



Revista de Economia e Agronegócio - REA  
ISSN impresso: 1679-1614  
ISSN online: 2526-5539  
Vol. 15 | N. 2 | 2017

**Henrique Ryosuke  
Tateishi**

*Mestrando em Economia pela  
Universidade Federal de São Carlos,  
campus Sorocaba*  
E-mail: [henriquert28@uol.com.br](mailto:henriquert28@uol.com.br)

**Cassiano Bragagnolo**

*Doutor em Economia Aplicada pela  
ESALQ/USP; Professor do  
Departamento de Economia da  
UFSCar, campus Sorocaba*  
E-mail: [cassiano@ufscar.br](mailto:cassiano@ufscar.br)

**Eduardo Rodrigues de  
Castro**

*Doutor em Economia pela UFV;  
Professor do Departamento de  
Economia da UFSCar, campus  
Sorocaba*  
E-mail: [eduardo@ufscar.br](mailto:eduardo@ufscar.br)

# ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROFLORESTAIS, ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO

## RESUMO

Este trabalho consistiu em mensurar a eficiência técnica de pequenas propriedades rurais da região de Sorocaba e São Paulo em relação a três diferentes sistemas de produção: convencional, orgânico e não agroflorestal e agroflorestal. A hipótese foi de que os três sistemas de produção poderiam apresentar potencialmente o mesmo nível de eficiência técnica, considerando o maior nível de eficiência obtido pelo modelo. Para isso, a metodologia utilizada foi a análise de fronteira estocástica, estimada por uma função de produção. Assim, os resultados apontaram que os três sistemas de produção podem ser igualmente eficientes, trabalhando com a máxima eficiência, tendo o sistema agroflorestal apresentado uma vantagem em relação aos demais no que concerne à eficiência inicial, enquanto o orgânico, uma desvantagem. A variação do fator mão de obra apresentou, nesta amostra, o maior impacto na receita total, enquanto o fator capital foi de pequena magnitude. O aumento do fator área plantada pode ser benéfico para a receita total, mas pode causar diminuição na eficiência da propriedade.

**Palavras-chave:** Eficiência técnica; fronteira estocástica; pequenas propriedades; sistema agroflorestal; sistema orgânico.

## ABSTRACT

This paper measured the technical efficiency of small rural units in São Paulo and Sorocaba regions to three different production systems: conventional; organic and not agroforestry; and agroforestry. The hypothesis was that all of the three production units can present potentially the same efficiency. It has used the stochastic frontier analysis to a production function. The results pointed out that the three production systems can be equally efficient and work at maximum efficiency, and that the agroforestry system was the most efficient out of the three, concerning the initial efficiency; besides, the organic system was the least advantageous. Among the inputs, labor presented the biggest impact on total outcome while capital had lesser impact. An increase in land quantity can benefit the total outcome, nevertheless can cause a reduction of unit efficiency.

**Keywords:** Agroforestry system; organic system; small production units; stochastic frontier; technical efficiency.

**JEL Code:** D22; Q12; Q56.

Recebido em: 23/03/2017  
Revisado em: 19/05, 07/06 e 02/07/2017  
Aceito em: 04/07/2017

## INTRODUÇÃO

Tendo em vista trabalhos como os de Hayami e Ruttan (1970), Kawagoe, Hayami e Ruttan (1985), há evidências de que a evolução da produtividade agrícola foi desigual entre países, regiões ou mesmo entre diferentes locais dentro de um mesmo país. De acordo com Hayami e Ruttan (1970), nos países menos desenvolvidos, a produtividade agrícola é 90% menor, em média, quando comparada à dos países desenvolvidos. De acordo com os autores, essa diferença estaria associada a diferentes níveis de estoque de capital, infraestrutura, tecnologia e capital humano.

Ao longo das últimas décadas, ocorreram diversas modificações na agropecuária brasileira. Estas modificações consistiram na utilização de diferentes técnicas e tecnologias, que alavancaram a produtividade agrícola, cujos ganhos foram inegáveis, tanto para a contribuição do bem-estar da sociedade não produtora quanto para os produtores. Cabe destacar, porém, que os ganhos de produtividade geraram maior renda agrícola, mas sua distribuição não foi uniforme em razão da continuidade da lógica iniciada no período da modernização conservadora<sup>1</sup> do campo (MARTINE, 1991).

Existe uma grande concentração de renda na agropecuária brasileira. De acordo com Alves e Rocha (2010), cálculos feitos tendo como base o Censo Agropecuário de 2006 mostraram que 8,2% das propriedades rurais (423.689 estabelecimentos) geraram aproximadamente 85% do valor total da produção, enquanto quase um milhão de estabelecimentos (18,86% do total) produziu cerca de 11,10% do valor total da produção.

Além das consequências sociais concernentes à distribuição da renda na agricultura, a lógica de produção convencional perpetuada pela Revolução Verde também foi alvo de críticas em relação a insumos ambientalmente nocivos, seja por conta da utilização de defensivos agrícolas químicos produzidos artificialmente, pelo avanço da fronteira agrícola, pela monocultura ou pela degradação do solo gerada por manejo inadequado (MOREIRA, 2000).

Dessa maneira, o desenvolvimento de sistemas alternativos de produção para a agricultura, com vistas à agricultura familiar, é uma proposta para a geração de renda para os agricultores e para o aumento da autonomia econômica. Um exemplo deste tipo de iniciativa é a prática da agricultura orgânica ou do sistema agroflorestal, cuja corrente principal é a ciência da agroecologia (ALTIERI, 1998).

A agricultura agroflorestal consiste em um plantio consorciado de espécies nativas e comerciais que simule um ecossistema florestal, denominado

---

<sup>1</sup> Segundo Martine (1991), a modernização conservadora refere-se ao fato de manter a estrutura latifundiária na área rural, que fez com que os ganhos de produtividade e renda fossem desiguais, elevando a concentração de renda e riqueza no campo.

Sistema Agroflorestal (SAF), que implica um sistema em que as relações biológicas entre os seres vivos e a ciclagem de nutrientes no solo permitiriam uma maior produção em virtude de externalidades como aumento de polinizadores ou cobertura vegetal. Adicionalmente, esse sistema também reduziria os custos com insumos, pois a ciclagem de materiais no solo traria tal benefício (BUQUEIRA, 2015).

A agricultura orgânica, por sua vez, está relacionada com a não utilização de insumos químicos para a produção, sendo diferente do SAF, por não haver necessidade de uma policultura consorciada que se assemelhe a um ecossistema florestal, de forma que os benefícios do SAF não estariam presentes em um sistema orgânico. Ainda assim, poderia haver um menor custo com insumos de produção, que poderia ser compensado com uma menor produção (DULLEY, 2003).

A produção dos sistemas agroflorestais também é considerada orgânica, uma vez que o produto orgânico é caracterizado pela ausência de insumos químicos para a produção. Em termos de receitas, portanto, o valor de troca da produção apresenta maior valor adicionado, o que contribuiria para a renda dos produtores. Assim, a redução nos custos com insumos (no caso agroflorestal principalmente) e o aumento do valor adicionado na produção poderiam levar a um aumento de eficiência do produtor (ASSIS; ROMEIRO, 2002; DULLEY, 2003)

Sendo assim, é possível observar que a problemática acerca do tema produtividade agrícola apresenta desdobramentos sociais e ambientais, ou seja, a distribuição desigual da evolução da produtividade agrícola, a salientar no contexto regional, enquanto a segunda é alvo das críticas acerca da degradação ambiental e do uso não sustentável tanto dos recursos naturais quanto dos serviços ecossistêmicos.

O objetivo deste trabalho é analisar a eficiência de três sistemas de produção - convencional, orgânico e agroflorestal - em pequenas propriedades<sup>1</sup>, nas regiões de São Paulo, Sorocaba, para o ciclo produtivo de 2015. A hipótese deste trabalho é que os três sistemas - o convencional, o orgânico e o agroflorestal - apresentam potencial para serem igualmente eficientes, nos termos da metodologia de fronteira estocástica.

Este trabalho busca identificar a eficiência técnica dos produtores amostrados para os três sistemas de produção descritos anteriormente. Ressalta-se que foi feita coleta de dados primários, sendo esta uma das contribuições deste estudo. Adicionalmente, este trabalho procura contribuir com um instrumental econômico que permita avaliar sistemas alternativos de produção agrícola. Especificamente, no que tange à ciência agroecológica, há uma carência de estudos com abordagem econômica e quantitativa, lacuna que este trabalho pretende ajudar a reduzir.

É importante salientar que este trabalho não propõe a qualificar ou ranquear o melhor modo de produção, uma vez que o sistema estudado se encontra em uma região específica e com circunstâncias diferentes de

outros locais. Os sistemas de produção devem advir de escolhas dos produtores, que variam seus métodos juntamente com sua localização geográfica, uma vez que a agricultura em si está diretamente relacionada com os fatores específicos de determinadas regiões e de mercado.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O sistema orgânico é caracterizado apenas pela não utilização de insumos sintéticos, no caso, fertilizantes químicos, adubos químicos e defensivos agrícolas. Dessa forma, apesar de os sistemas orgânicos e agroflorestal serem considerados alternativos e ambos como práticas da agroecologia, existem diferenças entre eles (DULLEY, 2003). A agroecologia é uma ciência que busca o desenvolvimento humano dos produtores rurais e sua integração socioeconômica, com base no aumento de renda advinda de uma produção sustentável<sup>2</sup> e do movimento social proporcionado pela cooperação entre os produtores (FRANCO et al., 2011). Adicionalmente, a preocupação com a manutenção dos ecossistemas locais proporciona serviços ecossistêmicos da fauna e da flora, que transbordam para o sistema de produção, que se beneficia (BUQUEIRA, 2015). Os sistemas agroflorestais são caracterizados pela policultura consorciada de espécies arbóreas, arbustivas, rasteiras ou trepadeiras, sejam elas para fins comerciais ou espécies nativas para compor um ecossistema denominado sistema agroflorestal (SAF). Com isso, acredita-se que o consórcio de várias espécies propiciaria serviços ecossistêmicos, como maior produção pelo aumento de polinizadores e maior resistência a pragas e doenças (BUQUEIRA, 2015), gerando externalidades positivas (THOMAS; CALLAN, 2014). Além disso, o sistema agroflorestal propicia maior ciclagem de materiais, que aumenta a produtividade do solo e não gera perda de biodiversidade (ALTIERI, 1998).

Britto (2010) analisou um sistema de monocultura de manga para produtores orgânicos e convencionais no submédio do Rio São Francisco, utilizando a metodologia de viabilidade econômica. Os resultados apontaram que a manga orgânica apresentou menor produtividade na unidade de kg/ha/ano, mas obteve maior rentabilidade em relação à produção convencional. Nascimento et al. (2011), em um estudo de caso feito na Canaieira, estado de São Paulo, verificaram que o SAF implantado em uma região de população caiçara elevou a renda local em decorrência dos benefícios gerados pelo sistema.

---

<sup>2</sup> Altieri (1998) conceitua sistemas de produção sustentáveis as unidades produtivas em que há um balanceamento harmônico dinâmico entre a produção e o ecossistema, no que diz respeito ao nível de nutrientes do solo, luminosidade, umidade, tanto para a lavoura – essencialmente a policultura consorciada – quanto para o ecossistema local, preservando o equilíbrio ecológico. Isso eleva a resistência do sistema como um todo, tornando-o mais tolerante a adversidades.

No que tange ao uso da metodologia de análise de fronteira estocástica aplicada ao estudo de pequenas unidades de produção, os resultados de Tauer e Mishra (2006) buscaram avaliar a situação da competitividade de 120 pequenas propriedades de produção leiteira nos estados do Arizona e Wisconsin (EUA). Os resultados mostraram que, à medida que há maior escala na propriedade, há aumento de eficiência. Assim, as propriedades de menor porte podem ser competitivas no mercado pela utilização mais eficiente do capital fixo ou pela apropriação de uma nova tecnologia (TAUER; MISHRA, 2006).

Os autores argumentam que a produtividade total dos fatores pode ser semelhante para pequenas ou grandes propriedades, desde que ocorra uma apropriação tecnológica específica para as pequenas propriedades. Dessa forma, o tamanho da propriedade não apresenta uma magnitude tão elevada quando comparada a uma variação dos insumos variáveis como o número de cabeças no rebanho (TAUER; MISHRA, 2006).

Chinwuba e Emmanuel (2006) fizeram uso da metodologia da análise de fronteira estocástica, incluindo aspectos sociais, para averiguar os determinantes da produção de inhame no sudoeste da Nigéria em pequenas propriedades agrícolas, utilizando dados coletados de 120 produtores do estado de Enugu. A eficiência variou entre sete centésimos (0,07) a 0,85, com média de 0,41, assim, as pequenas propriedades de produção de inhame no sul da Nigéria podem ter uma elevação média de 59% na eficiência. Conforme pode ser observado, há uma sensível diferença entre a eficiência dos produtores naquela região.

Therriault e Serra (2014) conduziram um estudo no Mali, Benin e Burkina Faso, procurando incorporar efeitos do ambiente institucional nesta região sobre a produção de algodão, utilizando a metodologia de fronteira estocástica. Este estudo se revela importante para a discussão do tema sob o aspecto institucional e pondera que não se pode avaliar somente a ineficiência, mas também suas causas, que podem estar bastante relacionadas com o meio em que as firmas estão inseridas e com todo aparato de contratos e restrições a que estão submetidos.

## REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA

Os produtores têm como objetivo reduzir desperdícios e perdas, seja procurando obter o máximo de produção na utilização de um conjunto de insumos, seja minimizando os custos com insumos, dada a quantidade produzida. Isso determina a eficiência técnica (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003).

Os fatores de ineficiência na agricultura familiar são conhecidos por abordarem questões como a dificuldade de manter a documentação da contabilidade dos custos e receitas atualizadas (BATTESE; COELLI, 1996), as eficiências de escala dadas por uma produção em propriedades onde a

área é consideravelmente grande (TAUER; MISHRA, 2006), a adoção de conhecimentos através de assistência técnica ou assistência de programas governamentais (SEYOUM; BATTESE; FLEMING, 1998) e o ambiente institucional da região (THERIAULT; SERRA, 2014).

Além desses fatores, os mais citados em termos nacionais são o fato de a agricultura familiar não ter acompanhado tecnicamente as mudanças ocorridas a partir da Revolução Verde, seja por questões de financiamento, assimetria de informações, menor atenção técnica e, a salientar, a concentração fundiária, de forma que os produtores familiares ao utilizar insumos modernos (no sentido da Revolução Verde - modernização do campo) não têm o domínio técnico perfeito sobre eles ou o cuidado necessário para sua utilização, como a periodicidade da aplicação de defensivos e a quantidade de adubos a ser utilizada (NAVARRO, 2010).

Ainda, para o uso de sistemas alternativos de produção (ALTIERI, 1998), como os orgânicos e agroflorestais (DULLEY, 2003), há necessidade de cursos especializados em manejo e produção, bem como de novas e de outras técnicas não utilizadas na agricultura convencional, o que requer do produtor determinada habilidade específica com a qual não estava acostumado antes da transição, o que pode levar à ineficiência técnica.

Assim, destacados alguns importantes fatores que influenciam a ineficiência técnica dos produtores, é também relevante considerar que as perdas na produção podem não estar relacionadas com tais fatores apresentados. Essas perdas podem ser provenientes de fatores exógenos, como geadas, excesso de chuvas ou sua falta, entre outros fatores climáticos. Desse modo, uma das vantagens na utilização do método de fronteira estocástica é a mensurabilidade de dois termos de erro, um considera a ineficiência técnica e o outro corresponde aos choques exógenos não explicados pelo modelo, como os fatores climáticos (BATTESE; COELLI, 1996).

Portanto, este trabalho optou pela utilização do modelo de fronteira de produção estocástica, proposto por Aigner, Lovell e Schmidt (1977), Kumbhakar e Lovell (2003) e Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015), em que a função de produção pode ser estimada por um modelo paramétrico com a adição de um erro estocástico, considerando o referencial teórico microeconômico de uma função de produção (PINDYCK; RUBINFELD, 2006).

Por esta metodologia, eficiência técnica ( $ET$ ) pode ser explorada via função de produção, como anteriormente mencionado, de modo a poder ser escrita de acordo com a equação (1) (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003).

$$y_p = f(x_{pi}; \beta) ET_p \quad (1)$$

Na equação (1),  $y_p$  é a produção da propriedade  $p$ , com  $p = 1, 2, \dots, P$ , em reais correntes de 2015,  $f(.)$  é a função de produção, em que  $x_{pi}$  são os insumos da propriedade  $p$ , com  $i = 1, 2, \dots, N$ , considerando os diferentes insumos utilizados, como adubação, calcário, mão de obra, custos com encai-

xotamento, custos com transporte interno, depreciação do capital, entre outros (GUIDUCCI et al., 2012).

Aigner, Lovell e Schmidt (1977) propuseram que o erro estocástico fosse uma função da composição de outros dois termos de erro independentes entre si, isto é, não correlacionados:  $\varepsilon_i = v_p + u_p$ . Essa formulação desvincularia a eficiência técnica (negativa) de um erro aleatório, como uma enchente nas lavouras. Assim, pode-se reescrever a equação estocástica na forma da equação (2) a seguir.

$$y_p = f(x_{pi}; \bar{x}_{pj}; \beta) e^{(-u_p)} e^{v_p} \quad (2)$$

Ao extrair os logaritmos de ambos os lados da equação (2), obtém-se um modelo linear, conforme a equação (3), com uma matriz  $\beta$  de parâmetros, cujos erros  $v_p$  são identicamente distribuídos com média nula ( $E(v_i) = 0$ ) e variância  $\sigma^2$  e não correlacionado com  $u_p$ , de forma que este último representa a ineficiência técnica. (ARCOVERDE; TANNURI-PIANTO; SOUSA, 2005; KUMBHAKAR; WANG; HORNCastle, 2015). A equação (3) apresenta a relação em logaritmos.

$$\ln y_p = \sum_{i=1}^n \beta_i \ln x_{pi} + v_p - u_p \quad (3)$$

É importante salientar que  $u_i$  convém ser positivo em definição teórica, uma vez que o sinal negativo inserido na equação já explicita a ineficiência técnica. Assim, caso  $u_i > 0$ , o produtor  $i$  está sendo menos eficiente em uma magnitude  $u_i$  do que a fronteira estocástica; caso contrário,  $u_j < 0$ , com  $i \neq j$ , representará uma maior eficiência técnica em relação à fronteira (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003). Esta interpretação dos sinais é semelhante à interpretação de Hayami e Ruttan (1970), em relação à Nova Zelândia, cujo coeficiente negativo representava uma eficiência maior por trabalhador. Para este trabalho, foi utilizado o software Stata/MP 13 para gerar os resultados estatísticos através de dados primários coletados.

Além disso, Griffin, Montgomery e Rister (1987) atentam para a utilização da forma funcional mais adequada. No trabalho, tais autores fazem uma revisão bibliográfica das diversas formas funcionais utilizadas na modelagem de fronteira estocástica e apontam os aspectos positivos e limitações das formas funcionais. Dessa forma, os autores inferem que não existe a melhor forma funcional, mas sim a que melhor representa os dados da modelagem, de forma a analisar os seguintes aspectos: manutenção das hipóteses teóricas, estimação do modelo, dados disponíveis e aplicação.

Neste trabalho, foram testadas duas formas funcionais: a Linear e a Cobb-Douglas. A forma funcional Cobb-Douglas foi escolhida por ser mais completa em relação à linear. Além disso, a função Cobb-Douglas é de fácil interpretação, uma vez que as elasticidades são obtidas diretamente

através de uma regressão linear e têm retornos à escala que podem ser constantes, crescentes ou decrescentes, dependendo da soma dos parâmetros do modelo, quando for, respectivamente, igual, maior ou menor que a unidade (PAVELESCU, 2011). Adicionalmente, procurou-se utilizar as formas translog e transcendental, não tendo havido graus de liberdade suficientes neste trabalho para estimá-las.

A forma funcional da Cobb-Douglas é dada pela equação (4) (GRIFFIN; MONTGOMERY; RISTER, 1987).

$$Y_i = \alpha \prod_{i=1}^N x_i^{\beta_i} \quad (4)$$

Assim, aplicando o logaritmo natural na equação (4), é possível obter a equação (5) com a constante suprimida.

$$\ln y_i = \beta_i \ln x_i, \text{ com } i = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

Na forma funcional Linear, não há transformação das séries utilizadas em logaritmo, de forma que a interpretação das derivadas de primeira ordem em relação aos insumos de produção  $x_i$  necessita de transformações para calcular as elasticidades. Adicionalmente, a função Linear é bastante simples, porém não retorna se houver retornos constantes, crescentes ou decrescentes à escala. Sua forma funcional é dada pela equação (6) (GRIFFIN; MONTGOMERY; RISTER, 1987).

$$y_i = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \quad (6)$$

Pela estimação da fronteira estocástica, é possível obter os valores das ineficiências técnicas das propriedades rurais através de  $u_i$ , como explicitado na equação (3).

Em relação à forma funcional Transcendental (7) e (8), um aspecto positivo é a captação de informações sobre os efeitos marginais dos parâmetros em elasticidade e na sua forma linear, concomitantemente, quando extraídas as derivadas de primeira ordem em relação a  $x_i$ . A estimação desta forma funcional requer o dobro de graus de liberdade que a função Cobb-Douglas ou a função Linear (GRIFFIN; MONTGOMERY; RISTER, 1987):

$$y_i = \alpha \prod_{i=1}^N x_i^{\beta_{1i}} e^{x_i \beta_{2i}} \quad (7)$$

Considerando  $i = 1, 2, \dots, N$ .

Dessa forma, aplicando-se o logaritmo natural, temos:

$$\ln y_i = \sum_i^N \beta_i \ln x_i + \sum_i^N \beta_i x_i \quad (8)$$

Considerando  $i = 1, 2, \dots, N$ .



Outra forma funcional, a Translog, permite transformar uma relação linear entre a produção e os insumos em uma relação não linear (PAVELESCU, 2011). Contudo, uma desvantagem se aplica quando a amostra é relativamente pequena, pois o número de parâmetros a serem estimados aumenta geometricamente, o que diminui os graus de liberdade. O mesmo ainda ocorre com a função Transcendental e, devido a isso, apesar das tentativas para estimar um modelo na forma Transcendental e Translog, não foi possível por conta das poucas observações disponíveis.

Em relação às formas funcionais, duas estimativas alternativas foram feitas. Primeiramente, estimou-se a função de produção por meio de uma Cobb-Douglas e depois através de uma função Linear. Com base nos modelos estimados, foi feito o teste da razão de verossimilhança (*likelihood ratio test*) para averiguar o modelo mais adequado. Nesse teste, prevaleceu o modelo Cobb-Douglas. Assim, a estimativa final foi baseada na equação (9).

$$lrt = \beta_1 larea + \beta_2 lmdo + \beta_3 laquim + \beta_4 laorg + \beta_5 ldef + \beta_6 lsem + \beta_7 lk + v_i - u_i \quad (9)$$

Na equação (9), a letra inicial de cada variável ( $l$ ) representa o logaritmo neperiano das variáveis: “*area*”, que representa a área plantada da propriedade, em ha; “*aquim*”, que concentra os valores gastos com a aquisição de adubos químicos; “*def*”, gasto com defensivos; “*sem*”, valor despendido na compra das sementes e mudas; “*k*”, a quantidade total de capital disponível na propriedade; “*v*”, o termo do erro estocástico; e “*u*” representa a eficiência técnica. Todas as variáveis, exceto *area*, foram mensuradas a preços correntes de 2015 em reais.

Foi estimado um modelo considerando todos os sistemas de produção, em que os valores para o uso de defensivos agrícolas e adubos químicos para os produtores orgânicos e agroflorestais são nulos, pois não utilizam esses insumos. A opção por considerá-los na amostra e não estimar a fronteira por grupos é em decorrência da falta de graus de liberdade para os três grupos. Adicionalmente, em relação aos adubos químicos e orgânicos, os produtores convencionais também utilizam adubos orgânicos e, como os adubos orgânicos são os únicos utilizados pelos produtores não convencionais, a opção por distinguir as variáveis foi adotada<sup>3</sup>.

Assim como Theriault e Serra (2014), o termo da ineficiência pode ser explicado por outros fatores, de forma que uma regressão considerando a própria ineficiência como variável dependente seria interessante para abordar de forma mais consistente quais características podem estar influ-

<sup>3</sup> Um modelo restrito, considerando a soma dos adubos orgânicos e químicos, denominando uma nova variável “*ladubo*”, outro modelo foi estimado (Anexo A). O sinal desta nova variável foi positivo, indicando que o aumento na quantidade de adubo levaria a um aumento na produção. Ainda, depois de feito o teste de log da verossimilhança a 1%, não se rejeita a hipótese nula de que o modelo restrito seria mais adequado que o modelo irrestrito (valor-p = 0,0125). Logo, optou-se por manter o modelo original.

enciando a eficiência. Desse modo, para este trabalho, optou-se por utilizar uma regressão linear multivariada, considerando o sistema de produção utilizado e a área plantada da propriedade, com o intuito de observar questões de escala e utilização da capacidade de produção, utilização de sementes melhoradas e/ou mudas trabalhadas, conforme equação (10).

$$\hat{u}_p = \alpha + \sum_{k=1}^5 \beta_p x_k + \varepsilon_p \quad (10)$$

A variável dependente na equação (10) é a eficiência técnica, estimada das propriedades  $\hat{u}_p$ , em que  $p = 1, 2, \dots, P$ , o número de propriedades. O vetor  $x_k$  compreende cinco variáveis, das quais quatro são variáveis binárias, com valor nulo ou unitário

Os sistemas podem ser ou convencionais, orgânicos ou agroflorestais. O sistema de produção convencional receberá valor nulo para os demais sistemas e valor unitário para “conv”. De forma análoga, se orgânico, apenas a variável “org” receberá valor unitário. Se agroflorestal, apenas a variável “agro” receberá valor unitário. Se houver utilização de sementes melhoradas em mais de 50% do total de culturas plantadas, receberá o valor da unidade - “sem”. Ainda, uma variável contínua, a área da propriedade, em hectares, será a variável “area”. A variável dependente é a eficiência técnica - “ef”, e  $\varepsilon_i$  é o termo do erro. Assim, a segunda regressão, que busca identificar quais variáveis podem explicar a eficiência, é dada pela equação (11).

$$ef = \beta_1 conv + \beta_2 org + \beta_3 agro + \beta_4 sem + \beta_5 area + \varepsilon_i \quad (11)$$

É importante destacar que a regressão do segundo estágio, em que se coloca a eficiência técnica como variável dependente, pode estimar parâmetros com viés. Tal questão é discutida por Banker e Natarajan (2008), que consideram que as estimações por MQO e por Máxima Verossimilhança devem ser averiguadas, tanto em termos da estimação do primeiro estágio, considerando a produtividade como variável dependente, quanto no segundo estágio. Dessa forma, tais autores estimam funções de produção, usando simulações de Monte Carlo, utilizando os diferentes métodos, comparando os desvios absolutos da média (MAD) com a raiz do valor quadrático médio (RMSD).

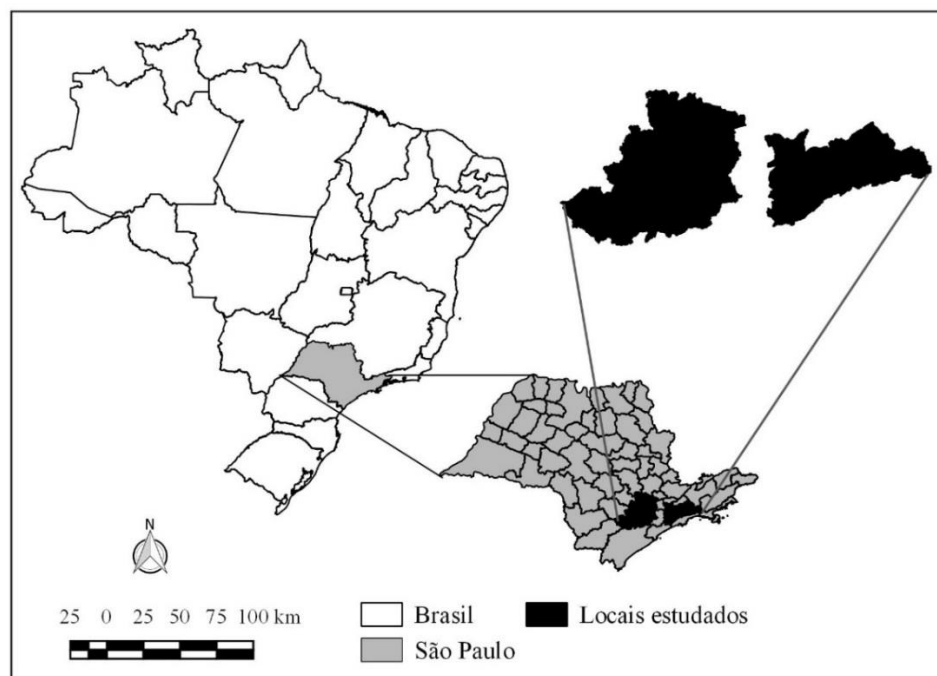
Os resultados mostram que, para os modelos estimados, os menores valores para o MAD e o RMSD no primeiro estágio consideram uma forma funcional Cobb-Douglas, com 18,5% e 23,6% de variação, respectivamente. Já no segundo estágio, os menores valores são verificados para a forma funcional translog. Contudo, considerando uma função Cobb-Douglas, tanto os métodos de Máxima Verossimilhança quanto MQO apresentaram variações muito semelhantes, em torno de 42% e 50%, respectivamente. Adicionalmente, os autores indicaram que

ambos os métodos são adequados para estimar o segundo estágio da fronteira de produção estocástica (BANKER; NATARAJAN, 2008).

### Coleta e tratamento dos dados

A coleta de dados foi feita segundo uma amostra estratificada de propriedades rurais localizadas na região de Sorocaba e São Paulo, de até 4 módulos fiscais<sup>4</sup>, com mão de obra predominantemente familiar, renda familiar composta pela renda gerada no próprio empreendimento ou estabelecimento que a família administra, caracterizando produtores familiares, conforme lei 11.326/2006 (BRASIL, 2006), que estabelece e regulamenta o termo agricultura familiar.

As respostas foram obtidas de entrevistas com questionários estruturados aplicados aos municípios a leste da região administrativa de Sorocaba, compreendendo São Miguel Arcanjo, Pilar do Sul, Iperó, Araçoiaba da Serra, Piedade, Tapiraí e Ibiúna; Capão Bonito; às regionalizações circunscritas a São Paulo e aos municípios de Mogi das Cruzes e Parelheiros, como mostrado na Figura 1. Cabe ressaltar que as regiões que compõem a amostra são importantes abastecedoras de alimentos para os municípios de Sorocaba e São Paulo.



**Figura 1. Mapa indicativo da região de estudo.**

<sup>4</sup> Para a região de Sorocaba e São Paulo, quatro módulos fiscais correspondem a 53 hectares de acordo com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA, 2013).

A Tabela 1 apresenta resumidamente as variáveis levantadas na pesquisa e utilizadas no modelo econométrico bem como as siglas utilizadas na estimação dos modelos e uma breve descrição delas. A unidade de medida para todas as variáveis, exceto para a área plantada e as variáveis binárias, foi obtida em valores correntes para o ano de 2015 (R\$). A área foi mensurada em hectares, e as variáveis binárias apresentam valor unitário, em caso afirmativo, e nulo, em caso negativo.

Os insumos variáveis, representados em  $x_{pi}$ , com  $i = 1,2,\dots,5$ , serão os insumos correspondentes à mão de obra (*mdo*), adubação orgânica (*aorg*), adubação química (*aquim*), defensivos (*def*) e sementes (*sem*). Os insumos fixos, denominados por  $\bar{x}_{pj}$ , com  $j = 1,2$ , são os insumos área (*area*) e capital (*k*). A área considerada foi a quantidade cultivada no momento do levantamento (2016). Como *proxy* para a produção, utilizou-se a receita total (*rt*). A função de produção, portanto, será dada pela combinação dos insumos variáveis com os insumos fixos, representados por  $y = f(x_{pi}; \bar{x}_{pj})$ , em que  $y$  denota a produção,  $x_{pi}$ , os insumos variáveis e  $\bar{x}_{pj}$ , os insumos fixos, constantes para a análise deste trabalho, por considerar que não há uma expansão de longo prazo (PINDYCK; RUBINFELD, 2006).

**Tabela 1. Variáveis utilizadas, sigla utilizada, descrição e unidade de medida (entre parênteses)**

| Variável                     | Sigla        | Descrição   |
|------------------------------|--------------|---|
| Área plantada (ha)           | <i>area</i>  | Tamanho da área plantada  |
| Mão de obra (R\$)            |              | Custo de oportunidade da mão de obra familiar somada ao custo da mão de obra contratada |
| Mão de obra contratada (R\$) | <i>mdo</i>   |   |
| Adubos Químicos (R\$)        | <i>aquim</i> | Despesas com adubos químicos  |
| Adubos Orgânicos (R\$)       | <i>aorg</i>  | Despesas com adubos orgânicos   |
| Defensivos (R\$)             | <i>def</i>   | Despesas com defensivos   |
| Sementes (R\$)               | <i>sem</i>   | Despesas com sementes ou mudas  |
| Capital total (R\$)          | <i>k</i>     | Valor do capital da propriedade   |
| Receita Total (R\$)          | <i>rt</i>    | Valor total das receitas  |

Fonte: Elaboração própria.

Em relação à mão de obra familiar<sup>5</sup>, o valor contabilizado foi ponderado em 1,0, caso homem e maior de 18 anos, e coeficiente de 0,7, caso mulher ou menor de 18 anos, multiplicado por 0,5, caso seja meio período trabalhado. Considerou-se o valor da mão de obra para 200 dias de trabalho na lavoura, no valor de 70 reais a diária, obtido pela média das respostas dos questionários (GUIDUCCI et al., 2012).

<sup>5</sup> A mão de obra considerada familiar é relativa ao grau de parentesco entre os indivíduos que trabalham na propriedade e não são remunerados formalmente pelo seu trabalho. A mão de obra contratada se refere ao trabalho assalariado pago aos indivíduos que exercem atividade remunerada na propriedade.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas dos dados. São apresentados a média, a mediana, o desvio padrão, o valor mínimo e o valor máximo para as variáveis utilizadas no modelo. Todos os valores estão expressos em reais correntes de 2015, ano referente à coleta. A Tabela 1 traz a notação das variáveis utilizadas no modelo econométrico, especificadas no parágrafo anterior.

**Tabela 2. Sumário estatístico das variáveis incorporadas no modelo (2015)**

| Variável | <i>area</i> | <i>mdo</i> | <i>aorg</i> | <i>aquim</i> | <i>def</i> | <i>sem</i> | <i>k</i> | <i>rt</i> |
|----------|-------------|------------|-------------|--------------|------------|------------|----------|-----------|
| Média    | 5,0         | 31316,7    | 3419,2      | 5412,1       | 2502,4     | 4141,1     | 73468,1  | 137890,4  |
| Mediana  | 2,1         | 28000,0    | 2200,0      | 2200,0       | 80,0       | 1658,0     | 46800,0  | 96500,0   |
| DP       | 4,3         | 14153,7    | 4588,0      | 8003,8       | 4719,7     | 7752,9     | 79632,2  | 149262,8  |
| Máximo   | 26,9        | 71400,0    | 24000,0     | 28000,0      | 19926,0    | 35500,0    | 372200,0 | 715624,0  |
| Mínimo   | 0,02        | 14000,0    | 0,0         | 0,0          | 0,0        | 0,0        | 0,0      | 12040,0   |

Fonte: Elaboração própria.

A região conta com programas de assistência à agricultura, principalmente de pequenos produtores e produtores familiares, como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), que garante a compra no equivalente a 8 mil reais em alimentos de agricultores enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), de acordo com a lei 10696/2003 (BRASIL, 2003), artigo 19º. Outra iniciativa da região para o fortalecimento da agricultura familiar é o programa de fornecimento de alimentos oriundos de cooperativas e associações de agricultura familiar para a merenda escolar destinada ao município de São Bernardo (SÃO PAULO, 2009), de acordo com a lei 11947/2009 (BRASIL, 2009).

Foram coletados dados primários por meio da aplicação de 42 questionários, referentes à região de Sorocaba e São Paulo, no período de julho a outubro de 2016. Dos 42 produtores entrevistados: 29 utilizam o sistema convencional; 10, o orgânico; e 3, o agroflorestal. Os dados consideraram o ciclo produtivo de 2015 durante o período de um ano. A inexistência de dados anteriores ao levantamento impossibilitou a utilização de dados em painel.

Em relação à amostra coletada, Seyoum, Battese e Fleming (1998) avaliaram a eficiência técnica de produtores de milho no leste da Etiópia através da metodologia de fronteira estocástica, referentes ao ano de 1995/96 no calendário agrícola, utilizando uma amostra de 20 fazendeiros, para aque-

les que estavam no projeto Sasakawa-Global 2000<sup>6</sup> e outros 20 que não pertenciam ao grupo, totalizando 40 observações.

Outro trabalho que apresenta similar quantidade de observações e uma diferença entre os grupos de propriedades pesquisadas é o trabalho de Mathjis e Swinnen (1997), que analisa a diferença de produtividade entre a produção em escala de organizações cooperativas, sejam estatais ou privadas, e propriedades familiares no oeste da Alemanha. Neste trabalho, são utilizadas 44 observações, dispostas em três grupos: propriedades familiares, cooperativas e organizações de grande escala. Do total, 32 observações foram de propriedades familiares. Os dados foram coletados em 1991/92 e 1994/95, configurando um modelo de fronteira estocástica em dados em painel e a utilização de um método de fronteira determinística.

É importante observar por meio de tais trabalhos que a amostra apresentada pode ser relativamente pequena, no caso de Seyoum, Battese e Fleming (1998), e a divisão dos grupos a serem abordados na pesquisa pode conter uma diferença no número de elementos, como em Mathjis e Swinnen (1997), e mesmo assim apresentar resultados consistentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Fronteira de produção estocástica

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram relação direta entre a receita total, pela combinação dos insumos variáveis e fixos da função de produção, considerando a forma funcional e as variáveis descritas na equação (8) apresentada anteriormente. A letra “1” no início indica que houve uma transformação em logaritmo neperiano daquela série.

Para averiguar a existência de retornos crescentes, decrescentes ou constantes à escala, considerando uma tecnologia de produção que represente a média das unidades produtivas, testou-se a hipótese nula de que a soma dos parâmetros do modelo estimado fosse menor do que um. O resultado do teste rejeitou a hipótese nula a 99%. Portanto, ao elevar a quantidade de todos os insumos na mesma proporção, eleva-se mais que proporcionalmente o valor da produção, o que implica possibilidade de ganhos de escala.

De acordo com os resultados obtidos, uma variação de 10% na área da propriedade corresponderia a uma variação de 1,4% no produto. O resultado encontrado neste estudo é menor do que a elasticidade

---

<sup>6</sup> O Sasakawa-Global 2000 é uma Organização sem fins lucrativos com objetivo de transferir tecnologias para o desenvolvimento das regiões da África em parceria com entidades externas.

encontrada por Theriault e Serra (2014). Os resultados encontrados pelos autores para propriedades relativamente pequenas mostram que uma elevação de 10% da área elevaria em 8% o produto. Theriault e Serra (2014) ponderam que, apesar da grande influência do aumento de área na produção, é importante observar que este acréscimo da área plantada não necessariamente aumentaria a produtividade. Contudo, o resultado obtido nesta pesquisa foi similar ao encontrado por Chinwuba e Emmanuel (2006), em que a elasticidade do fator terra foi de 0,12, também utilizando dados provenientes de pequenas propriedades.

**Tabela 3. Estimação do modelo Cobb-Douglas**

| Nome          | Parâmetro | Valor    | Erro padrão |
|---------------|-----------|----------|-------------|
| <i>larea</i>  | $\beta_1$ | 0,139*** | 1,03E-05    |
| <i>lmdo</i>   | $\beta_2$ | 1,045*** | 3,78E-06    |
| <i>laorg</i>  | $\beta_3$ | -0,048   | 2,74E-06    |
| <i>laquim</i> | $\beta_4$ | 0,005*** | 2,58E-06    |
| <i>ldef</i>   | $\beta_5$ | -0,036   | 2,71E-06    |
| <i>lsem</i>   | $\beta_6$ | 0,079*** | 2,01E-06    |
| <i>lk</i>     | $\beta_7$ | 0,085*** | 3,04E-06    |
| <i>lrt</i>    | Var. Dep  | -        | -           |

\*, \*\*, \*\*\*: significativo a 10%, 5% e a 1%, respectivamente.

Fonte: Elaboração própria.

Há que salientar que neste trabalho a medida de produto foi calculada em valores monetários, como no trabalho de Chinwuba e Emmanuel (2006), enquanto no trabalho de Theriault e Serra (2014), esta medida foi calculada em quantidade produzida.

Neste estudo, que considerou 29 produtores convencionais, 10 orgânicos não agroflorestais e 3 agroflorestais, a área plantada não necessariamente correspondeu à área completa da propriedade, de modo que, em alguns casos, a área era subutilizada. Isso ocorreu porque, para expandir a área plantada, são necessárias maiores quantidades de insumos, a salientar o caso dos produtores agroflorestais e orgânicos, em que o insumo que restringia tal expansão foi a mão de obra familiar, segundo respostas dos entrevistados.

O fator mão de obra, agregando o trabalho familiar e o contratado, foi o parâmetro que mais se destacou, visto que uma variação de 10% no trabalho geraria uma elevação de 10,45% na receita total. Este resultado implica aumento mais que proporcional da produção em relação à mão de obra. Este resultado é compatível com os comentários feitos pelos produtores rurais durante as entrevistas em que foi relatada escassez de mão de obra disponível para a agricultura na região. Além disso, os

sistemas analisados são mais intensivos em mão de obra, fazendo com que esse fator de produção apresente um impacto importante na produção.

Carvalho e Kuhn (1999) colocam que já na década de 1990 havia um fluxo migratório das zonas rurais para as regiões urbanas de Sorocaba e São Paulo, como alternativa às atividades da agricultura. Este fato ocorria, principalmente, nas pequenas propriedades. Os agricultores locais destacam que a migração diminuiu, porém ainda é bastante presente e isso é agravado pelos avanços nas formas de comunicação, oportunidades de trabalhos e estudo nas regiões urbanas. Relatam ainda que os indivíduos mais jovens estão deixando a atividade agrícola e migrando para a zona urbana, logo, a população da zona rural está envelhecendo e parando de trabalhar, não estando ocorrendo reposição de mão de obra.

Theriault e Serra (2014) destacam que a elasticidade do trabalho familiar e contratado, somando os parâmetros é, em média, de 0,24, também menor do que os valores encontrados nesta pesquisa. O trabalho de Chinwuba e Emmanuel (2006) também aponta resultado menor e semelhante ao de Theriault e Serra (2014), correspondendo a uma elasticidade de 0,39. Em contrapartida, no trabalho de Seyoum, Battese e Fleming (1998), foi estimado que o fator trabalho obteve uma elasticidade de 2,27 em média, também considerando pequenas propriedades com mão de obra predominantemente familiar.

Em relação à adubação, os adubos orgânicos apresentaram uma relação inversa com a receita: dada uma variação de 10% na adubação orgânica, a receita total diminuiria em 0,48%. Os adubos químicos apresentam elasticidade positiva de 0,0045, representando um acréscimo bastante pequeno, relativamente, porém não nulo estatisticamente. Os valores obtidos para a elasticidade por Theriault e Serra (2014) e Chinwuba e Emmanuel (2006) são de 0,17 e de 0,44, respectivamente, ambos baixos, porém ligeiramente superiores ao obtido neste estudo.

Um aspecto importante a ser considerado é que a literatura (ALTIERI, 1998; MUTUANDO, 2005; NASCIMENTO et al., 2011; WEINÄRTNER; ALDRIGHI; MEDEIROS, 2006) salienta a questão da utilização de adubos orgânicos e práticas de adubação. Porém, para esta amostra, em especial, considerando as 42 pequenas propriedades nas regiões coletadas, a magnitude dos parâmetros no impacto na receita total, em valores percentuais, não se mostrou tão importante em relação aos outros insumos. Contudo, um fator que restringe essa análise é o fato de os grupos da amostra dos sistemas de produção conterem discrepantes quantidades de observações.

Um fator a se considerar é que os sistemas de produção orgânicos e os agroflorestais não utilizam adubos químicos, mas sistemas convencionais podem utilizar ambos os tipos de adubos, de forma que haveria uma complementariedade entre os adubos orgânicos e químicos, implicando uma maior receita. Além disso, é importante salientar que a maioria dos produtores não aplicava a adubação conforme um estudo prévio ou seguia



alguma instrução técnica. Dessa maneira, para esta amostra em específico, um aumento com a despesa de adubos pode não surtir os efeitos esperados.

Em relação ao uso de defensivos, o resultado foi que o aumento de seu uso em 10% reduziria o produto em 0,363%. Esse fato pode ser explicado por alguns motivos além da questão abordada para os adubos, dos rendimentos marginais decrescentes. Existem principalmente duas formas de aplicar os defensivos, sendo uma a calendarizada, em que periodicamente se pulveriza, e a segunda, em que existe uma inspeção das culturas antes da utilização de defensivos. Concernente à primeira, a calendarizada, a aplicação contínua de defensivos pode elevar, no longo prazo, a resistência a pragas ou levar à diferenciação de algumas características que as tornem resistentes a um tipo de defensivo, questão essa bastante discutida em termos da literatura da área. Em relação ao segundo tipo de aplicação, não necessariamente a aplicação dos defensivos pode gerar redução da receita, mas a própria aplicação dos defensivos pode ter sido demandada por uma prévia contaminação em decorrência de pragas e doenças que afete negativamente a produção e a receita

As despesas com sementes elevariam o produto em 0,793%, dada uma elevação em 10% no uso deste insumo. O resultado não aponta um grande resultado para a elevação no uso de sementes melhoradas, apesar de o parâmetro ser significativo estatisticamente. Porém, para as propriedades na região amostrada, o uso de sementes melhoradas pode ser mais vantajoso que o aumento no uso de adubos, uma vez que parcela significativa dos agricultores utiliza mudas e sementes próprias e que a elasticidade do produto em relação às despesas com sementes é maior do que a elasticidade do produto em relação ao uso de adubos, sejam eles orgânicos ou sintéticos.

No cálculo do valor da disponibilidade de capital da propriedade, obteve-se uma elasticidade de 0,085, demonstrando que o aumento da quantidade de capital disponível pode contribuir com um aumento no produto, mesmo sendo uma contribuição pequena. Esta pequena contribuição pode estar atrelada à necessidade de mão de obra, pois a amostra desta pesquisa apresentou unidades de produção bastante intensivas em mão de obra, mas pouco intensivas em capital, o que pode estar relacionado ao fato de esses produtores estarem utilizando o insumo capital, enquanto na faixa de rendimentos marginais crescentes, ainda, de forma que o a produtividade marginal do capital ainda pode aumentar. Outro fator relevante é que, para esta amostra, como as propriedades são semelhantes em termos de utilização de alta intensidade de mão de obra, a variação do capital existente refletiria pequenas diferenças na produção.

## Eficiência técnica

O maior valor para a eficiência técnica foi de 100% para sete propriedades; cinco eram de produção convencional, uma de produção orgânica e uma de produção agroflorestal. Desta forma, é possível confirmar a hipótese de que os três sistemas de produção sejam potencialmente eficientes, apesar de suas diferenças. O valor para a eficiência técnica varia de 0 a 1 (ou 0 a 100%), em que 1 é o valor que mostra menor ineficiência ou maior eficiência técnica (ARCOVERDE; TANNURI-PIANTO; SOUSA, 2005).

Dos 29 produtores convencionais, 5 obtiveram eficiência técnica máxima; dos 10 orgânicos não agroflorestais, 1 produtor obteve eficiência máxima; e dos 3 agroflorestais, um produtor também obteve eficiência máxima. Dessa forma, a hipótese de que os produtores dos três sistemas de produção apresentam potencial para serem igualmente eficientes, neste caso, esses produtores têm potencial para obter eficiência máxima.

A Tabela 4 apresenta as médias das eficiências técnicas dos sistemas de produção convencional, orgânico e agroflorestal para os dados amostrados na pesquisa. É possível perceber que, na média, a eficiência técnica do sistema convencional está entre os demais sistemas e o sistema orgânico e se apresenta com menor eficiência, ao contrário do sistema agroflorestal. Tais resultados corroboram a ideia de que a vulnerabilidade do sistema orgânico seja a maior, pois não conta com as externalidades positivas dos sistemas agroflorestais e também apresenta menor possibilidade de substituição entre os insumos (DULLEY, 2003). O sistema agroflorestal apresenta um potencial de aumento de eficiência que pode ser explicado pelas externalidades positivas que este meio de produção oferece (ALTIERI, 1998).

**Tabela 4. Sumário da Eficiência Técnica: média por grupos dos três sistemas de produção**

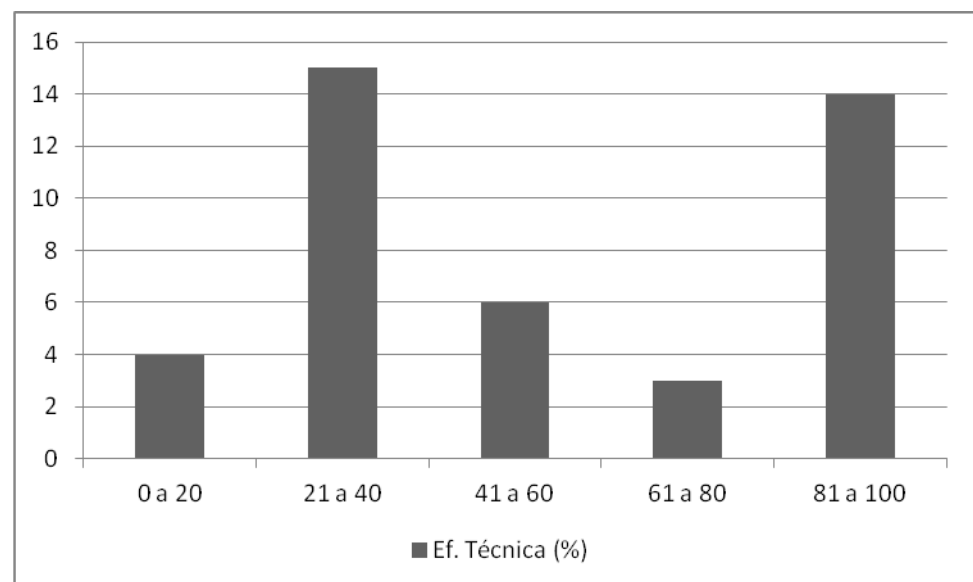
| Sistema de produção | Média (%) | N. de observações |
|---------------------|-----------|-------------------|
| Convencional        | 0,587     | 29                |
| Orgânico            | 0,457     | 10                |
| Agroflorestal       | 0,652     | 3                 |

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

A Figura 2 mostra que os escores da eficiência técnica caracterizaram uma amostra heterogênea, com concentração de eficiência de 21 a 40% em 15 produtores e de 81 a 100% em 14 produtores. No trabalho de Seyoum, Battese e Fleming (1998), entre os produtores dentro do projeto SG 2000, a diferença entre a maior eficiência técnica e a menor foi de 24,2%, enquanto para os produtores fora do projeto, a amplitude foi de 40,8%. No trabalho de Theriault e Serra (2014), a amplitude foi de 83% para toda a região amostrada.

Esta amplitude pode estar relacionada com a homogeneidade da tecnologia que está sendo utilizada, de forma que políticas públicas podem reduzir tal amplitude, como em Seyoum, Battese e Fleming (1998). No que tange a este trabalho, considerando o histograma apresentado na Figura 2, há uma considerável diferença entre as unidades de produção mais eficientes e as menos eficientes, próximo à amplitude da pesquisa desenvolvida por Theriault e Serra (1998). Isso pode ser explicado porque, segundo os produtores entrevistados, apesar da ocorrência de assistência técnica nas propriedades, ela era feita em uma longa periodicidade de tempo, o que dificultava o acompanhamento do desempenho das propriedades.

Adicionalmente, ainda segundo os produtores entrevistados, a assistência técnica não permanecia na mesma propriedade por tempo suficiente a fim de que os produtores pudessem explicitar todas as dúvidas em relação ao desempenho da propriedade. Isso ocorre porque não existem muitos técnicos para um grande número de propriedades. Assim, é possível que, caso houvesse maior suporte técnico ou programas de assistência e acompanhamento técnico, a amplitude da eficiência técnica diminuiria, como no trabalho de Seyoum, Battese e Fleming (1998).



**Figura 2. Histograma da Eficiência Técnica das propriedades nas regiões de São Paulo e Sorocaba (2015)**

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

A Tabela 5 apresenta os resultados da estimação do modelo de regressão linear da equação (13). É possível verificar que os três sistemas de produção apresentam eficiências médias distintas, apesar do potencial de

trabalhar com eficiência máxima, relacionando a eficiência de acordo com as características de cada sistema de produção.

Como as variáveis são binárias, exceto a “área”, os parâmetros devem ser interpretados como variações nos interceptos, não como coeficientes, com valores marginais em se tratando das derivadas de primeira ordem. Desse modo, o sistema agroflorestal seria aquele com maior eficiência quando comparado aos demais. Uma das discussões que corroboraria tal resultado é o fato de que os sistemas agroflorestais mantêm os serviços ecossistêmicos (BUQUEIRA, 2015), a ciclagem de materiais (MUTUANDO, 2005) e outros benefícios (NASCIMENTO et al., 2011), que configurariam benefícios externos marginais (CALLAN; THOMAS, 2011), levando a uma maior eficiência na produção.

No entanto, os sistemas orgânicos se mostraram aqueles com menor eficiência inicial em relação aos demais. Isso pode estar relacionado com o fato de, neste caso, a vulnerabilidade ser maior do que nos sistemas agroflorestais, por não se apropriarem dos benefícios externos marginais, anteriormente citados. Esta vulnerabilidade também é maior do que nos sistemas convencionais por não se utilizar nenhum agroquímico, o que incorre em uma produção mais intensiva em mão de obra, que, por sua vez, foi o maior diferencial na receita total por valor, mas que é escassa.

**Tabela 5. Regressão da Eficiência Técnica das propriedades nas regiões de São Paulo e Sorocaba (2015)**

| Nome            | t        | Valor                  | Erro padrão |
|-----------------|----------|------------------------|-------------|
| <i>conv</i>     | 5,66     | 0,561***               | 0,099167    |
| <i>org</i>      | 4,04     | 0,416***               | 1,03E-01    |
| <i>agro</i>     | 3,65     | 0,655***               | 1,80E-01    |
| <i>semm</i>     | 1,29     | 0,134                  | 1,04E-01    |
| <i>area</i>     | -1,86    | -0,011                 | 5,88E-03    |
| <i>ef</i>       | Var. Dep | -                      | -           |
| Teste F = 30,59 |          | R <sup>2</sup> = 0,792 |             |
| N. obs = 42     |          | gl = 37                |             |

\*, \*\*, \*\*\*: significativo a 10%, 5% e a 1%.

Fonte: Elaboração própria.

Caso as propriedades contassem com a utilização de sementes melhoradas ou mudas trabalhadas, o intercepto se elevaria, porém, menos do que para os diferentes sistemas de produção. Este resultado mostra que a escolha dos sistemas de produção foi bastante significativa, considerando a amostra desta pesquisa.

Por fim, a área, única variável não binária do modelo, apresentou coeficiente negativo, implicando que os efeitos marginais de um aumento na área plantada podem acarretar decréscimo na eficiência. É possível que este resultado se deva ao fato de as pequenas propriedades serem bastante

intensivas em mão de obra e que esta, à medida que precise ser contratada em decorrência de uma maior escala de produção, se torne onerosa, o que pode levar a uma menor eficiência em razão de sua escassez ou falta.

## CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados, os três sistemas de produção - agroflorestais, orgânicos não agroflorestais e convencionais - foram capazes de ter eficiência máxima, mostrando que é possível que os três sistemas de produção apresentem o mesmo nível de eficiência.

Cabe destacar que a amostra em questão apresentou retornos crescentes à escala, com a soma dos coeficientes de aproximadamente 1,27. Este resultado indicaria que um aumento da quantidade de insumos aumentaria mais que proporcionalmente a receita total, a salientar a importância do fator mão de obra, apesar da redução de eficiência em decorrência do aumento da área plantada.

A área plantada pode ser um fator a ser considerado para expandir a receita total, mas esta expansão pode acarretar decréscimo na eficiência da propriedade. Ainda assim, cabe ressaltar que é necessário avaliar se esta expansão seria realmente compensatória para os produtores.

O fator de maior impacto foi a mão de obra, representando uma elasticidade de 1,04, o que indica possivelmente uma atividade que depende muito da mão de obra disponível, porém isso também é afetado pelo êxodo rural ainda existente, fenômeno que limita a oferta deste fator à demanda dos produtores.

A adubação e o uso de defensivos em si, motivo de bastante discussão sobre as razões de se utilizar cada um dos três sistemas, obtiveram sinais contrários ao esperado, o que pode significar que sua utilização pode estar sendo ineficiente dentro da amostra analisada, de forma que, para os produtores convencionais, uma utilização mais ponderada do uso de defensivos poderia ser benéfica e, concernente aos agroflorestais e orgânicos, seria interessante uma reavaliação da quantidade de adubos utilizada e das interações com os tratamentos culturais.

No entanto, a escolha do sistema de produção indicou diferença na eficiência média de cada um dos três sistemas avaliados, sendo o agroflorestal, inicialmente, o mais eficiente, cuja possível explicação pode ser determinada pela existência dos benefícios externos marginais advindos desta lógica de produção. O sistema orgânico foi o que apresentou menor intercepto, possivelmente porque tais sistemas são mais vulneráveis que os outros dois, por não receberem tanto os benefícios externos marginais, nem haver possibilidade da utilização de agroquímicos.

Consideram-se desejáveis uma expansão da amostra e um melhor balanceamento da quantidade amostrada para cada tipo de sistema de produção para trabalhos futuros, por terem sido fatores limitantes neste trabalho, apesar de outros trabalhos já terem também se utilizado de amostras pequenas e agrupamentos em quantidades heterogêneas. Além disso, trabalhos futuros também podem incorporar questões institucionais, sociais, políticas, entre outros fatores que podem enriquecer a explicação acerca das ineficiências técnicas.

Salienta-se ainda que os produtores agroflorestais e orgânicos não utilizam defensivos e adubos químicos. Contudo, como havia poucos graus de liberdade, foi preferida uma estimação com os parâmetros da equação (8), além do fato de os produtores convencionais também utilizarem adubos orgânicos.

## REFERÊNCIAS

- AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 21-37, jul. 1977. [doi:10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5).
- ALTIERI, M. A. *Agroecologia - A dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. Porto Alegre: UFRGS, 1998.
- ALVES, E.; ROCHA, D. de P. Ganhar tempo é possível? In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E.; NAVARRO, Z. (Org.). *A Agricultura Brasileira: desempenho, desafios e perspectivas*. Brasília: Ipea, 2010. cap. 11.
- ARCOVERDE, F. D.; TANNURI-PIANTO, M. E.; SOUSA, M. C. S. Mensuração das Eficiências das distribuidoras do setor energético brasileiro usando Fronteiras Estocásticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 33., 2005, Natal. *Anais...* Natal: ANPEC, 2005. p.110.
- ASSIS, R. L. de; ROMEIRO, A. R. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 6, p. 67-82, 2002. [doi:10.5380/dma.v6i0.22129](https://doi.org/10.5380/dma.v6i0.22129).
- BANKER, R. D.; NATARAJAN, R. Evaluating contextual variables affecting productivity using data envelopment analysis. *Operations research*, [S.l.], v. 56, n. 1, p. 48-58, dez. 2008. [doi:10.1287/opre.1070.0460](https://doi.org/10.1287/opre.1070.0460).
- BATTESE, G.; COELLI, T. Identification of the factors which influence the technical inefficiency of Indian farmers. *Australian Journal of Economics*, [S.l.], v. 40, n. 2, p. 103-128, ago. 1996.

BRASIL. Decreto-lei n.º 10696, de 2 de julho de 2003. Dispõe sobre a repactuação e o alongamento de dívidas oriundas de operações de crédito rural, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 jul. 2003. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/L10.696.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.696.htm)>. Acesso em 05 jun. 2017.

BRASIL. Decreto n.º 11326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Rurais Familiares. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 25 de julho de 2006. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm)>. Acesso em: 28 ago. 2017.

BRASIL. Decreto-lei n.º 11947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as Leis n.ºs 10.880, de 9 de junho de 2004, 11.273, de 6 de fevereiro de 2006, 11.507, de 20 de julho de 2007; revoga dispositivos da Medida Provisória n.º 2.178-36, de 24 de agosto de 2001, e a Lei n.º 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 jun. 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm)>. Acesso em 05 jun. 2017.

BRITTO, W. S. F. Análise da viabilidade financeira da agricultura orgânica versus agricultura convencional: o caso da manga no submédio do vale do São Francisco. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA E RURAL, 48.º, 2010, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: [s.n], 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/01O045.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

BUQUEIRA, R. B. *A agroecologia e os serviços ecossistêmicos: um estudo de caso nos assentamentos no município de Iperó/SP*. 2015. 126 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras.

CALLAN, S. J. THOMAS, J. M.; *Economia ambiental: aplicações, políticas e teorias*. São Paulo: Cengage Learning, 2010, 556 p.

CARVALHO, Y. M. C.; KUHN, V. L. Agricultura Familiar no estado de São Paulo: política e condições econômicas. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 29, n. 8, ago. 1999. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/ie/1999/tec2-0899.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

CHINWUBA, P. I.; EMMANUEL, O. I. Determinants of yam production and economic efficiency among small-holder farmers in southeast of Nigeria. *Journal of Central European Agriculture*, Croatia, v. 7, n. 2, p. 337-342, out. 2006. Disponível em: <<http://hrcak.srce.hr/17367>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

DULLEY, R. D. Agricultura orgânica, biodinâmica, natural, agroecológica ou ecológica? *Informações econômicas*, São Paulo, v. 33, n. 10, p. 96-99, out. 2003. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/OUT/publicacoes/pdf/seto3-1003.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

FRANCO, F. S. et al. Curso de agronomia com ênfase em Agroecologia e sistemas rurais sustentáveis - UFSCar/PRONERA/INCRA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7., 2011, Fortaleza. *Resumos...* Fortaleza, [s.n], 2011. v.6, n.2, p. 12017.

GUIDUCCI, R. do C. N.; LIMA FILHO, J. R. de; MOTA, M. M. *Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários*. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

GRIFFIN, R. C.; MONTGOMERY, J. M.; RISTER, M. E. Selecting Function Form in Production Function Analysis. *Western Journal of Agricultural Economics*, Milwaukee, v. 12, n. 12, p. 216-227, dez. 1987. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/40987872>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W., Agricultural Productivity Differences among Countries. *The American Economic Review*, USA, v. 60, n. 5, p. 895-911, dez. 1970. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1818289>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA. *Sistema Nacional de Cadastro Rural: Índices Básicos de 2013*. Brasília, 2013.

KAWAGOE, T.; HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. The intercountry Agricultural Production Function and Productivity Differences among Countries. *Journal of Development Economics*, North-Holland, v. 19, n. 1-2, p. 113-132, out. 1985. [doi:10.1016/0304-3878\(85\)90041-0](https://doi.org/10.1016/0304-3878(85)90041-0).

KUMBHAKAR, S. C.; LOVELL, C. A. K. *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 343 p.

KUMBHAKAR, S. C.; WANG, H.; HORNCastle, A. P. *A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata*. New York: Cambridge University Press, 2015.

MARTINE, G. A. Trajetória da Modernização Agrícola: A quem se beneficia? *Lua Nova*, São Paulo, n. 23, mar. 1991. [doi:10.1590/S0102-64451991000100003](https://doi.org/10.1590/S0102-64451991000100003).



MATHJIS, E.; SWINNEN, J. F. M., Production organization and efficiency during transition: an empirical analysis of east German agriculture. *Policy Research Group Working Paper*, [S.l.], n. 7, 1997. Disponível em: <<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/31869/1/prg-wp07.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

MOREIRA, R. J. Críticas Ambientalistas à Revolução Verde. *Estudos Sociedade e Agricultura*, Rio de Janeiro, n. 15, p. 39-42, out. 2000.

MUTUANDO, INSTITUTO GIRAMUNDO. *A Cartilha Agroecológica*. Botucatu: Criação, 2005.

NASCIMENTO, J. S.; LOPES, P. R.; FRANCO, F. S. Caracterização socioeconômica e ambiental de sistemas agroflorestais na região de Cananeia-SP: um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7., 2011, Fortaleza. *Resumos...* Fortaleza, [s.n], 2011. v.6, n.2, p. 12018.

NAVARRO, Z. A agricultura familiar no Brasil: entre a política e as transformações da vida econômica. In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E.; NAVARRO, Z. (Org.). *A Agricultura Brasileira: desempenho, desafios e perspectivas*. Brasília: Ipea, 2010. cap. 7.

PAVELESCU, F. M. Some aspects of translog production function estimation. *Romanian Journal of Economics*, Bucharest, v. 32, n. 1, p. 131-150, jan. 2011. Disponível em: <<http://revecon.ro/articles/2011-1/2011-1-8.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. *Microeconomia*. Tradução de Eleutério Prado e Thelma Guimarães. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. p. 158-248.

SÃO PAULO (Estado). Assembléia Legislativa. *Merenda Escolar com Produtos da Agricultura Familiar*. São Paulo: 2009. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=288019>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

SEYOUM, E. T.; BATTESE, G. E.; FLEMING, E. M. Technical efficiency and productivity of maize producers in eastern Ethiopia: a study of farmers within and outside the Sasakawa-Global 2000 project. *Journal of Agricultural Economics*, Malden, v. 19, n. 3, p. 341-348, dez. 1998. [doi:10.1016/S0169-5150\(98\)00037-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5150(98)00037-1).

TAUER, L. W.; MISHRA, A. K. Can the small dairy farm be competitive in US agriculture? *Food Policy*, New York, v. 31, n. 5, p. 458-468, out. 2006. [doi:10.1016/j.foodpol.2005.12.005](https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2005.12.005).

THERIAULT, V.; SERRA, R., Institutional Environment and Technical Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis of Cotton Producers in West Africa. *Journal of Agricultural Economics*, Malden, v. 65, n. 2, p. 383-405, jan. 2014. [doi:10.1111/1477-9552.12049](https://doi.org/10.1111/1477-9552.12049).

THERIAULT, V.; SERRA, R. Institutional Environment and Technical Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis of Cotton Producers in West Africa. *Journal of Agricultural Economics*, Malden, v. 65, n. 2, p. 383-405, jan. 2014. [doi:10.1111/1477-9552.12049](https://doi.org/10.1111/1477-9552.12049).

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. *Economia ambiental: aplicações, políticas e aplicações*. São Paulo: Cengage Learning, 2014. cap. 2.

WEINÄRTNER, M. A.; ALDRIGHI, C. F. S.; MEDEIROS, C. A. (Org.). *Práticas agroecológicas: adubação orgânica*. Rio Grande do Sul: Embrapa Clima Temperado, 2006. Disponível em: [http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/903698/1/Adu\\_bacaoorganica.pdf](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/903698/1/Adu_bacaoorganica.pdf). Acesso em: 17 Ago. 2017.

## ANEXO

**Tabela A1. Estimação do modelo Cobb-Douglas restrito**

| Nome          | parâmetro | Valor        | Erro Padrão |
|---------------|-----------|--------------|-------------|
| <i>larea</i>  | $\beta_1$ | 0,0222607*** | 1,20E-05    |
| <i>lmdo</i>   | $\beta_2$ | 1,07791***   | 4,14E-06    |
| <i>ladubo</i> | $\beta_3$ | 0,0686464*** | 4,25E-06    |
| <i>ldef</i>   | $\beta_4$ | -0,0235***   | 3,61E-06    |
| <i>lsem</i>   | $\beta_5$ | 0,0357795*** | 3,04E-06    |
| <i>lk</i>     | $\beta_6$ | 0,0108212*** | 3,51E-06    |
| <i>lrt</i>    | Var. Dep  | -            | -           |

\*, \*\*, \*\*\*: significativo a 10%, 5% e a 1%.

Fonte: Elaboração própria.