2012 e 2013. O Vale do Submédio São Francisco, representado no quadro pelos municípios de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE), possuiu a maior área plantada em 2013, o equivalente a 25.000 hectares.

O que não pode deixar de ser dito em relação à região de Andradina (SP) é sobre o significativo decréscimo de - 45,2% da variação percentual da área plantada no comparativo 2013/2012. Livramento de Nossa Senhora (BA) também apresentou queda (- 9,6%), contudo, bem menos representativa do que em SP.

Quadro 5: Variação percentual entre os anos 2013/2012 da área plantada pelas principais regiões produtoras de manga no Brasil.

Região	Praças de coletas	Área plantada (ha)		
		2013	2012	Δ%
Petrolina (PE) e Juazeiro (BA)	Petrolina e Juazeiro	25.000	23.261	7,5%
Livramento de N. Sra. (BA) <sup>1</sup>	Livramento de N. Sra. e Dom Basílio	11.750	13.000	- 9,6%
Monte Alto e Taquaritinga (SP) <sup>2</sup>	Monte Alto, Vista Alegre do Alto, Taquaritinga, Cândido Rodrigues, Fernando Prestes, Taiapu e Itápolis	7.382	7.191	2,7%
Andradina (SP)	Valparaíso, Mirandópolis, Andradina, Guaraçai e Muritinga	655	1.196	- 45,2%



	do Sul			
Jaíba e Janaúba (MG)	Jaíba, Janaúba e Montes Claros	5.100	5.000	2%

Fonte: CEPEA, 2014.

Com a expectativa de clima mais favorável para o Nordeste em 2014, a área cultivada deve se recuperar parcialmente no Vale. Contudo, os dados da PAM mostram um cenário diferente entre 2011 e 2012. Em Petrolina, a área colhida em 2012 foi de 7.900 hectares, assim como a área destinada à colheita. Em 2011 esse valor correspondeu a 7.880 ha, acréscimo de menos de 1%. Já no município vizinho, Juazeiro, em 2012 a área colhida correspondeu a 8.210 ha, valor menor que em 2011, 8.498 ha, o que corresponde a uma variação negativa de - 3,4%, como pode ser observado no Quadro 6. Esse relaciona os dados referentes à produção de manga em 2011/2012 tratando-se de área colhida (ha), área destinada à colheita (ha), quantidade produzida da fruta (t), rendimento médio (Kg/ha) e valor da produção (mil reais) em Juazeiro (BA) e Petrolina (PE) (PAM, 2014).

Quadro 6: Produção de manga em Juazeiro (BA) e Petrolina (PE) entre 2011 e 2012.

Variáveis	Juazeiro (BA)			Petrolina (PE)		
	2012	2011	Δ%	2012	2011	Δ%
Área colhida (ha)	8.210	8.498	- 3,4%	7.900	7.880	0,3%
Área destinada à colheita (ha)	8.210	8.498	- 3,4%	7.900	7.880	0,3%
Quantidade produzida (t)	205.250	212.450	- 3,4%	173.800	157.600	10,3%
Rendimento médio (Kg/ha)	25.000	25.000	-	22.000	20.000	10%
Valor da produção (mil reais)	92.363	101.976	- 9,4%	129.020	104.016	24%

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do IBGE/PAM (2014).

Ainda em relação ao Quadro 6, ao comparar os dois municípios produtores no Vale, Petrolina apresentou resultados melhores que Juazeiro. Observa-se que a variável valor da produção (mil reais) em Juazeiro apresentou decréscimo de - 9,4% de 2011 a 2012; nesse mesmo período, Petrolina obteve crescimento de 24%. Contudo, o preço (valor da produção/quantidade produzida) da manga comercializada em Juazeiro, foi inferior ao preço do produto em Petrolina nos dois períodos. Em 2011, Juazeiro e Petrolina comercializaram a preços R\$ 0,48 e R\$ 0,66, respectivamente. Em 2012, R\$ 0,45 e R\$ 0,74, Juazeiro e Petrolina, respectivamente. Esse fator explica a maior receita total de Petrolina em relação a Juazeiro.

### 3. REGIÃO GEOGRÁFICA E BASE DOS DADOS

Nesta seção será caracterizada brevemente a região geográfica do estudo do artigo, o Vale do São Francisco, além de descrever a base de dados utilizada na pesquisa e as estatísticas descritivas das variáveis explicativas do modelo.

São Francisco é o maior rio verdadeiramente nacional com um volume de água superior ao do rio Nilo. Com cerca de 2.700 Km de comprimento, concentra em suas margens 464 municípios e possui uma população de 13 milhões de habitantes (CODEASF, 2014).

A subdivisão do Vale foi feita de acordo com seus desníveis e está composta da seguinte forma: da nascente até a Cachoeira de Pirapora – Alto São Francisco; da Cachoeira de Pirapora até a Barragem de Sobradinho – Médio São Francisco; da Barragem de Sobradinho até a Barragem de Xingó – Submédio São Francisco; da Barragem de Xingó ao Atlântico – Baixo São Francisco (CODEVASF, 2014). Esse estudo foi realizado na Região do

Submédio São Francisco, em virtude da localização do município de Petrolina em Pernambuco, hospedeiro do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho.

São vários os projetos de irrigação ao longo do Submédio São Francisco, conforme exposto no Quadro 7. Como pode ser observado, o projeto Senador Nilo Coelho corresponde a maior superfície total em hectares.

Quadro 7: Projetos de irrigação no Submédio São Francisco.

Perímetro	Município	Ano de Operação	Hectares
Bebedouro	Petrolina	1968	9.321
Curaçá	Juazeiro	1982	15.077
Mandacaru	Juazeiro	1968	823
Maniçoba	Juazeiro	1982	12.317
Senador Nilo Coelho	Petrolina	1984	40.763
Tourão	Juazeiro	1984	11.024

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da CODEVASF – Divisão de Planejamento, 2014.

As informações relativas aos pequenos produtores de manga no Vale do São Francisco constituem-se de dados obtidos por meio de pesquisa de campo financiada pela FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco). Foram aplicados questionários junto a 85 produtores de manga no Pólo Petrolina-Juazeiro, durante os meses de outubro a dezembro do ano de 2013.

A pesquisa descreve dados de corte transversal para o ano agrícola de 2012/2013 com relação ao perímetro de irrigação Senador Nilo Coelho. A população total de produtores de manga do perímetro irrigado é de aproximadamente 650 produtores.

As Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs) são os núcleos ou lotes de irrigação do projeto. Essas seguem a mesma utilização de *output* e *input*, o que muda é a intensidade de utilização dos insumos, ou seja, elas produzem o mesmo produto, realizam as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos, assim, são homogêneas.

A escolha das variáveis que formam a fronteira de produção foi baseada no fato de que a fronteira de produção precisa representar a capacidade máxima de *outputs*, que esses são resultado das quantidades ótimas de insumos utilizados no processo de produção (LINS e CALOBA, 2006). A quantidade produzida, em quilos de mangas por propriedade, é a variável dependente do modelo. As variáveis explicativas são área, insumos, capital e mão-de-obra.

A variável área representa o fator de produção terra, é a área colhida por propriedade em hectares. Os insumos são os custos com equipamentos terceirizados, os custos com máquinas, com adubos, inseticidas, condutores de água e com irrigação, esses a preços nominais.

O capital foi composto pelo valor dos equipamentos somados ao valor das benfeitorias realizadas nos lotes. Já a mão-de-obra é composta pelos custos totais com o trabalho, ou seja, o custo com a poda, com a colheita, os custos de comercialização da fruta, o custo com a mão-de-obra de fato e o custo com a mão-de-obra familiar. Para o cálculo do custo com a mão-de-obra familiar foi necessário tomar como referência o valor de mercado da hora trabalhada no campo, R\$ 4,375, visto que os proprietários não possuem salários fixados.

Foram analisados os produtores das variedades de manga Tommy Atkins, Palmer, Keitt, Kent e Espada, devido essas variedades serem as de maior representatividade na produção e exportação da Região. Além disso, as propriedades pesquisadas possuem até 11 hectares, registram ainda o mínimo 6 anos de atividade, representando assim, o pequeno produtor agrícola situados no projeto Nilo Coelho.

Para calcular o tamanho da amostra utilizou-se o método de amostras aleatórias simples. Considerando um erro amostral de 10% com significância de 95%, o tamanho da

amostra foi de 85 produtores entrevistados. Contudo, o modelo foi estimado com 73 observações, visto que foram retirados os *outlines*.

A escolha das entrevistas com agricultores de pequeno porte deveu-se a forte participação destes quando se considera o número de produtores que atuam na Região. Portanto, destaca-se que a amostra deve representar suficientemente os atributos da localidade e podem compendiar conclusões sobre os determinantes do nível de eficiência entre seus produtores.

Com a finalidade de delinear as variáveis estudadas na produção de manga do projeto Nilo Coelho, a Tabela 1 demonstra as estatísticas descritivas das variáveis produção, área, insumos, capital e mão-de-obra. A média, o erro padrão e o intervalo de confiança de 95% podem ser observados na tabela a seguir.

Tabela 1: Estatísticas descritivas das variáveis (média e erro padrão).

Variáveis	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança de 95%	
Produção (Kg)	63.365,32	5.738,10	51.926,63	74.804
Área (ha)	3,67	0,24	3,18	4,15
Insumos (R\$)	14.319,55	1.015,03	12.296,12	16.342,98
Capital (R\$)	53.911,79	5.029,02	43.886,62	63.936,97
Mão-de-obra (R\$)	10.234,28	856,83	8.526,21	11.942,36

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

Percebeu-se que a média da produção de manga para os 73 lotes pesquisados foi de 63.365,32 Kg, já a área colhida corresponde a 3,67 hectares em média. Os custos com insumos, capital e mão-de-obra obtiveram média de R\$ 14.319,55, R\$ 53.911,79 e R\$ 10.234,28, respectivamente.

#### 4. METODOLOGIA

Nesta seção será discutido o modelo econométrico de fronteira estocástica de produção, utilizado para mensurar a eficiência técnica dos produtores de manga no Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho.

##### 4.1 Fronteira Estocástica de Produção

Segundo Kumbhakar e Lovell (2000), os modelos de fronteira de produção determinísticas ou estocásticas medem a produtividade técnica de processos com múltiplos produtos e fatores, e a produtividade econômica, quando pelo ou menos um dos preços não é conhecido.

A Eficiência Produtiva é medida pela distância entre o ponto onde a empresa está operando (nesse estudo, as empresas são os núcleos/lotês do projeto de irrigação) e a fronteira tecnológica, medida que pode ser dividida em Eficiência Técnica e Alocativa.

O conceito de Eficiência Técnica (ET), apresentado por Farrell (1957), faz referência à quantidade produzida em função do uso dos fatores de produção. Ou seja, quando a combinação do uso dos fatores de produção gera uma quantidade produzida abaixo da capacidade máxima de produção, caracterizando a Ineficiência Técnica.

Já a Eficiência Alocativa refere-se à melhor combinação de insumos possível diante dos preços desses insumos. Nesse estudo será analisada a eficiência técnica diante da utilização dos insumos na formação da quantidade produzida de manga no projeto de irrigação Senador Nilo Coelho.

Modelos paramétricos e não-paramétricos são utilizados para mensurar a eficiência técnica das firmas. Nesse contexto, a Fronteira de Produção Estocástica é a mais difundida

técnica paramétrica utilizada pelos pesquisadores. Dentre as técnicas não-paramétricas destaca-se a *Data Envelopment Analysis (DEA)*.

Para os modelos *Frontier Analysis* e *Data Envelopment Analysis* não existe um consenso sobre qual o modelo mais adequado. Um dos motivos é a comparabilidade entre eles no momento da escolha do melhor modelo.

Santos *et al.* (2004) justifica que na metodologia DEA nenhuma forma funcional explícita é imposta aos dados, podendo conter vieses se os dados utilizados possuírem ruídos estatísticos, já as fronteiras de produção estocásticas incorporam o erro estatístico e impõe uma forma funcional explícita para a tecnologia.

Para Moreira e Fonseca (2005), o modelo DEA supõe a concavidade da função de produção e ignora o ruído contido no dado. Por outro lado, a *Frontier Analysis (SF)* considera o ruído, mas depende da especificação funcional da função de produção.

Kumbhakar e Lovell (2000) descrevem algumas vulnerabilidades do modelo de fronteira estocástica, como a) o tamanho da amostra, pois para amostras pequenas não é possível distinguir a distribuição do ruído da distribuição da produtividade; b) à proporção entre a variância da produtividade do ruído e da produtividade  $-\gamma = \frac{\tau^2}{(\sigma^2 + \tau^2)}$ , pois quando esse parâmetro tende a 0 a distribuição de  $(e - u)$  tende à distribuição normal e não é possível mais estimar as produtividades; e c) ao erro de especificação da forma funcional.

Neste artigo, utiliza-se a denominada análise de Fronteira Estocástica de Produção, que constitui um dos métodos adotados na literatura sobre ineficiência técnica, por meio do qual se obtém um dos componentes da Produtividade Total dos Fatores (PTF), denominado de Eficiência Técnica.

Coelli *et al.* (1998) justifica a escolha dos modelos paramétricos por meio de algumas propriedades, são elas: i) a possibilidade de se realizar testes de hipóteses sobre os parâmetros das variáveis explicativas; ii) a possibilidade de se incluir variáveis de controle para explicar a ineficiência técnica em apenas um estágio; e iii) permite a presença de ruídos aleatórios no ambiente em que a unidade tomadora de decisão opera.

Para Souza *et al.* (2010), embora o modelo de fronteira de produção estocástica apresente as vantagens descritas nas propriedades apresentadas por Coelli *et al.* (1998), exige esse modelo à necessidade de imposição de uma forma funcional *a priori* e de hipóteses acerca da distribuição do termo de ineficiência. Premissas que os modelos não-paramétricos como DEA não exigem. Contudo, as três propriedades descritas por Coelli *et al.* (1998) em relação às vantagens do uso da metodologia de fronteira de produção estocástica justificam a escolha por esse modelo de mensuração.

Ainda segundo Souza *et al.* (2010), não existe na literatura um consenso acerca de qual método é superior. Evidências apontam que ambos produzem, em muitos casos, resultados pouco robustos quando comparados entre métodos.

No presente artigo, adota-se o modelo proposto por Battese e Coelli (1995) e Coelli *et al.* (1998). Dessa forma, o modelo de fronteira de produção estocástica pode ser descrito pela Equação 1. Essa equação define a função de produção de uma unidade de produção  $i$  no período  $t$  como:

$$y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_{it} - u_{it}) \quad (1)$$

Essa função de produção pode ser rearranjada das seguintes formas:

$$y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_{it}) \exp(-u_{it})$$

ou

$$\ln y_{it} = x_{it}\beta + v_{it} - u_{it}$$

Em que  $y_{it}$  é o vetor de quantidades produzidas (*outputs*) por lote irrigado no período  $t$ ;  $x_{it}$  é o vetor de fatores de produção (*inputs*) utilizados no período  $t$ ; e  $\beta$  é o vetor de coeficientes a serem estimados (parâmetros); esses definem a tecnologia de produção.

Como definem Battese e Coelli (1995) e Coelli *et al.* (1998), os termos  $v_{it}$  e  $u_{it}$  são vetores que representam componentes distintos do erro. O primeiro,  $v_{it}$ , refere-se à parte aleatória do erro, com distribuição normal, independente e identicamente distribuída, truncada em zero e com variância constante,  $\sigma_v^2$  ( $v \sim \text{iid } N(0, \sigma_v^2)$ ). Sendo esse termo, a distribuição simétrica para captar os efeitos aleatórios de erros de medida e choques exógenos, que fazem com que  $f(x)$  possa variar entre as firmas.

Já o segundo termo,  $u_{it}$ , representa a ineficiência técnica, ou seja, a parte que constitui um desvio para baixo com relação à fronteira de produção, o que pode ser inferido pelo sinal negativo e pela restrição  $u \geq 0$ . São variáveis aleatórias não negativas com distribuição normal truncada em zero, independente distribuída (não identicamente) com média  $u_{it}$  e variância constante  $\sigma_u^2$ , ou seja, ( $u \sim \text{NT}(\mu, \sigma_u^2)$ ). É o termo do erro unilateral que capta a ineficiência e também faz com que  $f(x)$  possa variar entre as firmas.

Assim, a eficiência técnica relativa à fronteira de produção estocástica é captada pelo componente unilateral do erro  $\exp(-u)$ , em que  $u \geq 0$  assegura que todas as observações estejam situadas na fronteira ou abaixo dela. A ineficiência sobre os parâmetros do modelo pode ser baseada nos estimadores de máxima verossimilhança  $TE = e^{-u}$ . Os componentes de erro são independentes entre si e  $x_{it}$  é suposto ser exógeno, portanto, o modelo pode ser estimado pela técnica de máxima verossimilhança.

Ainda, se  $u = 0$ , a firma está operando na capacidade máxima de produção, sobre a fronteira. Se  $u > 0$ , a firma é ineficiente e está produzindo menos do que as possíveis combinações do uso de seus insumos produtivos permitem. Sendo a Eficiência Técnica (ET) igual a um, as firmas são tecnicamente eficientes.

## 4.2 Modelo Econométrico

Para o cálculo da Eficiência Técnica, utiliza-se o método de fronteira de produção estocástica, inicialmente proposto por Aigner, Leobel e Schmidt (1977) e Meusen e Broeck (1977), posteriormente aprimorado por Pitt e Lee (1981) e Schmidt e Sickles (1984).

De acordo com essa versão, modela-se uma forma funcional da fronteira de produção, juntamente com as hipóteses distribucionais sobre a ineficiência técnica e os distúrbios aleatórios, onde se obtém um estimador para cada um dos componentes da PTF e também um grau de eficiência técnica.

Primeiramente foi testado um modelo na forma funcional Cobb-Douglas com distribuição half-normal. Em seguida, o mesmo modelo foi testado com distribuição assimétrica exponencial e gama, onde, de acordo com o Critério de Informação de Akaike (CIA), que será descrito e analisado no item 5.1, adotou-se a função Cobb-Douglas com distribuição half-normal como melhor forma funcional consistente com os dados, conforme Equação 2.

$$\ln y = \beta_0 + \beta_1 \ln a + \beta_2 \ln i + \beta_3 \ln k + \beta_4 \ln l + (u - v) \quad (2)$$

Em que,

$\ln y$  é o logaritmo natural da quantidade produzida de manga;

$\ln a$  é o logaritmo natural da área colhida;

$\ln i$  é o logaritmo natural dos insumos;

$ln_k$  é o logaritmo natural do capital; e  
 $ln_l$  é o logaritmo natural da mão-de-obra.

Santos *et al.* (2004) afirmam que na função Cobb-Douglas há facilidade de estimação econométrica, já que sua forma logarítmica é linear nos parâmetros. A função é homogênea, ou seja, os rendimentos de escala são determinados diretamente pela soma dos coeficientes de regressão, iguais a um.

O uso do modelo de uma única equação é justificado ao se assumir que os agricultores maximizam os lucros esperados. Deste modo, a função de fronteira de produção Cobb-Douglas apresenta-se para os 73 núcleos de irrigação do projeto Senador Nilo Coelho.

## 5. RESULTADOS

Nesta seção será demonstrado o critério para seleção do modelo de distribuição assimétrica; assim como discutido os resultados da estimação do modelo e analisado os níveis de eficiência técnica na produção de mangas por núcleo irrigado no Nilo Coelho.

### 5.1 Distribuição Assimétrica

Para estimar os coeficientes do modelo, utilizou-se os estimadores de máxima verossimilhança, contudo, foi necessário verificar qual distribuição assimétrica do termo de ineficiência era preciso assumir.

Para Coelli *et al.* (1998) não existe *a priori* razões distributivas para a escolha de uma forma sobre a outra, e todos têm vantagens e desvantagens. Como exemplifica Pascoe *et al.* (2003) definindo que, a distribuição Exponencial e Half-normal têm um modo em zero, o que implica em alta proporção que as empresas são perfeitamente eficientes. Já a distribuição Truncada e a distribuição Gama usam dois parâmetros para permitir um gama mais amplo de formas de distribuição, incluindo os modos diferentes de zero. No entanto, estes são computacionalmente mais complexos.

As análises empíricas sugerem que o uso da distribuição gama pode ser impraticável e indesejável na maioria dos casos. Visto que, encontrar a exigência para a estimativa de dois parâmetros na distribuição pode resultar em problemas de identificação, e várias centenas de observações seriam necessárias para tais parâmetros serem determinados. Além disso, um máximo da função de log-verossimilhança não pode existir em algumas circunstâncias. Porém, oferecem uma abordagem para selecionar a distribuição para refletir a ineficiência técnica, o uso de um processo de geração de dados (PASCOE *et al.*, 2003).

Para identificar a melhor distribuição assimétrica para o modelo em questão, utilizou-se o Critério de Informação de Akaike (CIA), que, segundo Gujarati (2011) impõe uma punição mais dura que o  $R^2$  ao acréscimo de regressores. Ao comparar dois ou mais modelos, o preferido será aquele que apresentar o menor valor de CIA.

A Tabela 2 mostra os resultados do teste de hipótese CIA para os modelos exponencial e half-normal, visto que ambos modelos de distribuição assimétrica apresentaram resultados significativos.

Para distribuição exponencial, o valor de AIC corresponde a 105.733. Já para distribuição half-normal esse valor diminui para 94.204, ou seja, a escolha pela distribuição half-normal foi a mais apropriada para a estimação das variáveis, por esta apresentar menor valor de AIC.

Tabela 2: Critério de Informação de Akaike para modelo com distribuição assimétrica exponencial e half-normal.

Modelo	Obs.	Df	AIC	BIC
<b>Exponencial</b>	73	7	105,733	121,766
<b>Half-normal</b>	73	7	94,204	110,237

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

## 5.2 Estimação do Modelo

Depois de analisado o modelo de distribuição assimétrica a utilizar, o modelo de fronteira de produção estocástica na forma funcional Cobb-Douglas, conforme Equação 2 já descrita, foi estimado por meio dos testes de máxima verossimilhança. O modelo em distribuição half-normal, contendo 73 observações, chegou a resultado qui-quadrado significativo. A Tabela 3 mostra os valores dos coeficientes, todos significativos ao nível de 1%, com estatística de erro padrão baixíssima.

Como  $u \geq 0$ , todas as observações estão situadas na fronteira de produção ou abaixo dela. Contudo, esse estudo não indicará a distância entre a fronteira de produção dos núcleos de irrigação não eficientes até a capacidade máxima de produção dos produtores eficientes.

A variância estimada do termo do erro unilateral  $\sigma_u^2$ , que capta a ineficiência, corresponde a pouco mais de 1% do valor da distribuição assimétrica  $\sigma_v^2$  para captar os efeitos aleatórios de erros de medida e choques exógenos. Ambas fazem com que  $f(x)$  possa variar entre as firmas.

Em relação ao gama, representado por  $\lambda$ , como esse tende a um,  $3.47e+07$ , a ineficiência está ligada a fatores que estão sob controle dos produtores, e isto significa que eles precisam gerenciar melhor seus fatores de produção ou a variável responsável pela ineficiência. Caso o gama tendesse a zero, a ineficiência estaria ligada a fatores aleatórios, fora do controle do produtor.

Tabela 3: Estimação do modelo de fronteira de produção estocástica com distribuição half-normal\*.

Coefficiente	Valor	Erro Padrão	z	P> z
<b>Produção <math>\beta_0</math></b>	5,6507	0,0001	5,2e+04	0,000
<b>Área <math>\beta_1</math></b>	0,5070	0,0000	2,8e+04	0,000
<b>Insumo <math>\beta_2</math></b>	0,4788	0,0000	3,3e+04	0,000
<b>Capital <math>\beta_3</math></b>	-0,0426	0,0000	-3368,83	0,000
<b>Mão-de-obra <math>\beta_4</math></b>	0,1315	0,0000	8572,19	0,000
$\sigma_v^2$	-35,075	322,133	-0,11	0,913
$\sigma_u^2$	-0,3529	0,1655	-2,13	0,033
$\sigma_v$	2,42e-08	3.89e-06		
$\sigma_u$	0,8382	0,0694		
$\sigma^2$	0,7026	0,1163		
$\lambda$	3,47e+07	0,0694		

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa. Nota: \*Número de observações: 73; Log Verossimilhança: -40.101965; Prob> $\chi^2$ : 0.0000.

A Tabela 3 mostra o sinal negativo para o insumo Capital ( $\beta_3$ ) com resultados significativos a 1%, ou seja, existe uma relação inversa na sua utilização pelos produtores, em função do valor da produção. Assim sendo, os investimentos em capital não refletem eficiência na produção. Esse resultado não corrobora com Bragagnolo *et al.* (2012), que analisaram a produtividade agrícola no cenário brasileiro de 1972 a 2009, verificando os impactos dos fatores capital, trabalho e terra, chegaram ao resultado que o fator de produção que tem maior influência sobre o produto é o capital.

Note ainda que o valor da estatística z para o coeficiente capital também se mostra negativa neste estudo, - 3368.83. Sugerindo que uma das variáveis responsáveis pela

ineficiência dos produtores de manga do Vale do Submédio São Francisco seja mesmo o capital.

As variáveis que contribuem positivamente à produção de manga do projeto de irrigação Senador Nilo Coelho são área, insumos e mão-de-obra, com 0,50; 0,47 e 0,13 de elasticidade respectivamente, com sinais esperados e estatisticamente significantes. O fator de produção área colhida (ha) representa o maior valor estimado, refletindo que pouco mais de 50% dos produtores dependem da melhor utilização desse insumo para serem eficientes.

O custo (R\$) com equipamentos terceirizados, máquinas, adubos, inseticidas, condutores de água e irrigação, que formam a variável insumo, mostram-se também representativos, em torno de 47%.

Em Souza *et al.* (2011), que também avaliou a eficiência técnica da produção agrícola por meio da fronteira de produção estocástica, contudo, o estudo foi direcionado aos estados brasileiros, por meio dos dados do Censo Agropecuário dos anos de 1995/96 e de 2006, as elasticidades dos insumos foram de, aproximadamente, 48% para mão-de-obra, 6% para área, 20% para capital e 16% para outros insumos. Contudo, a elasticidade que não se apresentou estatisticamente significativa para os autores foi a da área, que neste *output* apresenta-se com maior retorno à produção de manga.

### 5.3 Medidas de Eficiência Técnica

A partir da estimação da ineficiência foi possível calcular os scores de eficiência que permitiram ordenar os núcleos do projeto de irrigação Senador Nilo Coelho de acordo com seu desempenho relativo. A preocupação aqui é com os determinantes de ineficiência e não com a distância dos mesmos em relação à fronteira de produção, por isso não será utilizada nenhuma metodologia para o cálculo das funções distância. Contudo, os *benchmarks* entre as DMUs mais eficientes e as menos eficientes serão comparados.

Diante dos parâmetros estimados pelas variáveis dependentes do modelo, área, insumos, capital e mão-de-obra, foi possível o cálculo da medida de eficiência técnica dos núcleos irrigados dentro do projeto. Como em Santos *et al.* (2009), foram considerados neste trabalho de pesquisa produtores eficientes aqueles que alcançaram níveis de eficiência acima de 0,90 e ineficientes os que obtiveram níveis abaixo desse valor.

O Quadro 8 mostra o *ranking* das DMUs estudadas, destacando os sete produtores tecnicamente eficientes, em negrito, e as sete menos eficientes. Os núcleos de irrigação 23, 29, 32, 34, 63, 27 e 2 apresentaram ET iguais ou muito próximos a um, o que indica que esses produtores estão operando a pleno emprego dos fatores de produção, ou seja, sob a curva de produção. Eficiência técnica igual a um comprova que os recursos destes produtores estão sendo maximizados para atingir resultados ótimos.

De certa forma, os resultados desse artigo corroboram com Silva (2014), que utilizou a metodologia DEA para a mesma amostragem, sob a pressuposição de retornos constantes de escala (CCR), verificou-se que do total de produtores, apenas 2 foram tecnicamente eficientes, o que correspondeu a 2,7% do total da amostra. Considerando-se os retornos variáveis de escala (BCC), observou-se que a eficiência técnica média aumentou 0,633. O número de produtores eficientes foi de 5 (cinco), que corresponde a 6,9% da amostra.

Quadro 8: *Ranking* de eficiência técnica por núcleo de irrigação.

<i>Ranking</i>	Núcleo	TE	<i>Ranking</i>	Núcleo	TE	<i>Ranking</i>	Núcleo	TE
1°.	<b>23</b>	<b>0,9999</b>	26°.	26	0,6798	51°.	15	0,4648
2°.	<b>29</b>	<b>0,9999</b>	27°.	57	0,6716	52°.	35	0,4390
3°.	<b>32</b>	<b>0,9999</b>	28°.	54	0,6401	53°.	52	0,4118
4°.	<b>34</b>	<b>0,9999</b>	29°.	56	0,6243	54°.	67	0,4007



5°.	63	0,9999	30°.	6	0,6242	55°.	11	0,3813
6°.	27	0,9610	31°.	41	0,6134	56°.	50	0,3734
7°.	02	0,9283	32°.	48	0,6053	57°.	60	0,3595
8°.	68	0,8796	33°.	37	0,5979	58°.	21	0,3542
9°.	72	0,8672	34°.	59	0,5946	59°.	65	0,3492
10°.	14	0,8631	35°.	43	0,5806	60°.	12	0,3197
11°.	42	0,8602	36°.	16	0,5638	61°.	9	0,3045
12°.	51	0,8600	37°.	20	0,5376	62°.	47	0,3001
13°.	25	0,8335	38°.	45	0,5354	63°.	46	0,2791
14°.	71	0,8323	39°.	10	0,5324	64°.	70	0,2768
15°.	22	0,8068	40°.	73	0,5301	65°.	4	0,2646
16°.	39	0,7983	41°.	40	0,5290	66°.	7	0,2602
17°.	3	0,7978	42°.	53	0,5246	67°.	64	0,2122
18°.	24	0,7918	43°.	17	0,5207	68°.	19	0,2099
19°.	18	0,7906	44°.	13	0,5043	69°.	36	0,1973
20°.	38	0,7817	45°.	8	0,5020	70°.	5	0,1611
21°.	66	0,7684	46°.	28	0,4942	71°.	31	0,1508
22°.	33	0,7457	47°.	69	0,4905	72°.	49	0,1422
23°.	58	0,7217	48°.	61	0,4895	73°.	30	0,1337
24°.	62	0,7163	49°.	44	0,4719	-	-	-
25°.	1	0,7081	50°.	55	0,4685	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

Esse estudo, a partir da utilização do modelo de fronteira de produção estocástica, apontou 7 (sete) produtores tecnicamente eficientes, o correspondente a 9,6% da amostra. O que significa que mais de 90% dos lotes irrigados no Nilo Coelho poderiam melhorar sua situação, em termos de eficiência, para assim alcançar um nível ótimo de alocação de recursos.

Ainda em relação ao Quadro 8, a diferença entre o produtor mais eficientes (núcleo 23) e o menos eficiente (núcleo 30), é de 0,8663, o correspondente a 86,6%, o que demonstra uma disparidade significativa em relação a melhor e a dita pior utilização dos insumos produtivos.

No Quadro 9 tem-se uma comparação das sete DMUs mais eficientes com as sete menos eficientes. Nesta comparação, os lotes irrigados 23, 29, 32, 34, 63, 27 e 2 serviram de *benchmarks* para os lotes 64, 19, 36, 5, 31, 49 e 30. As mesmas variáveis utilizadas na estimação do modelo de fronteira estocástica foram utilizadas como medida de comparação, ou seja, produção como variável dependente e área, insumo, capital e mão-de-obra como variáveis explicativas.

Como pode ser observado no Quadro 9, a última coluna faz referência a produtividade média da área em quilogramas de manga por hectare. Como essa variável apresentou maior elasticidade, 50%, em relação as demais, faz-se necessário tal comparação considerando uma análise de produção a curto prazo.

No tocante ao primeiro produtor mais eficiente, lote 23, percebeu-se que este alcançou uma quantidade produzida de 250.000 Kg de manga utilizando 9,8 ha de terra, R\$ 19.693,00 em insumos, R\$ 51.500,00 em capital e R\$ 28.416,00 em mão-de-obra, obtendo assim uma produtividade média da área de 25.510,2 Kg/ha. Contudo, o lote irrigado 29, segundo no *ranking*, obteve uma produtividade média da área maior utilizando aproximadamente 20% da área do lote 23, o correspondente a 30.000 kg/ha.

Já o lote 30, menos eficiente considerando os scores de eficiência técnica, apresentou produtividade média da área de 3.000 Kg/ha, produzidos em uma área de 4 hectares, com R\$ 9.694,00 em insumos, R\$ 136.900,00 em capital e R\$ 2.350,00 em mão-de-obra. Demonstrando que os gastos com equipamentos e benfeitorias são elevados diante de uma produtividade pequena. O que corrobora com o sinal negativo para o insumo capital na função de produção estimada nesse artigo.

A maior produtividade média encontra-se no lote irrigado 34, 4º colocação no *ranking* das mais eficientes DMUs, 43.333,3 Kg/ha, produzidos com R\$ 38.492,00 em insumos, R\$ 92.230,00 em capital e R\$ 26.726,25 em mão-de-obra.

Quadro 9: Comparação dos sete produtores mais eficientes com os sete menos eficientes.

<b>Ranking</b>	<b>Núcleo</b>	<b>ET</b>	<b>Produção (Kg)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Insumo (R\$)</b>	<b>Capital (R\$)</b>	<b>MDO (R\$)</b>	<b>PMeA (Kg/ha)</b>
1º.	23	0,9999	250.000	9,8	19.693,00	51.500,00	28.416,00	25.510,20
2º.	29	0,9999	60.000	2,0	9.406,00	29.440,00	3.103,75	30.000,00
3º.	32	0,9999	28.000	1,0	4.132,00	18.500,00	2.350,00	28.000,00
4º.	34	0,9999	260.000	6,0	38.492,00	92.230,00	26.726,25	43.333,30
5º.	63	0,9999	180.000	6,5	16.100,00	4.500,00	10.762,50	27.692,30
6º.	27	0,9610	95.000	2,0	16.940,00	7.800,00	10.558,25	47.500,00
7º.	02	0,9283	90.000	2,0	25.440,00	242.000,00	6.303,50	45.000,00
67º.	64	0,2122	38.000	4,0	26.420,00	15.230,00	16.437,50	9.500,00
68º.	19	0,2099	40.000	8,5	21.158,00	114.700,00	6.243,25	4.705,90
69º.	36	0,1973	15.000	2,3	10.162,00	69.000,00	10.885,00	6.521,70
70º.	05	0,1611	30.000	7,0	19.910,00	57.000,00	11.025,00	4.285,70
71º.	31	0,1508	10.000	2,5	6.590,00	23.600,00	9.537,50	4.000,00
72º.	49	0,1422	23.000	5,0	22.150,00	119.500,00	11.910,00	4.600,00
73º.	30	0,1337	12.000	4,0	9.694,00	136.900,00	6.766,25	3.000,00

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de dados para o ano agrícola 2012/2013, coletados junto a 85 produtores de manga do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, no Vale do Submédio São Francisco, em específico no município de Petrolina (PE), foi estimada, por meio da metodologia econométrica de Fronteira de Produção Estocástica, a função de produção agrícola composta pelo produto (quantidade produzida de manga), a área, e os custos com insumos, capital e mão-de-obra.

Os resultados demonstraram um cenário negativo tratando-se de eficiência técnica. Primeiro, há uma relação inversa na utilização do insumo capital, representado pelo valor dos equipamentos e o valor das benfeitorias, em função do valor da produção. Contudo, as variáveis que contribuíram positivamente à produção de manga do projeto de irrigação foram área, insumos e mão-de-obra, com elasticidades estatisticamente significantes.

Das 73 propriedades pesquisadas, apenas sete DMUs mostraram-se tecnicamente eficientes, considerando o valor dos scores de eficiência iguais ou muito próximos a 1. São elas, os lotes de irrigação 23, 29, 32, 34, 63, 27 e 2. Sendo o núcleo irrigado 34 a apresentar maior produtividade média da área, o correspondente a 43.333,3 Kg de manga por hectare.

O fator de produção área colhida representou o maior valor estimado, refletindo que pouco mais de 50% dos produtores dependem da melhor utilização desse insumo para serem eficientes. Os custos com equipamentos terceirizados, máquinas, adubos, inseticidas, condutores de água e irrigação, que formam a variável insumo, mostram-se também representativos, em torno de 47%.

O grau de ineficiência dos produtores de manga do Vale do Submédio São Francisco pode ser considerado alto, dado que representa mais de 90% do total dos produtores pesquisados. Isto é uma fonte de preocupação quanto à capacidade dos mesmos em competir no mercado. Dessa forma, estes resultados podem dar suporte a formulações de políticas agrícolas que visem aumentar a eficiência técnica dos produtores da região.

Para estudos futuros, pode-se pesquisar junto aos produtores do Nilo Coelho quais os indicadores que fazem com que os valores dos equipamentos e das benfeitorias, que formam a variável capital, se mostrem medida de ineficiência. Assim, justificar-se-ia com mais profundidade o sinal negativo da elasticidade obtido por esse modelo para o fator de produção capital.

## REFERÊNCIAS

AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production functions models. **Journal of Econometrics**, v. 6, p. 21-37, 1977.

ALVES, E.; SOUZA, G. da S. E.; GOMES, E. G.; MAGALHÃES, E.; ROCHA, D. de P. **Um modelo de produção para agricultura brasileira e a importância da pesquisa da Embrapa**. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/955118/>>. Acesso em: agosto de 2014.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2013. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2013. 136 p.

ARAÚJO, J. A.; FEITOSA, D. G.; SILVA, A. B. da. Produtividade total dos fatores e sua decomposição na América Latina. **Revista de La CEPAL**, 2014. No prelo.

BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. A Stochastic frontier production incorporating a model for technical inefficiency effects. **Working Paper in Econometrics and Applied Statistics**, n. 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, p. 22, 1995.

\_\_\_\_\_ A model for technical inefficiency effects in stochastic frontier production functions for panel data. **Empirical Economics**, n. 20, p. 325-332, 1995.

BELOTTI, F.; DAIDONE, S.; IIARDI, G.; ATELLA, V. **Stochastic frontier analysis using Stata**. Centre for Economic and International Studies, CEIS Tor Vergata. Research Paper Series, v. 10, I. 12, n. 251. Roma, 2012.

BONELLI, R.; FONSECA, R. **Ganhos de produtividade e de eficiência: novos resultados para a economia brasileira**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica, 1998. 43p. (IPEA. Texto para Discussão, 557).

BRAGAGNOLO, C.; BARROS, G. S. de C. **Produtividade, crescimento e ciclos econômicos na agricultura brasileira**. Piracicaba, 2012. 170 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. ESALQ/USP. **Hotfrut Brasil**. Dezembro de 2013/janeiro de 2014. Disponível em:

<<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/130/manga.pdf/>>. Acesso em: agosto de 2014.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DA PARNAÍBA – CODEVASF. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/>>. Acesso em: julho e agosto de 2014.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2<sup>a</sup> ed. United States of America, 1998.

CORREIA, R. C. e ARAÚJO, J. L. P. **Cultivo da Mangueira**. Embrapa Semiárido – Sistemas de Produção, 2. 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/mercado.htm/>> Acesso em: junho de 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/corp/statistics/>>. Acesso em: agosto de 2014.

FARREL, M. J. The measurement of production efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A (General), v. 120, n.3, 1957.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P.; VALDES, C. Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados do Censos Agropecuários. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA – ANPEC, 38, 2010, Salvador. **Anais ...**, 2010, Salvador: ANPEC. 1 CR-ROM.

GAZOLLA, R.; WANDER, A. E.; OLIVEIRA, M. P. **Eficiência técnica da agricultura brasileira**. Brasília, 2011. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/663417/>>. Acesso em: agosto de 2014.

GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. B. S. de; BIONDI NETO, L. **Avaliação de eficiência por Análise de Envoltória de Dados: conceito, aplicações à agricultura e integração com Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. 39 p.

GUJARATI, D. N. e PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5<sup>a</sup>. Edição. AMGH Editora Ltda: Porto Alegre – RS, 2011.

HELFAND, S. M.; MOREIRA, A. R. B.; FIGUEIREDO, A. M. R. Explicando as diferenças de pobreza entre produtores agrícolas no Brasil: simulações contrafactuais com o censo agropecuário 1995/96. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 2, 2011, p. 391.

HENRIQUES, P. D. de S.; CARVALHO, M. L. da S.; COSTA, F.; PEREIRA, R.; GODINHO, M. de L. Caracterização e eficiência técnica de explorações vitícolas da região Alentejo. **Ferro Scielo**, 2009. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: agosto de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de Dados Agregados: **Sistema IBGE de Recuperação Automática: SIDRA**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: julho e agosto de 2014.

\_\_\_\_\_ Banco de Dados Agregados: Sistema IBGE de Recuperação Automática: SIDRA: Pesquisas: **Produção Agrícola Municipal: PAM**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: julho e agosto de 2014.

\_\_\_\_\_ Indicadores: **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: LSPA**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: julho e agosto de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS – IBRAF. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/>>. Acesso em: agosto de 2014.

KMENTA, J. **Elementos de Econometria. Teoria Econométrica Básica**. V. 2. São Paulo: Atlas, 1990.

KUMBHAKAR, S. C. and LOVELL, C. A. K. **Stochastic frontier analysis**. Cambridge University Press: UK, 2000.

LAMBERT, Vinícius do Nascimento. **Produtividade e eficiência de sistemas de ciclo completo na produção de bovinos de corte**. Tese (Doutorado) Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. 124 p.

LIMA, J. R. F. de. **Exportações de manga produzida no Submédio do Vale do São Francisco no período de 2003-2012**. Banco de Dados da Pesquisa Agropecuária. Embrapa. Comunicado Técnico 154 *on line*. Abril, 2013. Petrolina – PE. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: agosto de 2014.

LINS, M. P. E.; CALOBA, G. M. **Programação Linear**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006. 295 p.

MDIC/SECEX. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior/Secretaria de Comércio Exterior. **Alice web: dados das exportações brasileiras por período**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.aliceweb2.mdic.gov.br/>>. Acesso em: julho e agosto de 2014.

MEEUSEN, W.; BROECK, V. D. **Efficiency estimation from Cobb-Douglas production with composed error**. *International Economics Review*, v. 32, p. 715-723, 1977.

MOREIRA, A.R.B. e FONSECA, T.C.R. **Comparando medidas de produtividade: DEA, Fronteira de Produção Estocástica**. Texto para discussão n. 1069. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <[http://www.repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1985/1/TD\\_1069.pdf/](http://www.repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1985/1/TD_1069.pdf/)>. Acesso em: agosto de 2014.

NASCIMENTO, A. C. C.; LIMA, J. E. de; BRAGA, M. J.; NASCIMENTO, M.; GOMES, A. P. Eficiência técnica da atividade leiteira em Minas Gerais: uma aplicação de regressão quantílica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41(3), p. 783, 2012.

PASCOE, S., KIRKLEY, J. E., GRÉBOVAL, D. and MORRISON-PAUL, C. J. Measuring and assessing capacity in fisheries: 2 issues and methods. **FAO Fisheries Technical Paper**, n. 433/2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2003.

PITT, M. M.; LEE, L. F. Measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry. **Journal of Development Economics**, v. 9, p. 43-64, 1981.

PRINCE, D. de; SALGUEIRO, A. da S.; GOMES, R. O efeito do fim do acordo sobre têxteis e vestuários para a indústria brasileira: uma análise a partir da fronteira de produção estocástica. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 12, p. 283, 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: agosto de 2014.

SANTOS, M. L. dos e VIEIRA, W. da C. (editores). **Métodos quantitativos em economia**. Cap. 16 e 17. Editora UFV: Viçosa – MG, 2004.

SANTOS, V. F. dos; VIEIRA, W. da C.; RUFINO, J. L. dos S.; LIMA, J. R. F. de. Análise da eficiência técnica de talhões de café irrigados e não-irrigados em Minas Gerais: 2004-2006. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 3, 2009, p. 677-698.

SCHIMIDT, P.; SICKLES, R. Production frontiers and panel data. **Journal of Business and Economic Statistics**, v. 2, n. 4, p. 367-374, 1984.

SILVA, Juliana de Sales. **Análise da eficiência econômica dos produtores de manga do vale do São Francisco**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Federal de Pernambuco, 86 p, Caruaru – PE, 2014.

SOBEL, Tiago F. **Desenvolvimento territorial nos perímetros de irrigados do submédio do Vale do São Francisco: o caso dos perímetros Nilo Coelho e Bebedouro (PE)**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Federal de Uberlândia, 132 p, Uberlândia – MG, 2006.

SOUZA, G. da S. E.; GOMES, E. G.; GAZZOLA, R. **Eficiência técnica na agricultura brasileira: uma abordagem via fronteira estocástica**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/866987/>>. Acesso em: agosto de 2014.

SOUZA, I. V., NISHIJIMA, M. e ROCHA, F. Eficiência do setor hospitalar nos municípios paulistas. **Economia Aplicada**, v. 14, n. 1, p. 51-66. USP: São Paulo, 2010.

TORESAN, Luiz. **Sustentabilidade e desempenho produtivo na agricultura: uma abordagem multidimensional aplicada a empresas agrícolas**. Tese (Doutorado) Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998. 133 p.