**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Determinantes da eficiência técnica da agricultura: um estudo para
as culturas de milho e soja no Brasil**

Pedro Soares

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Economia Aplicada

**Piracicaba
2016**

Pedro Soares
Bacharel em Ciências Econômicas

Determinantes da eficiência técnica da agricultura: um estudo para as culturas de milho e soja no Brasil

Orientador:
Prof. Dr. **HUMBERTO FRANCISCO SILVA**
SPOLADOR

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Economia Aplicada

Piracicaba
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Soares, Pedro

Determinantes da eficiência técnica da agricultura: um estudo para as culturas de milho e soja no Brasil/ Pedro Soares. - - Piracicaba, 2016.

96 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Agricultura 2. Eficiência técnica 3. Fronteira estocástica 4. Microdados. I. Título

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo apoio incondicional e por todo o esforço empreendido para minha formação. Aos meus irmãos pela amizade e alegria da convivência. A Marcela pelo companheirismo, amor, paciência e motivação desde a graduação.

Ao Prof. Humberto pela confiança, paciência, apoio e inúmeros ensinamentos. Sua orientação e suas valiosas sugestões foram essenciais ao meu desenvolvimento acadêmico e à realização deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Paulo Cidade, Prof. Cassiano Bragagnolo e Daniel Sonoda pelos valiosos comentários no exame de qualificação.

Ao Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo e todo seu corpo funcional, em especial ao José Alberto Ângelo e Marli Dias Mascarenhas, e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, particularmente ao Luis Carlos Pinto, Glaucia Ferreira e Carlos Lessa, pela autorização para utilizar os dados do LUPA e Censo Agropecuário e por toda a infraestrutura fornecida para a realização deste estudo.

Ao Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP e às secretarias do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, em especial à Maielli e Aline sempre dispostas a ajudar os alunos. Agradeço, também, aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada pela convivência durante o mestrado.

Agradeço, por fim, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes pelo auxílio financeiro ao longo de todo o curso.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	15
1. INTRODUÇÃO	17
2. DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA AGRICULTURA PAULISTA NAS CULTURAS DE SOJA E MILHO	19
RESUMO	19
ABSTRACT	19
2.1. INTRODUÇÃO	19
2.2. REVISÃO DE LITERATURA	22
2.3. METODOLOGIA	25
2.3.1. <i>Base de dados</i>	26
2.4. RESULTADOS	29
2.4.1. <i>Estimativas da eficiência técnica para a cultura do milho</i>	29
2.4.2. <i>Estimativas da eficiência técnica para a cultura de soja</i>	36
2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
3. DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA AGRICULTURA BRASILEIRA	47
RESUMO	47
ABSTRACT	47
3.1. INTRODUÇÃO	48
3.2. REVISÃO DE LITERATURA	50
3.3. METODOLOGIA	51
3.3.1. <i>Eficiência técnica</i>	51
3.3.2. <i>Base de dados</i>	53
3.4. RESULTADOS	61
3.4.1. <i>Estimativas para a cultura de milho</i>	62
3.4.2. <i>Estimativas para a cultura de soja</i>	69
3.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
4. CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS	83
ANEXOS	85

RESUMO

Determinantes da eficiência técnica da agricultura: um estudo para as culturas de milho e soja no Brasil

O setor agropecuário brasileiro apresentou nas últimas décadas elevadas taxas de crescimento da produtividade total dos fatores (PTF). Conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016), as culturas de milho e soja situam-se entre as principais cadeias produtivas da agropecuária brasileira, caracterizando o Brasil como um dos principais produtores mundiais dessas culturas. Entretanto, as produtividades médias das culturas de milho e soja observadas em diversas regiões do território nacional apresentam-se aquém daquelas observadas em outros países produtores, indicando que ganhos de eficiência produtiva ainda são possíveis. Nesse sentido, o presente trabalho, utilizando a metodologia de fronteira estocástica apresentada por Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015), estimou a eficiência técnica dos produtores de milho e soja no Brasil incluindo na análise variáveis institucionais e agronômicas. Foram realizadas duas análises da eficiência técnica, uma considerando apenas os produtores do estado de São Paulo, a partir dos microdados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA), realizado pelo Instituto de Economia Agrícola no ano safra 2007/2008, e a segunda análise examinando a eficiência técnica em todo o país, utilizando os microdados do Censo Agropecuário 2006 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Os principais resultados estimados revelaram que os produtores de milho são, na média, tecnicamente menos eficientes que os produtores de soja. Foi observado, também, a importância de técnicas modernas de manejo, como plantio direto, colheita mecanizada e manejo integrado de pragas, e do nível de instrução do produtor como determinantes da eficiência na produção de ambas as culturas no país.

Palavras-chave: Agricultura, Eficiência técnica, Fronteira estocástica, Microdados.

ABSTRACT

Determinants of technical efficiency in agriculture: a study for corn and soybean crops in Brazil

In the last decades, the Brazilian agricultural sector presented high rates of growth of total factor productivity (TFP). According to data from the National Supply Company (CONAB, 2016), corn and soybean crops are among the main productive chains of Brazilian agriculture, characterizing Brazil as one of the main producers of these crops worldwide. However, the average yields of corn and soybean crops observed in several regions of the national territory are lower than those obtained in the other producing countries, indicating that gains in productive efficiency are still possible. In this sense, the present work, using the stochastic frontier methodology presented by Kumbhakar, Wang and Horncastle (2015), analyzed the technical efficiency of corn and soybean producers in Brazil, including in the analysis institutional and agronomic variables. Two analyzes of the technical efficiency were carried out, the first one considering only the producers within the state of São Paulo, based on the microdata of the Censitary Survey of Agricultural Production Units (LUPA), conducted by the Institute of Agricultural Economics in the 2007/2008 crop year, and the second was an analysis to estimate the technical efficiency throughout the country, using the microdata of the Agricultural Census 2006 of the Brazilian Institute of Geography and Statistics - IBGE. The main estimated results showed that corn producers are, on average, technically less efficient than soybean producers. It was also observed the importance of modern management techniques such as tillage, mechanized harvesting and integrated pest management, and the producer level of education for the agricultural efficiency gains in the country.

Palavras-chave: Agriculture, Technical efficiency, Stochastic frontier, Microdata.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PRODUTIVIDADE MÉDIA DOS ESTADOS SELECIONADOS E DO BRASIL PARA A CULTURA DA SOJA.....	21
FIGURA 2. PRODUTIVIDADE MÉDIA DOS ESTADOS SELECIONADOS E BRASIL PARA A CULTURA DE MILHO.....	22
FIGURA 3. EFICIÊNCIA TÉCNICA MÉDIA DOS PRODUTORES DE MILHO AO NÍVEL MUNICIPAL E DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	35
FIGURA 4. EFICIÊNCIA TÉCNICA MÉDIA DOS PRODUTORES DE SOJA AO NÍVEL MUNICIPAL E DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	40
FIGURA 5. EFICIÊNCIA TÉCNICA ORIENTADA PARA O PRODUTO	52
FIGURA 6. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL NÚMERO DE ESTABELECIMENTOS - MILHO EM GRÃO	54
FIGURA 7. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL PRODUÇÃO - MILHO EM GRÃO	55
FIGURA 8. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL PRODUTIVIDADE MÉDIA - MILHO EM GRÃO	56
FIGURA 9. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL NÚMERO DE ESTABELECIMENTOS - SOJA EM GRÃO ..	57
FIGURA 10. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL PRODUÇÃO - SOJA EM GRÃO	58
FIGURA 11. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL PRODUTIVIDADE MÉDIA - SOJA EM GRÃO	59

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. VARIÁVEIS UTILIZADAS – PROJETO LUPA	27
TABELA 2. ESTIMATIVAS DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO E INEFICIÊNCIA TÉCNICA – MILHO	30
TABELA 3. CLASSES DE EFICIÊNCIA - MILHO	34
TABELA 4. ESTATÍSTICAS DE EFICIÊNCIA SEGUNDO CLASSES DE TAMANHO – MILHO	36
TABELA 5. ESTIMATIVAS DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO E INEFICIÊNCIA TÉCNICA – SOJA	37
TABELA 6. CLASSES DE EFICIÊNCIA - SOJA	40
TABELA 7. ESTATÍSTICAS DE EFICIÊNCIA SEGUNDO CLASSES DE TAMANHO – SOJA	41
TABELA 8. VARIÁVEIS UTILIZADAS – CENSO AGROPECUÁRIO	59
TABELA 9. RESULTADOS ESTIMATIVAS DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO E INEFICIÊNCIA TÉCNICA – MILHO	62
TABELA 10. ESTIMATIVAS DE EFICIÊNCIA POR GRANDE REGIÃO E BRASIL - MILHO	67
TABELA 11. ESTIMATIVAS DE EFICIÊNCIA POR TIPO DE PRODUTOR – MILHO	68
TABELA 12. ESTIMATIVAS DE EFICIÊNCIA POR CLASSE DE RENDA DO PRODUTOR – MILHO	69
TABELA 13. RESULTADOS ESTIMATIVAS DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO E INEFICIÊNCIA TÉCNICA – SOJA	70
TABELA 14. ESTATÍSTICAS DE EFICIÊNCIA POR GRANDE REGIÃO E BRASIL – SOJA	74
TABELA 15. ESTATÍSTICAS DE EFICIÊNCIA POR TIPO DE PRODUTOR – SOJA	75
TABELA 16. ESTATÍSTICAS DE EFICIÊNCIA POR CLASSE DE RENDA DO PRODUTOR – SOJA	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATER	Assistência Técnica Rural
CATI	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
CD	<i>Cobb-Douglas</i>
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo
LUPA	Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MIP	Manejo Integrado de Pragas
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
Pronaf	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PTF	Produtividade total dos fatores
SAA	Secretaria de Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo
SPD	Sistema de plantio direto
TE	<i>Technical Efficiency</i>
TR	Translog
UPA	Unidade de produção agropecuária
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>

1. INTRODUÇÃO

O setor agrícola apresentou no período pós Segunda Guerra Mundial inúmeras transformações estruturais, decorrentes do processo de modernização do campo, com a difusão do uso de máquinas, insumos e técnicas mais produtivas de cultivo, que proporcionaram ganhos de produtividade ao nível mundial (NUNES, 2007).

Conforme observou Stuker (2003), a agricultura brasileira, a partir da década de 1960, analisou que as mudanças estruturais foram resultado do processo de modernização da agricultura e da criação de políticas públicas que fomentaram o desenvolvimento da agropecuária no país. Entretanto, Ferreira (2003) ressaltou que o processo de desenvolvimento da agricultura brasileira não ocorreu de modo homogêneo no país, concentrando-se especialmente a região centro-sul.

Essas mudanças presenciadas no setor agrícola brasileiro proporcionaram elevadas taxas de crescimento da produtividade total dos fatores do setor. De acordo com Fuglie, Wang e Ball (2012), a produtividade agrícola brasileira cresceu a elevadas taxas anuais nas últimas três décadas, resultado dos investimentos em pesquisa agrícola, reformas institucionais e da maior utilização de tecnologia estrangeira.

Gasques, Bastos, Valdes e Bacchi (2013) observam que, no período entre 1975 e 2011, a produtividade média dos grãos no Brasil cresceu a taxas elevadas, quando comparadas com o observado em outros países produtores. Como informou o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2012), entre os anos de 1970 e 2011 a produtividade média das lavouras de grãos passou de 783 kg para 3.173 kg/hectare.

Dentre as principais cadeias produtivas da agropecuária brasileira as culturas de soja e milho configuram-se como dois dos principais segmentos econômicos do agronegócio, classificando o país como o segundo maior produtor mundial de milho e soja (CONAB, 2016).

Entretanto, comparativamente aos índices médios de produtividade observados nos demais países produtores dessas culturas, a produtividade brasileira tem apresentado um significativo potencial de crescimento¹.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é analisar os determinantes da eficiência técnica da agricultura ao nível estadual no Brasil, aplicando a metodologia de fronteira estocástica para analisar as produções de soja e milho no estado de São Paulo e, em uma segunda análise, dos demais estados brasileiros agregados por região geográfica. Para a

¹ Para efeito de comparação, em 2016 a produtividade dos Estados Unidos, maior produtor mundial das culturas, era de 10.545 kg/ha e 3.228 kg/ha para o milho e soja, respectivamente. Já a produtividade do milho segunda safra e da soja no Brasil era, respectivamente, 4.864 kg/ha e 2.882 kg/ha (CONAB, 2016) (USDA, 2016).

análise específica da agricultura paulista, optou-se por utilizar os microdados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA), produzido pelo Instituto de Economia Agrícola no ano safra 2007/2008 (o mais recente disponível). Já a análise ao nível nacional utilizou os microdados do Censo Agropecuário 2006 publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Especificamente pretende-se:

- Analisar os determinantes da eficiência técnica das produções de soja e milho no estado de São Paulo a partir de dados do LUPA;
- Avaliar a eficiência técnica das produções de soja e milho, utilizando os microdados do Censo Agropecuário de 2006 publicado pelo IBGE, ao nível das regiões geográficas do país.

O presente trabalho se justifica pela relevante participação da produção de milho e soja na produção agrícola brasileira, pelos recentes ganhos de produtividade observados nessas culturas e pelos ganhos potenciais de produtividade e eficiência ainda possíveis para as culturas.

Além dessa introdução e da conclusão geral, este trabalho está organizado na forma de dois artigos. O primeiro artigo apresenta as estimativas da eficiência técnica apenas para os produtores de milho e soja do estado de São Paulo, utilizando os microdados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA). O segundo artigo, por sua vez, analisa a eficiência para as culturas de milho e soja em todo o país, utilizando os microdados do Censo Agropecuário 2006.

2. DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA AGRICULTURA PAULISTA NAS CULTURAS DE SOJA E MILHO

Resumo

O presente artigo analisou a eficiência técnica dos produtores paulistas de soja e milho, utilizando os microdados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuárias do Estado de São Paulo, realizado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento, para o ano safra 2007-2008 (último censo disponível). Os resultados estimados, por meio de fronteira estocástica, indicaram que os produtores paulistas de soja são tecnicamente mais eficientes do que os produtores de milho. Dentre as variáveis que mais contribuíram para promover a eficiência dos produtores de milho e soja destacam-se a alta e média aptidão do solo, clima e relevo, o manejo integrado de pragas, plantio direto, nível de instrução, adubação verde e colheita mecanizada.

Palavras-chave: Agricultura, Eficiência técnica; Fronteira estocástica; Microdados

Abstract

This article analyzes the technical efficiency of soybeans and corn's producers in the state of Sao Paulo, using microdata from the Census Survey of Agricultural Production Units of São Paulo, published by the Secretariat of Agriculture and Supply, for the crop year 2007-2008 (last Census available). The estimated results through stochastic frontier methods suggests that the soybean producers are technically more efficient than the corn producers are. Among the variables that more contributed to promote the efficiency of corn and soybean are the high and medium land, climate and relief suitability, integrated pest management, tillage, educational level, green fertilizing and mechanical harvesting.

Keywords: Agriculture, Technical efficiency; Stochastic frontier; Microdata

2.1. Introdução

O setor agropecuário brasileiro apresentou recentemente significativos ganhos de produtividade, assegurando a crescente inserção do país no mercado agrícola internacional, especialmente com a produção de grãos (CONCEIÇÃO, CONCEIÇÃO, 2014). Helfand, Magalhães e Rada (2015) informaram que, ao longo das últimas duas décadas, o Brasil foi um dos países que apresentou taxas mais elevadas de crescimento da produtividade total dos fatores (PTF) do setor agrícola, e mencionando alguns resultados da literatura,

destacaram alguns dos principais determinantes para este crescimento, como: investimentos públicos em pesquisa agrícola, infraestrutura de transportes, diferencial de taxas de crescimento de produtividade entre lavoura e pecuária, e a expansão da produção para a região de Cerrado. Os autores ainda ressaltaram que, no período entre 1985-2006, as maiores taxas de crescimento da produtividade total dos fatores ocorreram nas menores (no intervalo de 0 a 5 hectares) e maiores propriedades (acima 500 hectares), sendo que os pequenos produtores foram os que obtiveram as maiores taxas de progresso técnico.

Segundo Hirakuri e Lazarotto (2014), a produção de soja está entre as atividades que apresentaram elevadas taxas de crescimento, resultado esse que os autores atribuíram essencialmente a três fatores: crescimento do mercado internacional, uso de novas de tecnologias, e uso da soja como fonte de proteína vegetal utilizada para o atendimento da demanda relacionada a produtos de origem animal. Somente nas duas últimas décadas, a produção nacional de grãos mais do que duplicou, alcançando 205,5 milhões de toneladas em 2015. Tal expansão ocorreu, principalmente, devido a ganhos de eficiência dos produtores (CONAB, 2016).

As cadeias produtivas de soja e milho estão entre os segmentos econômicos de maior relevância para o agronegócio brasileiro, com uma produção estimada de 95,6 e 76,2 milhões de toneladas, respectivamente, para a safra 2015-16, fato esse que faz do Brasil o segundo maior produtor mundial de milho e soja, atrás apenas dos Estados Unidos (CONAB, 2016). Conforme Hirakuri e Lazzarotto (2014), somente a produção de soja equivale a 52,9% da área destinada ao cultivo de grãos no país, sendo os estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás os quatro principais produtores nacionais.

Apesar da baixa representatividade no PIB agrícola paulista, ambas as culturas possuem importância estratégica para a segurança alimentar no estado de São Paulo, sendo utilizadas diretamente na alimentação, como óleos ou grãos, ou indiretamente, como ração animal. Por outro lado, observa-se que as culturas de milho e soja obtiveram nas últimas décadas expressivos ganhos de produtividade, que foram resultado da adoção de novas tecnologias, transmissão de conhecimentos, qualificação da mão de obra, além de mudanças no ambiente institucional e econômico.

A produtividade média da soja observada no estado de São Paulo tem se mostrado, nos últimos anos, próxima daquela verificada nos maiores estados produtores, como Mato Grosso, Paraná, e acima da produtividade observada nos estados do Rio Grande do Sul e Goiás, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1. Produtividade média dos estados selecionados e do Brasil para a cultura da soja
 Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da CONAB (2016).

Apesar da alta produtividade paulista, a rentabilidade da cultura de soja no estado de São Paulo não compete com as lavouras da região Centro-Oeste pois, como destaca a Federação da Agricultura e Pecuária do estado de São Paulo “O clima, os ganhos de escala e o menor valor das terras naquela região conferem uma maior rentabilidade à produção da região Centro-Oeste” (FAESP, 2016).

Em relação à cultura de milho, como ilustra a Figura 2, apesar da produtividade no estado de São Paulo ter acompanhado a tendência de crescimento observada nos principais estados produtores, a produtividade de São Paulo ficou abaixo do observado naqueles estados, e ligeiramente acima da média nacional.

Figura 2. Produtividade média dos estados selecionados e Brasil para a cultura de milho

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da CONAB (2016).

Tendo em vista a escassez de estudos regionais sobre os determinantes da produtividade agrícola, estudos empíricos que identifiquem os principais entraves para os ganhos de eficiência técnica na agricultura ainda se fazem necessários, a fim de produzir informações que garantam a competitividade do setor nos mercados doméstico e internacional, e seu crescimento sustentado de longo prazo.

O objetivo deste trabalho é analisar os determinantes de eficiência técnica da agricultura ao nível estadual no Brasil, aplicando a metodologia de fronteira estocástica para analisar as produções de soja e milho no estado de São Paulo. Os trabalhos sobre o tema na literatura nacional têm utilizado o Censo Agropecuário, cuja última publicação ocorreu em 2006. Por se tratar de uma análise da agricultura paulista, optou-se por utilizar os microdados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA), produzido pelo Instituto de Economia Agrícola no ano safra 2007/2008 (último período com informações disponíveis). O presente artigo está dividido em cinco seções. A próxima seção apresenta uma breve revisão de literatura. A terceira seção apresenta o referencial metodológico; a quarta expõe os principais resultados e discussões. Por fim, a seção cinco contém as considerações finais.

2.2. Revisão de literatura

São diversos os trabalhos na literatura econômica que têm destacado o elevado crescimento da produtividade total dos fatores da agricultura brasileira. As estimativas de

Gasques *et al.* (2015) mostram um crescimento da PTF de 3,53% ao ano no período 1975 a 2014; no subperíodo 2000/2014, a taxa anual média de crescimento da PTF estimada pelos autores foi de 4,01% ao ano. Gasques *et al.* (2015) ainda observaram uma mudança na tendência de crescimento da PTF a partir de 1998, que os autores atribuíram aos seguintes fatores: crescimento da produtividade mundial, alteração da política agrícola e efeitos da estabilização monetária, adoção de novas tecnologias e preço dos insumos. Dentre as tecnologias que contribuíram para o crescimento da produtividade, aqueles autores mencionaram a viabilização da segunda safra de verão, o desenvolvimento de resistência genética às principais doenças, e o plantio direto na palha. Em um trabalho com foco no estado de Minas Gerais, Campos, Coelho e Gomes (2012) verificaram, a partir de dados do Censo Agropecuário de 2006, o impacto positivo de práticas agropecuárias como plantio em nível e terraços para a eficiência da produção agrícola dos municípios daquele estado.

Contini *et al.* (2010) observaram que entre 1975 e 2010, as cinco principais culturas de grãos (soja, milho, feijão, arroz e trigo) apresentaram uma taxa anual média de crescimento da produção da ordem de 3,66% ao ano, sendo o aumento da produtividade da ordem de 2,95% ao ano. Para os autores, os principais instrumentos que contribuíram para a modernização do setor agrícola brasileiro foram basicamente o crédito rural, os investimentos em ciência e tecnologia e a extensão rural pública e privada (em período mais recente). Fatores adicionais para o aumento da eficiência do setor, segundo os autores, foram a oferta abundante de fatores de produção, destacadamente terras baratas e mecanizáveis, a maior disponibilidade de insumos modernos, e o empreendedorismo dos produtores rurais. Em relação à evolução da produtividade das culturas de soja e milho, Contini *et al.* (2010) mostraram que a soja teve, entre 1975 e 2010, uma expansão anual da área de 3,58%, a produção cresceu em média 5,55% ao ano e a produtividade 1,90% ao ano; o milho, por sua vez, teve um crescimento anual de área de 0,38% ao ano, a produção de 3,43% ao ano, e a produtividade 3,04% ao ano.

Rivera e Constantin (2007), utilizando técnicas paramétricas e não paramétricas de estimação de eficiência técnica, mensuraram a produtividade total dos fatores das lavouras brasileiras de arroz, feijão, milho, soja e trigo, para os anos de 2001 a 2006. Os autores não observaram ganhos de eficiência para o período analisado nas culturas selecionadas. Além disso, as regiões Nordeste, Norte, Sudeste, Sul e Centro-Oeste apresentaram, respectivamente, os maiores graus relativos de eficiência. Investigando o impacto dos fatores de produção e institucionais para a eficiência agrícola, Rivera e Constantin (2007) apontaram que o fator terra e o crédito agrícola atuaram como elementos aumentadores de eficiência, enquanto os defensivos agrícolas e aplicação de calcário não explicaram, significativamente, a produtividade agrícola brasileira para o período analisado.

Analisando o crescimento da produtividade do setor agrícola, Carvalho, Laureto e Pena (2015), mostraram que a produtividade do setor cresceu aproximadamente 55% entre 1990 e 2012, sendo que em 1990 a produtividade do setor era de 9,25 toneladas por hectare, e em 2012 atingiu a produção de 14,32 toneladas por hectare. A região Sudeste foi a que apresentou a maior produtividade no estudo dos autores, tendo atingido a produção de 30,75 toneladas por hectare.

Helfand e Levine (2004) aplicaram a metodologia de análise envoltória de dados com informações do Censo Agropecuário de 1995/96 para estudar os determinantes da eficiência técnica, e a relação entre tamanho das unidades produtivas e eficiência no Centro-Oeste brasileiro. A relação encontrada entre o tamanho das unidades produtivas e eficiência foi não linear, com a eficiência diminuindo e então aumentando conforme as dimensões das unidades. Entre os determinantes das diferenças de eficiência entre propriedades rurais os autores destacaram: tipo de posse de terra, acesso à infraestrutura e eletricidade, e mercado de insumos modernos (irrigação e fertilizantes).

O estudo de Helfand, Magalhães e Rada (2015) estimou um crescimento anual médio da PTF agrícola no Brasil, entre 1985 e 2006 da ordem de 1,74%, composta por 5% de progresso técnico e -3,26% de mudança na eficiência técnica. Na região Sudeste, segundo os autores onde 61% do produto agrícola regional é gerado nas maiores propriedades (entre 100 e 500 hectares, e acima de 500 hectares), embora 87% das propriedades rurais possuam até 100 hectares, o crescimento da PTF no período foi estimado em 1,52% ao ano, sendo composto por 4,25% de progresso técnico e -2,73% de mudança na eficiência técnica.

Ao nível das unidades produtivas, os resultados de eficiência técnica proporcionam informações importantes para decisões de gestão ao nível da firma, e na implementação de políticas públicas (Guesmi, Serra e Featherstone, 2015). Na literatura econômica, duas metodologias têm se destacado na avaliação de eficiência técnica segundo Guesmi, Serra e Featherstone (2015); uma é a análise de fronteira estocástica, e a outra é a análise envoltória de dados. De acordo com os autores, a vantagem de uma fronteira de produção estocástica é avaliar a performance do processo de produção envolvendo variáveis aleatórias, o que é particularmente relevante no caso da agricultura, visto a influência de inúmeros fatores que não são controlados pelos produtores, como o clima, por exemplo.

Guesmi e Serra (2015) argumentaram que as medidas de eficiência técnica têm sido utilizadas para avaliar a performance econômica e ambiental de firmas agrícolas, uma vez que sistemas agrícolas intensivos têm impactos gerando poluição, perda de biodiversidade e sobre utilização de recursos naturais. Nesse sentido, os autores enfatizaram que as medidas de eficiência técnica podem subsidiar políticas para incentivar a redução do uso de produtos químicos, e aumentar o uso de melhores práticas ambientais.

Um exemplo disso pode ser observado no artigo de Bravo-Ureta e Evenson (1994), que verificaram que ganhos de produção, por meio de crescimento da produtividade, tornaram-se cada vez mais importantes para o Paraguai, uma vez oportunidades para adicionar novas terras para a lavoura estava diminuindo significativamente. Em um outro trabalho, Bravo-Ureta et al. (2011), a partir de um estudo para Honduras, verificaram que aqueles produtores que pertencem a grupos organizados, recebem assistência técnica, adotam produção diversificada e utilizam práticas ecológicas, e têm maior possibilidade de participarem de programas de gestão de recursos naturais, o que é uma informação relevante para a formulação e implementação de políticas voltadas para o desenvolvimento rural.

No estado de São Paulo, os dados da CONAB mostram que, entre as safras de 1976/77 e 2014/2015, a área destinada ao cultivo de soja cresceu a uma taxa média de 1,45% ao ano, a produção a uma taxa de 2,77% ao ano e a produtividade a 1,32% ao ano, aproximadamente. Entre as mesmas safras, a área destinada à cultura do milho no estado teve uma redução anual média de 0,99% ao ano, enquanto que a produção cresceu a uma taxa de 1,26% ao ano e a produtividade a uma taxa de 2,25% ao ano.

Este artigo pretende contribuir para a limitada literatura sobre os determinantes da eficiência técnica da agricultura paulista. Diferente de outros estudos na literatura de economia agrícola no Brasil, e baseado nos trabalhos de Theriault e Serra (2014) e Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015), foi estimado um modelo empírico que incluiu variáveis agronômicas e institucionais na tentativa de se captar os potenciais impactos destas variáveis sobre a eficiência técnica da produção de soja e milho no estado de São Paulo, a partir dos mais recentes dados censitários disponíveis.

2.3. Metodologia

Por meio da aplicação de metodologia inicialmente desenvolvida por Aigner *et al.* (1977), e também empregada por Theriault e Serra (2014), conhecida como Análise de Fronteira Estocástica, foi analisado o impacto de variáveis institucionais e agronômicas na eficiência técnica de cada unidade produtiva de soja e milho no estado de São Paulo.

O modelo geral, conforme apresentado por Theriault e Serra (2014), é representado por:

$$Y_i = f(x_i; \beta) + \varepsilon_i = \exp(x_i\beta + \varepsilon_i), i = 1, \dots, N \quad (1)$$

onde Y_i é a produção do i -ésimo produtor, x_i denota um vetor de fatores de produção, β é um vetor de parâmetros desconhecidos a ser estimado, e ε_i um termo de erro, podendo ser reescrito como:

$$\varepsilon_i = v_i - u_i \quad (2)$$

sendo v_i o componente simétrico de erro, com distribuição normal, média zero e variância σ_v^2 , e u_i o termo de ineficiência do produtor, derivado de uma distribuição *half-normal* com média zero e variância σ_u^2 .

Admite-se também que cada v_i seja distribuído independentemente de u_i , e ambos os erros não sejam correlacionados com o vetor de variáveis explanatórias x_i (COELLI *et al.*, 2005).

Reescrevendo o termo de ineficiência técnica define-se:

$$u_i = z_i\delta + w_i \quad (3)$$

onde z_i é um vetor de variáveis do ambiente institucional, δ um vetor de parâmetros desconhecidos a ser estimado, e w_i o erro associado ao termo de ineficiência.

A etapa inicial da estimação, segundo Theriault e Serra (2014), é a especificação da forma funcional da função de produção. Para o presente estudo optou-se pela especificação de uma função *Cobb-Douglas* (eq. 4) em sua forma log-linear, e uma função translog (eq. 5).

$$\ln Y_i = \beta_{0i} + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln x_{ji} - \sum_{j=1}^n \delta_j z_{ji} - w_i + v_i \quad (4)$$

$$\ln Y_i = \beta_{0i} + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln x_{ji} + \frac{1}{2} \sum_j \sum_l \beta_{jl} \ln x_j \ln x_l - \sum_{j=1}^n \delta_j z_{ji} - w_i + v_i \quad (5)$$

O diferencial da função *Cobb-Douglas* na forma log-linear é seu grau de homogeneidade $\beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j$, e o fato de seus coeficientes estimados representarem a elasticidade da produção em relação aos insumos.

Por fim, a partir da estimação dos parâmetros da fronteira de produção, pode ser mensurada a eficiência técnica (TE) de cada produtor. Para tanto, adotou-se a formulação exposta em Coelli *et al.* (2005), como sendo a razão entre a quantidade produzida (variável observada), e a quantidade estimada via fronteira estocástica

$$TE = \frac{q_i}{\exp(x_i'\beta + v_i)} = \frac{\exp(x_i'\beta + v_i - u_i)}{\exp(x_i'\beta + v_i)} = \exp(-u_i) \quad (6)$$

com $0 \leq TE \leq 1$, onde $TE=1$ indica um produtor plenamente eficiente, e $TE=0$ um totalmente ineficiente.

2.3.1. Base de dados

O Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA), realizado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) do estado de São Paulo, e gerenciado pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e Instituto de Economia Agrícola (IEA), fornece informações sobre a produção agrícola dos agricultores paulistas, abrangendo o ano agrícola 2007/2008.

Cada unidade de levantamento, chamada unidade de produção agropecuária (UPA), é definida como

- a) conjunto de propriedades agrícolas contíguas e pertencente ao (s) mesmo (s) proprietário (s);
- b) localizadas inteiramente dentro de um mesmo município, inclusive dentro do perímetro urbano;
- c) com área total igual ou superior a 0,1ha;
- d) não destinada exclusivamente para lazer. (SÃO PAULO, 2008)

O LUPA ainda fornece informações desagregadas sobre o uso do solo, produtividade, características dos produtores rurais e dos estabelecimentos agrícolas, pessoal ocupado nas atividades agrícolas, investimentos em máquinas e equipamentos, entre outras.

Na safra 2007/2008, o milho era produzido em 51.694 unidades de produção agropecuária (UPA) do estado (com uma área equivalente de 667684,57 hectares), o que equivalia a 15,93% do total, enquanto que a soja era produzida em 7.816 UPAs (em 396426,8 hectares), ou 2,41% do total².

As variáveis utilizadas no presente estudo, e suas respectivas unidades, encontram-se na Tabela 1. No Anexo encontram-se tabelas com as frequências das variáveis utilizadas para medir a influência sobre a eficiência técnica das produções de soja e milho, bem como as estatísticas descritivas das variáveis da função de produção.

Tabela 1. Variáveis utilizadas – Projeto LUPA

Variável	Unidade
Produção de soja/milho	Kg
Área cultivada com soja/milho	hectare
Estoque de capital do produtor	R\$ de 2007
Familiares do proprietário que trabalham na UPA	unidades
Mão de obra permanente	unidades
Aptidão do solo/clima/relevo	dummy
Nível de instrução	dummy
Sindicalizado	dummy
Assistência técnica	dummy

² A cana de açúcar foi produzida em 31% das unidades de produção agropecuária no período 2007/2008, o que em termos de área correspondeu a aproximadamente 5,5 milhões de hectares. O relatório do LUPA ainda informou que, em comparação com o levantamento anterior, de 1995/96, o crescimento da área cultivada da cana de açúcar teve um aumento de 90%.

Tabela 1. Variáveis utilizadas

Variável	(conclusão) Unidade
Crédito rural	<i>dummy</i>
Sementes melhoradas	<i>dummy</i>
Manejo integrado de pragas	<i>dummy</i>
Plantio direto	<i>dummy</i>
Conservação de solo	<i>dummy</i>
Colheita mecanizada	<i>dummy</i>
Adubação verde	<i>dummy</i>
Aptidão do solo, clima e relevo	<i>dummy</i>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08) e Sparovek *et al.* (2014).

Visto que o Levantamento não dispõe da informação sobre a quantidade produzida para cada cultura, tal variável foi calculada a partir da multiplicação da produtividade média, informada pelos entrevistados, e área cultivada para cada cultura.

Além disso, o estoque de capital do produtor foi calculado multiplicando-se as quantidades de trator de pneus, colhedeira automotriz, colhedeira acoplada e semeadeira/plantadeira para plantio direto existentes na propriedade rural pelos seus respectivos preços médios³. O preço do trator foi calculado como a média dos valores de um trator novo entre os anos de 2007 e 2008, obtida a partir de dados do Projeto FAPESP2012/51209-4⁴. Os demais preços foram calculados a partir das séries de preços médios mensais pagos pela agricultura, disponibilizadas pelo Instituto de Economia Agrícola, e considerando o período de julho de 2007 e setembro de 2008 (período de realização do LUPA).

A variável para aptidão do solo, clima e relevo, obtida de Sparovek *et al.* (2014) ao nível municipal, segmenta a aptidão em três categorias, baixa, média ou alta, e reflete as características edafoclimáticas para cultivo sem irrigação de culturas anuais e perenes a que os produtores estão expostos.

³ Essa adaptação para o estoque de capital foi necessária, uma vez que o LUPA não divulgou informações sobre o valor do estoque de capital das unidades de produção agropecuária.

⁴ Contribuição da FAPESP ao desenvolvimento da Agricultura Paulista. Projeto FAPESP 2012/51209-4, Relatório Parcial, 2015.

2.4. Resultados

A fim de estimar a eficiência técnica dos produtores paulistas de milho e soja, foram estimadas previamente regressões de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para a função de produção nas especificações *Cobb-Douglas* e translog, considerando apenas os componentes da função de produção e um componente geral de erro aleatório.

A partir das estimativas de mínimos quadrados para o termo de erro, foram realizados testes estatísticos a fim de se verificar a presença de componentes não aleatórios no erro, admitidos como ineficiência técnica.

Verificada a existência de ineficiência técnica, foram estimadas as funções de produção incluindo variáveis de ineficiência, via um modelo de análise de fronteira estocástica.

Para realizar as estimativas das funções de produção e da eficiência técnica dos produtores, foi utilizado o *software* estatístico *Stata* 14, e comandos específicos disponíveis em Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015).

2.4.1. Estimativas da eficiência técnica para a cultura do milho

A verificação de assimetria no termo de erro das estimativas de Mínimos Quadrados Ordinários (ANEXO C) revelou valores negativos para as especificações *Cobb-Douglas* e translog, indicando resíduos assimetricamente distribuídos à esquerda, e contrariando a hipótese de normalidade do erro prevista na regressão de mínimos quadrados.

A fim de verificar a significância estatística do coeficiente de assimetria calculado, foi empregado o teste de normalidade proposto por D'Agostino, Belanger e D'Agostino Jr (1990) *apud* Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015). O resultado permitiu, no intervalo de 99% de significância, a não aceitação da hipótese nula de não haver assimetria nos resíduos da estimação por mínimos quadrados (ANEXO D).

Um segundo teste aplicado aos erros da regressão de mínimos quadrados, conforme Coelli (1995) *apud* Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015), corroborou a validade do modelo de fronteira estocástica, visto que este apresentou valores (-106,39 para função *Cobb-Douglas* e -105,46 para a função translog) muito aquém do valor crítico (1,96), levando novamente à não aceitação da hipótese nula de não assimetria nos resíduos MQO. O teste da razão de verossimilhança (ANEXO D), aplicado para comparar as duas especificações da função de produção, levou à não aceitação da hipótese nula de que não haja diferenças significativas entre os dois modelos, indicando o melhor ajuste aos dados da especificação translog.

A Tabela 2 apresenta os resultados do modelo de fronteira estocástica, considerando as duas especificações estimadas da função de produção.

Tabela 2. Estimativas da função de produção e ineficiência técnica – milho (continua)

Variável	Coeficiente	
	<i>Cobb-Douglas</i>	Translog
<i>fronteira de produção</i>		
constante	8,874 * (0,003)	8,873 * (0,003)
área da cultura	1,026 * (0,001)	1,033 * (0,002)
mão de obra familiar	0,014 * (0,002)	0,019 * (0,005)
mão de obra permanente	0,002 (0,002)	0,018 * (0,006)
estoque de capital	-0,001 ** (0,002)	-0,009 * (0,003)
área da cultura x área da cultura	-	-0,005 * (0,001)
mão de obra familiar x mão de obra familiar	-	-0,015 ** (0,006)
mão de obra permanente x mão de obra permanente	-	0,005 (0,004)
estoque de capital x estoque de capital	-	0,002 * (0,001)
área da cultura x mão de obra familiar	-	0,005 * (0,002)
área da cultura x mão de obra permanente	-	-0,0001 (0,002)
área da cultura x estoque de capital	-	-0,0004 ** (0,0001)
mão de obra familiar x mão de obra permanente	-	-0,007 *** (0,004)
mão de obra familiar x estoque de capital	-	-0,001 (0,0004)
mão de obra permanente x estoque de capital	-	-0,002 * (0,001)
<i>u sigma</i>		
constante	0,148 * (0,025)	0,141 * (0,025)
ATER	0,122 * (0,015)	0,123 * (0,015)
média aptidão	-0,636 * (0,022)	-0,631 * (0,022)

Tabela 2. Estimativas da função de produção e ineficiência técnica – milho
(conclusão)

Variável	Coeficiente	
	Cobb-Douglas	Translog
alta aptidão	-0,490 * (0,021)	-0,485 * (0,021)
manejo integrado de pragas	-0,424 * (0,040)	-0,429 * (0,040)
sementes melhoradas	-0,188 * (0,015)	-0,187 * (0,015)
crédito rural	0,105 * (0,018)	0,106 * (0,018)
sindicalizado	0,110 * (0,016)	0,112 * (0,016)
conservação do solo	-0,055 * (0,016)	-0,052 * (0,016)
plantio direto	-0,279 * (0,025)	-0,287 * (0,025)
colheita mecanizada	-0,538 * (0,016)	-0,536 * (0,016)
adubação verde	-0,129 * (0,024)	-0,130 * (0,024)
primário completo	-0,083 * (0,020)	-0,082 * (0,020)
primeiro grau completo	-0,101 * (0,026)	-0,100 * (0,026)
segundo grau completo	-0,050 *** (0,026)	-0,051 *** (0,026)
curso superior completo	-0,039 (0,025)	-0,042 *** (0,025)
<i>v sigma</i>		
constante	-5,253 * (0,040)	-5,281 * (0,041)
Total de observações	46.728	
Log likelihood	-22.472,53	-22.424,19
Wald chi2	1.338.366	1.539.235
Prob > chi2	0,0000	0,0000
R²	0,9160	0,9163

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

Notas: Dados numéricos arredondados; desvio-padrão entre parênteses.

Estatisticamente significativo nos intervalos de confiança de * 99%, ** 95% e *** 90%.

Os testes aplicados com a soma dos coeficientes da função de produção levaram à não aceitação da hipótese nula, de retornos constantes à escala, para ambas as

especificações da função de produção (ANEXO D). Além disso, a soma dos coeficientes foi de 1,041 e 1,043 para a *Cobb-Douglas* e translog, respectivamente.

Os resultados indicaram, também, a área destinada à cultura e a utilização de mão de obra familiar e permanente como as variáveis de maior impacto para aumentar a produção.

Analisando os elementos do termo de ineficiência técnica, observa-se que o componente que mais contribuiu para reduzir a ineficiência dos produtores paulistas de milho foi a média aptidão do solo, clima e relevo. Marin *et al.* (2008) encontraram resultados similares ao analisar a eficiência da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, constatando que a eficiência produtiva estava fortemente relacionada com aptidão agrícola do solo.

O segundo componente com maior potencial redutor de ineficiência foi o uso de colheita mecanizada. Como Oliveira *et al.* (2007) apresentam, o sistema de colheita mecânica, em relação ao sistema de colheita manual, proporciona menor custo operacional e maior rapidez na realização de operações no campo.

O manejo integrado de pragas (MIP) mostrou-se também como componente relevante para ganhos de eficiência na produção de milho. O MIP é um sistema de integração de várias técnicas de manejo em que o processo de tomada de decisão envolve o uso coordenado de múltiplas táticas, a fim de otimizar o controle de pragas de um modo sustentável e economicamente eficaz (BUENO *et al.*, 2012). Utilizado deste modo, o MIP garante ao produtor uma economia dos recursos produtivos, reduzindo o número de aplicações de inseticidas, a quantidade aplicada, e a demanda por mão de obra e equipamento.

O coeficiente associado à utilização de crédito rural não apresentou sinal esperado, atuando como elemento aumentador de ineficiência técnica. Este resultado, embora não seja esperado, é observado na literatura econômica, visto que Theriault e Serra (2014), utilizando o mesmo referencial metodológico, obtiveram resultados similares para esta variável.

O uso de sementes melhoradas destacou-se, também, como elemento redutor de ineficiência. Segundo Cruz e Pereira Filho (2009), as sementes melhoradas apresentam menor custo relativo e podem, com um manejo adequado, serem reutilizadas sem perda substancial de produtividade.

Ressalta-se que esta variável se refere, basicamente, a sementes melhoradas, mas não geneticamente modificadas, visto que a liberação para comercialização das sementes geneticamente melhoradas ocorreu apenas em agosto de 2007 tendo, portanto, pouca participação na produção do ano safra 2007-2008, ano em que o LUPA foi realizado.

O plantio direto, definido como “o cultivo de sementes sobre resíduos de cobertura vegetal” de modo “que a interferência da mecanização para revolver o solo seja mínima ao

se plantar nova sementes ou mudas” (ITAIPU BINACIONAL, 2015, p. 12) apresentou-se também relacionado com a eficiência técnica. A principal vantagem do plantio direto é sua capacidade de preservar a estrutura física, mineral e os microorganismos do solo, garantindo ganhos de produtividade em relação ao sistema de cultivo convencional (BORTOLETI JUNIOR *et al.*, 2015).

Além disso, outra relevante contribuição do plantio direto foi a de viabilizar economicamente a cultura do milho segunda safra, visto que este surgiu como opção para o produtor no período entressafras, minimizando custos antes destinados à correção do solo no pousio. Neste panorama, o plantio direto contribuiu para a redução do uso de máquinas, mão de obra e combustível para preparação do solo na entressafra, além de diminuir o tempo da terra ociosa, reduzindo o custo de oportunidade do produtor.

Apesar da significativa contribuição à redução da ineficiência técnica dos produtores de milho, apenas 3,01% da amostra utilizada no presente estudo relatou utilizar manejo integrado de pragas, enquanto 9,13% afirmou fazer o plantio direto (ANEXO G).

Os resultados para a variável nível de instrução do produtor foram significativos para todos os níveis de instrução na especificação translog, mas indicaram uma contribuição maior para o aumento da eficiência das classes “primeiro grau completo” (que corresponde ao atual ensino fundamental) e “primário completo”. Tal resultado não diminui a importância da qualificação do produtor, mas pode indicar que, para a cultura de milho no estado, a experiência prévia do produtor com a cultura tenha maior impacto para reduzir a ineficiência técnica.

A adubação verde, uma prática agrícola que utiliza certas espécies de plantas, geralmente leguminosas, em sistemas de rotação, sucessão ou consórcio com a cultura principal (CARVALHO, 2010), apresentou potencial redutor de ineficiência. Silva *et al.* (2014) argumentam que a adubação verde possibilita um volume maior de fitomassa ao solo, aumentando o teor de matéria orgânica disponível e garantindo ganhos de produtividade à cultura. Lázaro *et al.* (2013) expõem, também, que a adubação verde permite uma alta fixação de nitrogênio atmosférico ao solo, nutriente essencial ao desenvolvimento da cultura de milho.

O uso de assistência técnica rural (ATER), pública ou privada, apresentou-se como variável aumentadora de ineficiência. Como revela o ANEXO G, o uso de serviços de ATER pelos produtores paulista de milho foi próximo a 66%, sendo a assistência técnica exclusivamente pública ou pública e privada a forma predominante (cerca de 53%). Tal fato revela uma oferta deficitária do serviço de ATER a esses produtores, além de indicar possivelmente uma baixa qualidade do serviço prestado e/ou sub aproveitamento das orientações fornecidas pela ATER pública. Os impactos da ATER sobre a eficiência da

produção agrícola também podem ser encontrados nos trabalhos de Mariano (2004) e Essilfie, Asiamah e Nimoh (2011).

Agrupando as estimativas da eficiência técnica dos produtores em classes de eficiência, observou-se que a maior parcela dos produtores paulistas de milho encontra-se no intervalo entre 0,6 a 1 tanto para a especificação *Cobb-Douglas*, como para a especificação translog. De modo geral, aproximadamente 56% dos produtores paulistas de milho apresentaram eficiência técnica variando entre 0,6 e 1, conforme os dados da Tabela 3.

Tabela 3. Classes de eficiência - milho

Intervalo	<i>Cobb-Douglas</i>		Translog	
	No	%	No	%
(0 , 0,2]	2.563	5,48	2.570	5,50
(0,2 , 0,4]	6.573	14,07	6.641	14,21
(0,4 , 0,6]	11.405	24,41	11.379	24,35
(0,6 , 0,8]	12.656	27,08	13.157	28,16
(0,8 , 1]	13.531	28,96	12.981	27,78

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

Há de se considerar, entretanto, a relevante parcela de produtores com eficiência entre 0 a 0,6 (em torno de 43%), fato que contribuiu para que a eficiência média dos produtores para o estado tenha sido moderada, de aproximadamente 0,617. Além disso, o valor mínimo observado foi de aproximadamente 0,111 para ambos os modelos, sinalizando que ganhos de eficiência ainda são possíveis.

Uma análise da distribuição espacial da eficiência técnica desses produtores (Figura 3) revelou uma desigual distribuição da eficiência dentro do estado, com alta eficiência nos municípios de Valinhos, Paraíso, Pinhalzinho, Nova Castilho, Holambra, São José do Rio Pardo, Morungaba e Itaberá. Já os municípios de Iporanga, Barra do Turvo, São Sebastião, Santo Antônio do Aracanguá, Caiuá, Rinópolis e Mineiros do Tietê apresentaram os menores níveis de eficiência técnica.

Figura 3. Eficiência técnica média dos produtores de milho ao nível municipal e do estado de São Paulo

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

A Tabela 4 apresenta os resultados para a eficiência técnica distribuídos em intervalos de tamanho da propriedade, seguindo a divisão de Helfand, Magalhães e Rada (2015), a partir da qual observa-se que a eficiência técnica dos estabelecimentos com área até 5 hectares e acima de 500 hectares apresentaram os maiores valores médios para esta variável na especificação translog.

Tabela 4. Estatísticas de eficiência segundo classes de tamanho – milho**Cobb-Douglas**

	0 - 5		5 - 20		20 - 100		100 - 500		> 500	
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
(0 , 0,2]	293	5,19	867	5,06	976	5,65	348	6,20	79	7,42
(0,2 , 0,4]	798	14,15	2.387	13,94	2.456	14,21	791	14,09	141	13,24
(0,4 , 0,6]	1.473	26,11	4.410	25,76	4.068	23,53	1.241	22,11	213	20,00
(0,6 , 0,8]	1.080	19,15	4.251	24,83	5.076	29,36	1.868	33,29	381	35,77
(0,8 , 1]	1.997	35,40	5.207	30,41	4.712	27,26	1.364	24,31	251	23,57
No obs.	5.641		17.122		17.288		5.612		1.065	
Média	0,620		0,616		0,617		0,617		0,616	
Mínimo	0,124		0,119		0,111		0,111		0,117	
Máximo	0,977		0,977		0,975		0,970		0,962	

Translog

	0 - 5		5 - 20		20 - 100		100 - 500		> 500	
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
(0 , 0,2]	290	5,14	867	5,06	984	5,69	350	6,24	79	7,42
(0,2 , 0,4]	798	14,15	2.389	13,95	2.502	14,47	806	14,36	146	13,71
(0,4 , 0,6]	1.459	25,86	4.432	25,88	4.059	23,48	1.234	21,99	195	18,31
(0,6 , 0,8]	1.118	19,82	4.486	26,20	5.283	30,56	1.881	33,52	389	36,53
(0,8 , 1]	1.976	35,03	4.948	28,90	4.460	25,80	1.341	23,90	256	24,04
No obs.	5.641		17.122		17.288		5.612		1.065	
Média	0,622		0,614		0,615		0,618		0,624	
Mínimo	0,124		0,118		0,111		0,113		0,120	
Máximo	0,980		0,980		0,977		0,970		0,962	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

2.4.2. Estimativas da eficiência técnica para a cultura de soja

No caso da soja, após serem realizados os testes de verificação de assimetria nos termos de erros das estimativas de Mínimos Quadrados Ordinários (ANEXO F), foi observada, no intervalo de 99% de significância estatística, a existência de componentes não aleatórios no erro. Além disso, o teste proposto por Coelli (1995) *apud* Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015) apresentou valores (-71,41 para *Cobb-Douglas* e -72,09 para a *translog*) além do valor crítico (1,96). O teste da razão de verossimilhança indicou o melhor ajuste da função *translog*.

Tabela 5. Estimativas da função de produção e ineficiência técnica – soja
(continua)

Variável	Coeficiente	
	Cobb-Douglas	Translog
<i>fronteira de produção</i>		
constante	8,105 * (0,006)	8,157 * (0,012)
área da cultura	1,003 * (0,002)	0,959 * (0,007)
mão de obra familiar	-0,001 (0,004)	0,001 (0,014)
mão de obra permanente	0,021 * (0,004)	0,024 (0,016)
estoque de capital	-0,001 (0,0004)	-0,002 (0,004)
área da cultura x área da cultura	-	0,015 * (0,002)
mão de obra familiar x mão de obra familiar	-	0,036 * (0,014)
mão de obra permanente x mão de obra permanente	-	-0,006 (0,005)
estoque de capital x estoque de capital	-	0,0001 (0,001)
área da cultura x mão de obra familiar	-	-0,008 * (0,003)
área da cultura x mão de obra permanente	-	-0,002 (0,004)
área da cultura x estoque de capital	-	0,0004 (0,0003)
mão de obra familiar x mão de obra permanente	-	-0,004 (0,007)
mão de obra familiar x estoque de capital	-	-0,002 ** (0,001)
mão de obra permanente x estoque de capital	-	0,0003 (0,001)
<i>u sigma</i>		
constante	-0,220 (0,551)	-0,152 (0,550)
ATER	-0,048 (0,053)	-0,045 (0,053)
média aptidão	-1,272 ** (0,557)	-1,321 ** (0,556)
alta aptidão	-1,651 * (0,552)	-1,719 * (0,551)

Tabela 5. Estimativas da função de produção e ineficiência técnica – soja
(conclusão)

Variável	Coeficiente	
	Cobb-Douglas	Translog
manejo integrado de pragas	-0,148 ** (0,077)	-0,158 ** (0,077)
sementes melhoradas	0,041 (0,057)	0,039 (0,057)
crédito rural	0,293 * (0,040)	0,284 * (0,041)
sindicalizado	-0,165 * (0,039)	-0,166 * (0,039)
conservação do solo	0,113 (0,099)	0,093 (0,098)
plantio direto	-0,104 ** (0,043)	-0,105 ** (0,043)
colheita mecanizada	-0,552 * (0,087)	-0,555 * (0,087)
adubação verde	-0,133 ** (0,058)	-0,123 ** (0,058)
primário completo	-0,207 * (0,067)	-0,207 * (0,067)
primeiro grau completo	-0,159 ** (0,079)	-0,148 *** (0,080)
segundo grau completo	-0,015 (0,078)	0,003 (0,079)
curso superior completo	-0,115 (0,076)	-0,066 (0,076)
<i>v sigma</i>		
constante	-4,925 * (0,046)	-4,961 * (0,045)
Total de observações	6.992	
Log likelihood	1.827	1.889
Wald chi2	420.472	375.503
Prob > chi2	0,0000	0,0000
R²	0,9708	0,9711

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

Notas: Dados numéricos arredondados; desvio-padrão entre parênteses.

Estatisticamente significativo nos intervalos de confiança de * 99%, ** 95% e *** 90%.

Diferentemente dos resultados estimados para a cultura de milho, o teste para verificação de retornos constantes à escala levou à não aceitação da hipótese nula (de presença de retornos constantes) apenas para a função de produção na especificação *Cobb-Douglas* (ANEXO F).

Os resultados para os coeficientes da função de produção evidenciaram, a exemplo da cultura do milho, a importância da área da cultura, e o uso de mão de obra não familiar para a quantidade produzida.

Analisando os resultados para a ineficiência técnica, os componentes que mais contribuíram para reduzi-la foram a alta e média aptidão do solo, clima e relevo, corroborando a hipótese de que condições biofísicas são relevantes para a eficiência técnica da cultura de soja no estado de São Paulo.

O uso de colheita mecanizada, manejo integrado de pragas, plantio direto e colheita mecanizada apresentaram sinais esperados, contribuindo para ganhos de eficiência.

Os coeficientes associados ao uso de assistência técnica rural não apresentaram significância estatística aos níveis usuais de confiança. Comparativamente à cultura de milho, a frequência de uso de serviços de assistência técnica foi maior para os sojicultores (83,61% para a soja e 65,91% para o milho). Além disso, a modalidade mais frequente de ATER verificada para a soja foi o uso conjunto de assistência técnica pública e privada.

A sindicalização do produtor contribuiu de forma positiva para a eficiência técnica, sendo observada em cerca de 40% (ANEXO H) da amostra de produtores de soja. Malagodi e Bastos (2003) ressaltam a participação dos sindicatos rurais no desenvolvimento da agricultura familiar, agindo como catalizador das necessidades dos produtores rurais e reivindicando politicamente suas demandas.

Outro elemento que proporcionou ganhos de eficiência, a adubação verde apresentou baixa adesão entre os produtores de soja, sendo empregada por apenas 12,77% dos entrevistados (ANEXO H). Como Carlos, Costa e Costa (2006) apresentaram, os principais benefícios da adubação verde são o aumento da matéria orgânica do solo, o melhor aproveitamento e eficiência de outros adubos e corretivos, diminuição da incidência de pragas, entre outros.

A variável nível de instrução indicou que graus mais baixos de qualificação, especialmente o primário completo e primeiro grau completo, contribuíram de forma mais significativa para reduzir a ineficiência dos produtores de soja. Como no caso do milho, os resultados podem indicar que possivelmente a experiência do produtor seja mais relevante do que sua qualificação para reduzir sua ineficiência.

A Tabela 6 apresenta a quantidade e frequência de produtores em cada classe de eficiência técnica para a cultura de soja no estado de São Paulo. É possível observar que os sojicultores paulistas são altamente eficientes, visto que o intervalo de eficiência com maior frequência foi entre 0,8 e 1. Além disso, a média e o valor mínimo para a eficiência técnica na especificação *Cobb-Douglas* foram de 0,812 e 0,214, respectivamente, e para a translog 0,813 e 0,218, respectivamente.

Tabela 6. Classes de eficiência - soja

Intervalo	<i>Cobb-Douglas</i>		Translog	
	No	%	No	%
(0 , 0,2]	0	0,00	0	0,00
(0,2 , 0,4]	124	1,77	119	1,7
(0,4 , 0,6]	198	2,83	213	3,05
(0,6 , 0,8]	2.255	32,25	2.257	32,28
(0,8 , 1]	4.415	63,14	4.403	62,97

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

A eficiência técnica média, ao nível municipal, está representada na Figura 4. Observa-se que o cultivo do grão, diferentemente do milho, está concentrado em algumas regiões do estado. Além disso, a distribuição de eficiência por município é mais homogênea do que o observado para a cultura de milho, com os municípios de Santo Anastácio, Laranjal Paulista, Bariri, Itaoca, Tambaú e Santa Cruz das Palmeiras concentrando os maiores índices de eficiência, e os municípios de Jaú, Tatuí, Piedade, Rinópolis, Arandu e Salto de Pirapora apresentando os menores valores.

Figura 4. Eficiência técnica média dos produtores de soja ao nível municipal e do estado de São Paulo

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

A Tabela 7 apresenta algumas estatísticas da eficiência divididas por intervalo de tamanho de propriedade. Diferente dos resultados observados para a cultura de milho, as categorias com maiores médias foram a de produtores com área entre 100 e 500 ha e acima

de 500 ha. Além disso, produtores com área até 5 ha apresentaram a menor eficiência média.

Tabela 7. Estatísticas de eficiência segundo classes de tamanho – soja

Cobb-Douglas

	0 - 5		5 - 20		20 - 100		100 - 500		> 500	
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
(0 , 0,2]	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
(0,2 , 0,4]	1	0,36	18	0,91	65	2,20	29	2,09	11	2,86
(0,4 , 0,6]	12	4,29	58	2,93	89	3,01	32	2,31	7	1,82
(0,6 , 0,8]	122	43,57	723	36,50	943	31,85	379	27,34	88	22,92
(0,8 , 1]	145	51,79	1.182	59,67	1.864	62,95	946	68,25	278	72,40
No obs.	280		1.981		2.961		1.386		384	
Média	0,789		0,808		0,809		0,824		0,828	
Mínimo	0,327		0,225		0,220		0,244		0,214	
Máximo	0,971		0,973		0,974		0,974		0,967	

Translog

	0 - 5		5 - 20		20 - 100		100 - 500		> 500	
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
(0 , 0,2]	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
(0,2 , 0,4]	2	0,71	15	0,76	62	2,09	29	2,09	11	2,86
(0,4 , 0,6]	12	4,29	61	3,08	94	3,17	39	2,81	7	1,82
(0,6 , 0,8]	131	46,79	702	35,44	918	31,00	400	28,86	106	27,60
(0,8 , 1]	135	48,21	1.203	60,73	1.887	63,73	918	66,23	260	67,71
No obs.	280		1.981		2.961		1.386		384	
Média	0,780		0,811		0,815		0,821		0,815	
Mínimo	0,325		0,227		0,218		0,244		0,223	
Máximo	0,971		0,975		0,975		0,974		0,969	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Projeto LUPA (2007/08).

2.5. Considerações finais

O presente artigo analisou o impacto de variáveis institucionais e agronômicas sobre a eficiência técnica dos produtores paulistas de milho e soja, para o ano safra 2007-2008, a partir de dados do Projeto LUPA.

Foi observado que o valor médio da eficiência técnica dos produtores paulistas de soja foi significativamente superior à média dos produtores de milho, indicando um melhor uso dos recursos produtivos pelos sojicultores.

Tal fato pode ser explicado pela menor utilização de práticas modernas de plantio e manejo pelos produtores de milho, indicando que o cultivo de milho em 2007-2008 era realizado de modo mais tradicional no estado de São Paulo, relativamente à cultura de soja.

O uso de Assistência Técnica pública apresentou sinais diferentes do esperado para a cultura de milho e não significativo para a soja. Tal fato pode indicar um sub aproveitamento dos serviços pelos produtores paulistas de milho. Entretanto, deve-se

ressaltar a importância deste serviço, especialmente a ATER pública, para o desenvolvimento da agricultura paulista. Conforme Araújo *et al.* (2002), as Instituições Públicas de ensino, pesquisa e assistência técnica desempenharam papel fundamental na disseminação de conhecimento e tecnologia para a agricultura paulista, contribuindo significativamente para seu desenvolvimento.

Os resultados para o grau de instrução indicaram que os níveis menores de escolaridade afetam mais a eficiência técnica. Entretanto, uma análise mais completa, considerando também a experiência do produtor com o cultivo, embora esta informação não conste na base de dados, poderia indicar que para os produtores paulistas de ambas as culturas o tempo de experiência seja mais relevante.

O uso de sementes melhoradas também apresentou sinais diferentes para cada cultura. Uma possibilidade de estudos futuros, com as próximas edições do Levantamento seria avaliar de maneira mais detalhada o impacto efetivo de sementes melhoradas, especialmente as geneticamente melhoradas, para a eficiência dos produtores.

Por fim, a aptidão do solo, clima e relevo revelou-se como a variável com maior potencial redutor de ineficiência, reforçando a importância de condições edafoclimáticas favoráveis ao plantio para a eficiência técnica da agricultura.

Referências bibliográficas

- ARAÚJO, P. F. C. *et al.* **O Crescimento da Agricultura Paulista e as Instituições de Ensino, Pesquisa e Extensão numa Perspectiva de Longo Prazo**. 1. ed. São Paulo: FAPESP, 2002. v. 1. 176p.
- BORTOLETI JUNIOR, A. *et al.* A importância do plantio direto e do plantio convencional e as suas relações com o manejo e conservação do solo. **Rev. Conexão Eletrônica**, Três Lagoas/MS, v. 12, no. 1, 2015.
- BRAVO-URETA, B.; EVENSON, R. E. Efficiency in agricultural production: the case of peasant farmers in eastern Paraguay. **Agricultural Economics** 10(1994), 27-37.
- BRAVO-URETA, B.; ALMEIDA, A. N.; SOLÍS, D.; INESTROZA, A. The economic impact of Marena's investments on sustainable agricultural systems in Honduras. **Journal of Agricultural Economics**, v.62, p.429-448, 2011.
- BUENO *et al.* Histórico e Evolução do Manejo Integrado de Pragas no Brasil. In HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012, 859 p.
- CAMPOS, S. A. C.; COELHO, A. B.; GOMES, A. P. Influência das condições ambientais e ação antrópica sobre a eficiência produtiva agropecuária em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.50, pp.563-576, 2012.

- CARLOS, J.A.D.; COSTA, J.A.; COSTA, M.B. **Adubação Verde: do conceito a prática**. Piracicaba: ESALQ – Divisão de Biblioteca e Documentação, 2006. Série Produtor Rural, n.30, 32 p.
- CARVALHO, A. X. Y.; LAURETO, C. R.; PENA, M. G. **Crescimento da produtividade agrícola nas microrregiões brasileiras**. IPEA, Texto para Discussão 2099, Rio de Janeiro, Junho de 2015, 68p.
- COELI, T. J. *et al.* **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2.ed. Springer, 2005. 349 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. v. 9 Safra 2015/2016 - Nono levantamento. Brasília, p. 1-174, junho 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?t=&a=1252&filtrar=1&f=1&p=115&e=0&d=0&m=0&s=0&ac=0&tps=0&lvs=0&l=0&ed=0&i=>>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2016.
- CONCEIÇÃO, J. C.; CONCEIÇÃO, P. H. Z. **Agricultura: Evolução e importância para a balança comercial brasileira**. Texto para discussão 1944. IPEA, 2014.
- CONTINI, E.; GASQUES, J. G.; ALVES, E.; BASTOS, E.T. **Dinamismo da agricultura brasileira**. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 19, Edição especial de aniversário do MAPA – 150 anos, p. 42-64, Jul. 2010.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Cultivares. In: CRUZ, J. C. **Sistemas de produção: cultivo do milho**. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/cultivares.htm>. Acesso em: 25 de junho de 2016.
- ESSELFIE, F. L.; ASIAMAH, M. T.; NIMOH, F. Estimation of farm level technical efficiency in small scale maize production in the Mfantseman Municipality in the Central Region of Ghana: A stochastic frontier approach. *Journal of Development and Agricultural Economics*, v. 3, n. 14, p. 645-654, 2011.
- FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO – FAESP. **Produtos: Soja**. Disponível em: <<http://www.faespsenar.com.br/faesp/pagina/exibe/faesp/produtos/soja/596>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2016.
- GASQUES, J. C.; BACCHI, M. R. P.; RODRIGUES, L.; BASTOS, E. T.; VALDES, C. Produtividade da Agricultura Brasileira, a Hipótese da Desaceleração. Seminário: Agricultura e Crescimento. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Brasília, 3 de dezembro de 2015.
- GUESMI, B.; SERRA, T. FEATHESTONE, A. Technical efficiency of Kansas arable crop farms: a local maximum likelihood approach. *Agricultural Economics*, 46(2015), 1-11.

- GUESMI, B.; SERRA, T. Can we improve farm performance? The determinants of farm technical and environmental efficiency. *Applied Economic Perspectives and Policy* (2015), volume 37, number 4, pp.692-717.
- HELFAND, S. M.; MAGALHÃES, M. M.; RADA, N. E. Brazil's agricultural total factor productivity growth by farm size. IDB Working Paper Series No 609, September 2015.
- HELFAND, S. M.; LEVINE, E. S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. *Agricultural Economics*, 31(2004), 241-249.
- HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** – Embrapa Soja, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos 349, Londrina, Junho de 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema de Recuperação Automática (SIDRA). **Pesquisa Pecuária Municipal**, 1990-2014. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 30 abril 2016.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). **Preços médios mensais pagos pela agricultura.** Disponível em: < http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/Precos_Medios.aspx?cod_sis=5>. Acesso em: setembro de 2016.
- ITAIPU BINACIONAL. **Plantio direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira.** Foz de Iguaçu: Parque Itaipu, 2015, 144 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, 476 p.
- MALAGODI, E.; BASTOS, V. S. Sindicato de trabalhadores rurais e agricultura familiar. In: Congresso brasileiro de sociologia, 11, 2003, Campinas. **Sociologia e conhecimento além das fronteiras.** Campinas: Editora universitária, 2003. p. 88-88.
- MARIANO, J. L. A Eficiência Técnica dos Produtores Familiares no Projeto de Irrigação do Baixo Açu/RN. In: XLII CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2004, Cuiabá - MT. **Dinâmicas Setoriais e Desenvolvimento Regional**, 2004.
- MARIN, F. R.; LOPES-ASSAD, M. L.; ASSAD, E. D.; VIAN, C. E.; SANTOS, M. C. Sugarcane crop efficiency in two growing seasons in São Paulo State, Brazil. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1449-1455, Nov. 2008.
- OLIVEIRA, E.; SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P. Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1466-1470, Oct. 2007.
- RIVERA, E. B. B. R.; COSTANTIN, P. D. Produtividade Total Dos Fatores Nas Principais Lavouras De Grãos Brasileiras: Análise De Fronteira Estocástica E Índice De Malmquist.

- In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 35, 2007, Recife. **Artigos...** Recife: Anpec, 2007. Disponível em: < <http://www.anpec.org.br/encontro2007/artigos/A07A121.pdf>>. Acesso em: março de 2016.
- RODRIGUES, M. A. *et al.* Eficiência técnica na produção de cana-de-açúcar no et al de São Paulo. In: ARAÚJO, P. F. C. *et al.* **Contribuição da FAPESP ao Desenvolvimento da Agricultura do estado de São Paulo**. Piracicaba: FAPESP, 2015, chap. 4, p. 1-19.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: janeiro de 2016.
- SPAROVEK, G.; MAULE, R. F.; BARRETTO, A.; DOURADO NETO, D.; MARTINS, S. P. **Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil (MI/FEALQ)**. 2014.
- STATACORP. 2015. Stata Statistical Software: Release 14. College Station, TX: StataCorp LP.
- THERIAULT, V.; SERRA, R. Institutional Environment and Technical Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis of Cotton Producers in West Africa. **Journal of Agricultural Economics**, v. 65, n. 2, p. 383-405, 2014.

3. DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA AGRICULTURA BRASILEIRA

Resumo

O presente trabalho analisou a eficiência técnica dos produtores brasileiros de milho e soja, a partir dos microdados do Censo Agropecuário 2006 e utilizando o método de fronteira estocástica. Os resultados indicaram uma eficiência média de 0,63 dos produtores de soja e 0,40 dos produtores de milho no país. Regionalmente, as regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste apresentaram os maiores índices médios para o milho e as regiões Centro-Oeste, Norte e Sudeste as maiores médias para a soja. A análise revelou, ainda, que os agricultores não familiares apresentaram melhor desempenho que os familiares, especialmente na cultura de soja. A análise da eficiência conforme intervalos de renda indicou uma tendência positiva entre ganhos de eficiência e níveis mais elevados de renda. Enquanto que os resultados para a aptidão do solo, clima e relevo apresentaram sinais contrários aos esperados, as principais variáveis que contribuíram para a redução da ineficiência técnica dos produtores foram a colheita mecanizada, plantio direto, adubação, escolaridade e uso de Assistência Técnica.

Palavras-chave: Agricultura, Eficiência técnica; Fronteira estocástica; Microdados

Abstract

This research analyzed the technical efficiency of brazilian corn and soybean's producers using microdata from the 2006 Census of Agriculture by the stochastic frontier method. The results indicated an average efficiency of 0.63 of the soy producers and 0.40 of the corn producers in the country. Regionally, the South, Center-West and Southeast regions showed the highest average rates for corn, and the Center-West, North and Southeast regions, the highest averages for soybean. The analysis also revealed that non-family farmers performed better than family farmers, especially in the soybean crop. The analysis of efficiency, according to income intervals, indicated a positive trend between efficiency gains and higher levels of income. While the results for land, climate and relief suitability showed signs contrary to preliminary expectations, the main variables that contributed to reduce the technical inefficiency of the producers were mechanized harvesting, tillage, fertilization, educational level and use of Technical Assistance.

Keywords: Agriculture, Technical efficiency; Stochastic frontier; Microdata

3.1. Introdução

O setor agropecuário desempenha importante papel na economia brasileira, desde a oferta interna de alimentos, fornecimento de matéria-prima para a indústria, à geração de divisas por causa do comércio internacional, que contribuem para a renda e o emprego nas atividades agropecuárias e agroindustriais (BACHA, 2012). Bonelli (2005) ressaltou, também, que o crescimento da produtividade na agricultura, especialmente a partir dos anos 1970, exerceu papel central nos recentes ganhos de produtividade total dos fatores (PTF) da economia brasileira.

Fuglie, Wang e Ball (2012) analisando o crescimento da produtividade agrícola em diversos países, verificaram que nas últimas três décadas a produtividade total dos fatores (PTF) da agricultura brasileira, comparativamente, cresceu a elevadas taxas anuais. Estudando os principais determinantes do crescimento da produtividade em países como Brasil e China, os autores citaram o alto investimento em pesquisa agrícola, reformas institucionais e a utilização de tecnologia internacional, como elementos que propiciaram esses ganhos de produtividade.

Nessa mesma linha, Gasques, Bastos, Valdes e Bacchi (2014) analisaram que os principais componentes que contribuíram para os ganhos de produtividade na agricultura brasileira, entre os anos 2000 e 2012, foram o uso intensivo de fertilizantes, melhor qualificação da mão de obra, ampliação do uso e melhoria da eficiência de máquinas e equipamentos, uso de sementes geneticamente modificadas de soja, milho e algodão e investimentos em pesquisa agrícola, realizadas principalmente pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa.

Gasques, Bastos, Valdes e Bacchi (2013) avaliaram também que a expansão da fronteira agrícola brasileira em direção às regiões Norte, Centro-Oeste e Centro Nordeste tem reordenado espacialmente a produção agropecuária brasileira, e gerado ganhos de produtividade. Isso ocorre, segundo os autores, pois tais áreas apresentam características propícias ao desenvolvimento da agropecuária, como relevo plano, solos produtivos, disponibilidade de água e intensidade de insolação adequada.

Dentre os principais produtos agrícolas cultivados no país, as culturas de milho e soja situam-se entre as cadeias produtivas de maior relevância do agronegócio brasileiro. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2016), e do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2016), a safra estimada do milho para 2015-2016 era de aproximadamente 76 milhões de toneladas, e da soja cerca de 95

milhões de toneladas; esses níveis de produção colocam o país como o segundo e terceiro maior produtor mundial de soja e milho, respectivamente.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2006), a produção de milho no Brasil apresentou elevado crescimento da produção e de ganhos de produtividade, entre os anos de 1985 e 2006, devido ao desenvolvimento de novas variedades híbridas, com maior retorno à adubação e mais resistentes a pragas e doenças, e a introdução do milho segunda safra no período de entressafra.

Apesar desses ganhos recentes, as produtividades médias nacionais do milho para a safra 2015-2016 foram de 4.797 kg/ha para o milho primeira safra, e 4.864 kg/ha para o milho segunda safra, resultados aquém da média observada no mesmo ano safra para os Estados Unidos (10.545 kg/ha), maior produtor mundial.

Hirakuri e Lazzarotto (2011) mencionaram que, nas últimas décadas, a produção de soja apresentou uma das maiores taxas de crescimento dentre as atividades agropecuárias. Segundo os autores, um dos determinantes desse crescimento foi o expressivo aumento da oferta de tecnologias de produção, que permitiram a ampliação da área cultivada e ganhos de produtividade. O crescimento da produtividade está associado, também, segundo o Ministério da Agricultura (2016), a adoção de técnicas apropriadas de manejo e ganhos de eficiência dos produtores com o plantio. Apesar disso, comparativamente à produtividade média da soja observada no ano safra 2015-2016 nos Estados Unidos (3.228 kg/ha), a produtividade média brasileira ficou abaixo daquele patamar (2.882 kg/ha).

Diante do exposto, estudos que investiguem os principais determinantes, e eventuais restrições, ao crescimento da produtividade do setor agrícola brasileiro ainda se fazem necessários, a fim de garantir contínuos ganhos de produtividade e eficiência do setor, permitindo o aprimoramento de instrumentos de políticas públicas que garantam o seu crescimento de longo prazo.

O objetivo deste trabalho é analisar os determinantes da eficiência técnica na agricultura brasileira, valendo-se da metodologia de fronteira estocástica para analisar, aos níveis nacional e regional, as produções de duas principais commodities da agricultura brasileira, quais sejam a soja e o milho. Os trabalhos de Helfand e Levine (2004) e Helfand, Magalhães e Rada (2015) também utilizaram os dados do Censo Agropecuário de diferentes edições para analisar a eficiência técnica na agricultura brasileira. O diferencial do presente estudo em relação ao primeiro trabalho é a abordagem utilizada⁵, em relação ao segundo, além da análise ser específica para as culturas de soja e milho, utilizou-se como referência

⁵ Há mais trabalhos sobre o tema na literatura nacional que têm utilizado dados agregados do Censo Agropecuário, analisando a eficiência técnica da atividade agropecuária como um todo. Ver, por exemplo, Almeida (2012), Imori, Guilhoto e Postali (2012) e Souza, Gomes, Gazzola e Wander (2010).

os trabalhos de Theriault e Serra (2014) e Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015), para incluir no modelo empírico variáveis edafoclimáticas e institucionais, com o propósito de captar os potenciais impactos destas variáveis sobre a eficiência técnica das produções de soja e milho do país.

O presente artigo está dividido em cinco seções. A seção dois apresenta uma breve revisão de literatura. A terceira seção apresenta o referencial metodológico; a quarta expõe os principais resultados e discussões. Por fim, a seção cinco contém as considerações finais.

3.2. Revisão de literatura

Uma análise recente da eficiência técnica na agricultura brasileira pode ser encontrada em Alves *et al.* (2012). A partir de dados dos Censos Agropecuários 1995/1996 e 2006 os autores construíram um modelo de produção para a agricultura brasileira, via fronteira estocástica, incluindo no termo de eficiência variáveis como classes de renda dos produtores, uso de assistência técnica e percepção sobre a importância da pesquisa da Embrapa para ganhos de renda dos produtores rurais. Os resultados para a função de produção indicaram maiores elasticidades para a variável associada aos insumos tecnológicos, em ambos os anos censitários. Dentre os componentes da eficiência técnica foi observado que o uso de assistência técnica, a renda líquida positiva do produtor e melhores percepções sobre a importância da pesquisa da Embrapa contribuíram para ganhos de eficiência. Entretanto, os autores verificaram que, devido à intensa mudança tecnológica ocorrida no período entre os Censos 1995/96 e 2006, os produtores com menor capacidade para ajustar a estrutura produtiva aumentaram a ineficiência técnica média calculada para cada período.

Barbosa *et al.* (2013) estimaram modelos de análise envoltória de dados e regressões quantílicas para analisar a eficiência técnica da agricultura brasileira, utilizando o Censo Agropecuário de 2006. Os principais resultados dos autores indicaram baixos níveis de eficiência na agricultura brasileira, com valores médios de 0,43 no modelo com retornos constantes à escala, e 0,46 no modelo com retornos variáveis. Os autores verificaram também que componentes como assistência técnica, adubação, crédito rural e mão de obra familiar foram os elementos mais relevantes para explicar os diferentes níveis de eficiência técnica entre as microrregiões brasileiras.

Almeida (2012) utilizou o método de fronteira estocástica e dados microrregionais do Censo Agropecuário de 2006, para estudar as diferenças de eficiência técnica entre os produtores rurais brasileiros, classificados como pequenos (com área de até 50 hectares), médios (de 50 a 500 hectares) e grandes (detentores de áreas superiores a 500 hectares).

Os resultados mostraram significativas diferenças de eficiência técnica, e do padrão de adoção de tecnologias entre os estabelecimentos agropecuário. Na média, a eficiência técnica estimada da agropecuária ficou em torno de 96,49% para o território brasileiro. O autor destacou ainda que os pequenos produtores obtiveram elevados níveis de eficiência média, à exceção dos pequenos produtores das regiões Norte e Centro-Oeste. Além disso, os grandes produtores apresentaram elevados índices médios de eficiência técnica em todas as cinco regiões brasileiras.

Imori, Guilhoto e Postali (2012) investigaram a eficiência técnica dos estabelecimentos rurais familiares e patronais a partir de informações do Censo Agropecuário 2006. Os autores observaram que os estabelecimentos familiares apresentaram menor desempenho em relação à agricultura patronal. Analisando a eficiência regionalmente, os autores verificaram que a região Sul apresentou a maior média para a agricultura patronal e, juntamente com a região Centro-Oeste, as maiores eficiências médias para a agricultura familiar. Segundo Imori, Guilhoto e Postali (2012), os principais elementos que contribuíram para ganhos de eficiência foram a educação formal e o acesso ao crédito.

Souza, Gomes, Gazzola e Wander (2010), a partir de dados dos Censos Agropecuários 1995/96 e 2006, avaliaram a eficiência técnica da produção agrícola em todos os estados brasileiros. Os resultados dos autores indicaram que o estado de Santa Catarina apresentou a maior eficiência média e o estado de Tocantins a menor média. Além disso, o principal componente técnico redutor de ineficiência foi o número de pesquisadores contratados por órgãos de pesquisa e extensão em cada estado, utilizado como *proxy* para investimento em pesquisa agropecuária.

A partir dos resultados de Guesmi e Serra (2015), que mostraram o quanto as medidas de eficiência técnica podem contribuir para avaliar o desempenho de firmas agrícolas, e orientar políticas para aumentar a eficiência da produção agrícola, este artigo pretende contribuir com a literatura nacional sobre o tema estimando um modelo de fronteira estocástica que incorpora variáveis agronômicas e institucionais, a fim de analisar os determinantes da eficiência técnica da produção de soja e milho, aos níveis nacional e regional, com os dados do Censo Agropecuário de 2006, que é o mais recente disponível.

3.3. Metodologia

3.3.1. Eficiência técnica

Segundo Kumbhakar e Lovell (2000), a eficiência técnica é um conceito relacionado à otimização do processo produtivo, e refere-se à habilidade de minimização do uso dos fatores de produção ou à habilidade de maximização da produção dadas as quantidades ótimas das matérias-primas. Analisada sob a ótica da minimização dos insumos, considera-

se a eficiência orientada para insumos; se estudada a partir da maximização da produção, considera-se orientada para o produto.

A Figura 5, adaptada de Kumbhakar e Lovell (2000), ilustra graficamente o conceito de eficiência técnica a partir da representação de uma fronteira de produção. De acordo com os autores, a distância entre o ponto interno à fronteira y^A , e a produção potencial $\phi^A y^A$, representa a perda na produção devido à ineficiência técnica do processo produtivo.

Figura 5. Eficiência técnica orientada para o produto

Fonte: Kumbhakar e Lovell (2000).

Kumbhakar e Lovell (2000) observaram, também, que a eficiência técnica deve satisfazer certas condições de existência. Sob a orientação para o produto (TE_o), a eficiência satisfaz as seguintes condições:

- $TE_o(x, y) \leq 1$;
- $TE_o(x, y) = 1 \Leftrightarrow y$ é elemento da isoquanta $P(x)$;
- $TE_o(x, y)$ é não decrescente em y ;
- $TE_o(x, y)$ é homogênea de grau 1 em y ;
- $TE_o(x, y)$ é invariante em relação às unidades em que x e y são mensuradas;

A primeira e segunda condições revelam que a eficiência é delimitada pela fronteira de produção, sendo que quando apresentar valor igual à unidade, estará sob a fronteira. A terceira condição estabelece que a eficiência não decresce à medida que a produção aumenta. Já a quarta condição indica que uma alteração na produção resulta em uma alteração de mesma magnitude na eficiência técnica.

Conforme pode-se observar na Figura 5, a mensuração da eficiência técnica depende, além da definição da orientação da eficiência (produto ou insumos), da

determinação do método de estimação da fronteira de produção. Como destacaram Lovell *et al.* (1998) *apud* Souza (2003), a fronteira de produção pode ser estimada a partir de métodos paramétricos, via modelos de programação modificada ou fronteira estocástica, ou não-paramétricos, dentre os quais se destacam a programação pura e a Análise Envoltória de Dados (DEA).

O presente estudo, considerando uma função de produção paramétrica e com eficiência orientada para a produção, adotou um modelo geral de fronteira estocástica como o definido por Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015):

$$\ln y_i = \ln y_i^* - u_i, \text{ com } u_i \geq 0 \text{ e } \ln y_i^* = f(x_i; \beta) + v_i \quad (7)$$

onde o subscrito i denota as observações, y é a produção observada, x_i é um vetor de insumos, β é um vetor de coeficientes da função de produção, u_i é o termo de ineficiência e v_i é o termo de erro aleatório com média zero e variância σ_v^2 .

O termo de ineficiência u_i , ou diferença entre o produto potencial e produto observado, representa em valores percentuais o quanto a produção poderia ser aumentada, utilizando as mesmas quantidades de insumos. Valores próximos a zero dessa variável indicam uma produção plenamente eficiente, enquanto valores próximos a cem revelam uma produção totalmente ineficiente.

Reescrevendo o termo de ineficiência da expressão 1, pode-se definir:

$$u_i = z_i \delta + w_i \quad (8)$$

onde z_i é um vetor de variáveis representativas do ambiente institucional, δ um vetor de parâmetros desconhecidos a ser estimado e w_i o erro associado ao termo de ineficiência.

As funções de produção utilizadas no presente estudo foram especificadas nas formas funcionais *Cobb-Douglas* (eq. 9) e *translog* (eq. 10). Além disso, adotou-se uma distribuição *half normal* para o termo de ineficiência com média zero e desvio-padrão σ_u^2 .

$$\ln y_i = \beta_{0i} + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln x_{ji} - \sum_{j=1}^n \delta_j z_{ij} - w_i + v_i \quad (9)$$

$$\ln y_i = \beta_{0i} + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln x_{ji} + \frac{1}{2} \sum_j^m \sum_l^m \beta_{jli} \ln x_j \ln x_l - \sum_{j=1}^n \delta_j z_{ij} - w_i + v_i \quad (10)$$

3.3.2. Base de dados

O Censo Agropecuário, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE durante o ano civil de 2006, reúne informações ao nível de estabelecimentos agropecuários sobre a quantidade produzida pela agricultura, pecuária e agroindústria, características dos produtores rurais e dos estabelecimentos agrícolas, caracterização do emprego nas atividades agrícolas, valor dos bens dos estabelecimentos, entre outros aspectos.

Em 2006 o milho era cultivado em cerca de 2 milhões de estabelecimentos agropecuários, correspondendo a 39% do total de estabelecimentos no país, podendo ser encontrado, em diferentes escalas, em todo o território nacional. Os estados com maior número de estabelecimentos dedicando-se ao cultivo do milho eram, respectivamente, Ceará, Rio Grande do Sul, Bahia, Minas Gerais e Paraná (Figura 6).

Figura 6. Distribuição espacial número de estabelecimentos - milho em grão

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

A quantidade total produzida no ano do Censo foi próxima a 41 milhões de toneladas, tornando o país o 3º maior produtor mundial do grão naquele ano, atrás apenas de China e Estados Unidos. A distribuição espacial da produção está na Figura 7, sendo os principais estados produtores Paraná, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Santa Catarina, respectivamente.

Figura 7. Distribuição espacial produção - milho em grão

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

A produtividade média nacional da cultura foi próxima a 3.500 kg/ha, com Distrito Federal, Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina e Paraná apresentando as maiores médias (Figura 8). Como comparação, China e Estados Unidos apresentaram no mesmo ano uma produtividade de 12.151 kg/ha e 9.358 kg/ha, respectivamente.

Figura 8. Distribuição espacial produtividade média - milho em grão

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

A cultura da soja, por sua vez, era cultivada em aproximadamente 217 mil estabelecimentos agropecuários, cerca de 11% do total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros em 2006, localizados principalmente na região Sul, com os estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina apresentando os maiores números de estabelecimentos dedicando-se ao cultivo deste grão (Figura 9). Apenas o estado do Rio Grande do Sul concentrava cerca de 105 mil produtores de soja em 2006.

Figura 9. Distribuição espacial número de estabelecimentos - soja em grão

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

Segundo dados do Censo Agropecuário, a quantidade total produzida de soja em 2006 foi próxima a 46 milhões de toneladas, o que correspondeu à segunda maior produção mundial⁶. Os estados que apresentaram as maiores quantidades produzidas foram, respectivamente, Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás (Figura 10). Juntos, esses estados foram responsáveis por cerca de 73% de toda a produção brasileira de soja.

⁶ O principal país produtor naquele ano, segundo dados da FAO (2016), foram os Estados Unidos, com produção em torno de 87 milhões de toneladas.

Figura 10. Distribuição espacial produção - soja em grão

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

A produtividade média da cultura foi próxima de 2.600 kg/ha, valor semelhante ao observado nos principais países produtores como Estados Unidos e Argentina (2.882 kg/ha e 2.679 kg/ha, respectivamente). Em relação às médias estaduais, os estados do Pará, Rondônia, Mato Grosso foram os que apresentaram os maiores valores médios (Figura 11).

Figura 11. Distribuição espacial produtividade média - soja em grão

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

A Tabela 8 apresenta, resumidamente, as variáveis utilizadas no presente estudo com suas respectivas unidades e fonte bibliográfica. Os dados provenientes do Censo Agropecuário 2006 foram utilizados ao nível de estabelecimento agropecuário, mediante autorização do IBGE, e sob a condição de manter o sigilo das informações. As frequências absoluta e relativa das variáveis encontram-se no Anexo.

Tabela 8. Variáveis utilizadas – Censo Agropecuário

(continua)

Variável	Unidade	Fonte
Quantidade produzida	Quilograma	Censo Agropecuário 2006
Área colhida	Hectare	Censo Agropecuário 2006
Mão de obra total ⁷	Unidades	Censo Agropecuário 2006
Valor total dos bens	R\$ de 2006	Censo Agropecuário 2006

⁷ Mão de obra familiar somada ao total de empregados.

Tabela 8. Variáveis utilizadas – Censo Agropecuário

(conclusão)

Variável	Unidade	Fonte
Nível de instrução do produtor	<i>Dummy</i>	Censo Agropecuário 2006
Idade do produtor	<i>Dummy</i>	Censo Agropecuário 2006
Associado à cooperativa e/ou entidade de classe	<i>Dummy</i>	Censo Agropecuário 2006
Adubação	<i>Dummy</i>	Censo Agropecuário 2006
Assistência técnica	<i>Dummy</i>	Censo Agropecuário 2006
Aptidão solo/clima/relevo	<i>Dummy</i>	Sparovek <i>et al.</i> (2014)
Financiamento público	<i>Dummy</i>	Censo Agropecuário 2006
Plantio direto	<i>Dummy</i>	Censo Agropecuário 2006
Colheita mecanizada	<i>Dummy</i>	Censo Agropecuário 2006
Sementes transgênicas	<i>Dummy</i>	Censo Agropecuário 2006

Fonte: Elaborado pelo autor.

As características edafoclimáticas foram representadas pelos dados de aptidão do solo/clima/relevo, obtidos de Sparovek *et al.* (2014). Os dados, disponíveis ao nível municipal, refletem as condições para cultivo sem irrigação de culturas anuais e perenes. A construção desta variável, segundo os autores, parte da compilação e tratamento de diferentes bases de dados georreferenciadas, de modo que, após esta etapa

A aptidão foi espacializada por meio de um índice de cobertura contínua com resolução de 90 x 90 m e com intervalo de 0 a 1, no qual 0 indica uma condição inapta para atividades agropecuárias e 1 uma condição de máxima aptidão. O índice foi posteriormente dividido nas categorias: Baixa (0 a 0,333), Média (0,334 a 0,666) e Alta (0,667 a 1). (SPAROVEK *et al.*, 2014, p. 22)

Para a remoção de *outliers* foram excluídas, para ambas as culturas, observações com quantidade produzida, valor dos bens de capital, área colhida ou mão de obra total com valores iguais a zero. Além desses recortes comuns para ambas as culturas, foram necessárias restrições específicas para cada cultura.

Assim, para a cultura de milho foram eliminadas também observações com baixo valor de estoque de capital e alto valor de produção, de modo a manter uma relação coerente entre estoque de capital e produção. A aplicação desses filtros resultou em uma amostra com 1.747.179 observações (cerca de 86% do total de produtores de milho), e 96,4% do valor total de produção original.

Para a soja foram excluídas, além das variáveis da função de produção com valores iguais a zero, observações com rentabilidade média fora dos intervalos de percentis

1 e 99%⁸, com baixo valor para o estoque de capital e alta produção, com baixa mão de obra total e alta produção e com área menor que o percentil 5%, considerando que a cultura só é viável economicamente em grande escala. A amostra resultante reuniu 162.884 estabelecimentos agropecuários (aproximadamente 75% do total), e 86,7% do valor total de produção para a soja.

3.4. Resultados

A fim de validar a aplicação do modelo de fronteira estocástica foram estimadas, previamente, funções de produção por mínimos quadrados ordinários para cada cultura e aplicados testes estatísticos para verificar a existência de distribuições assimétricas do erro, causadas pela presença de componentes não aleatórios. Verificada a existência de distribuições assimétricas, foram estimados os modelos via fronteira estocástica, conforme modelo apresentado na seção 3.3.1.

O impacto das variáveis biofísicas na eficiência técnica dos produtores de milho e soja foi mensurado a partir de dois modelos distintos. No primeiro modelo foram incluídas duas variáveis *dummies* para representar a alta e média aptidão do solo/clima/relevo, enquanto que o segundo modelo continha apenas uma variável *dummy* representando a baixa aptidão. A preferência por dois modelos distintos para aptidão teve o propósito de evitar multicolinearidade no termo de ineficiência.

As seções 4.1 e 4.2 apresentam os coeficientes estimados para as culturas de milho e soja, respectivamente, nas especificações da função de produção *Cobb-Douglas* e *translog*. Para a estimação do modelo foi utilizado o *software* estatístico *Stata* 14, e os comandos disponíveis em Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015). Os resultados para a eficiência técnica foram analisados ao nível regional e segundo certas características do produtor ou da propriedade (agricultura familiar x agricultura não familiar; classe de renda do produtor).

A classificação do produtor segundo classes de renda, seguindo Alves *et al.* (2012), foi realizada dividindo o valor anual bruto da produção por 12 meses e convertendo este valor para salários mínimos, considerando o valor nominal de R\$300,00 para o salário mínimo em 2006, conforme proposto por Alves *et al.* (2012). Após essa etapa, os produtores foram classificados em quatro classes de renda, de 0 a 2 salários mínimos mensais, de 2 a 10, de 10 a 200 e acima de 200 salários mínimos mensais.

No Anexo encontram-se as estatísticas para os componentes da função de produção e do termo de ineficiência. Ressalta-se que devido ao compromisso firmado com o

⁸ Os recortes por rentabilidade média foram realizados considerando os percentis 1 e 99% da rentabilidade por estado, a fim de considerar a diversidade da estrutura produtiva nacional.

IBGE de manter o sigilo das informações utilizadas nesse estudo, algumas estatísticas não puderam ser calculadas, pois poderiam permitir a identificação de um produtor específico, ou de pequenos grupos de produtores.

3.4.1. Estimativas para a cultura de milho

A análise do termo de erro das regressões por mínimos quadrados ordinários revelou uma distribuição assimetricamente negativa em ambas as especificações da função de produção dos dois modelos, violando a premissa de normalidade do erro da regressão por mínimos quadrados.

A fim de verificar estatisticamente a não normalidade do termo de erro, foi aplicado o teste de D'Agostino, Belanger e D'Agostino Jr. (1990) *apud* Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015). O resultado permitiu, a 99% de significância estatística, a não aceitação da hipótese nula de que o erro possui distribuição normal (ANEXO I).

O teste de assimetria na distribuição do erro, proposto por Coelli (1995) *apud* Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015), corroborou a validade do modelo de fronteira estocástica, visto que apresentou valores (-380,48 para a *Cobb-Douglas* e -444,66 para a *translog*) muito aquém do valor crítico (1,96), permitindo a não aceitação da hipótese nula de não assimetria (ANEXO I).

A Tabela 9 apresenta os coeficientes estimados via fronteira estocástica, considerando os dois modelos, e as funções de produção nas especificações *Cobb-Douglas* e *translog*.

Tabela 9. Resultados estimativas da função de produção e ineficiência técnica – milho
(continua)

	Modelo (1)		Modelo (2)	
	CD	TR	CD	TR
<i>fronteira</i>				
constante	5,253 *	4,628 *	5,254 *	4,631 *
	(0,008)	(0,024)	(0,008)	(0,024)
Área	0,872 *	0,970 *	0,872 *	0,970 *
	(0,001)	(0,004)	(0,001)	(0,004)
Trabalho	-0,072 *	0,045 *	-0,072 *	0,044 *
	(0,002)	(0,009)	(0,002)	(0,009)
Capital	0,282 *	0,371 *	0,282 *	0,371 *
	(0,001)	(0,005)	(0,001)	(0,005)

Tabela 9. Resultados estimativas da função de produção e ineficiência técnica – milho
(continuação)

	Modelo (1)		Modelo (2)	
	CD	TR	CD	TR
Área x Área		0,133 *		0,133 *
	-	(0,001)	-	(0,001)
Trabalho x Trabalho		-0,041 *		-0,041 *
	-	(0,003)	-	(0,003)
Capital x Capital		-0,008 *		-0,008 *
	-	(0,001)	-	(0,001)
Área x Trabalho		-0,031 *		-0,031 *
	-	(0,001)	-	(0,001)
Área x Capital		-0,010 *		-0,010 *
	-	(0,000)	-	(0,000)
Trabalho x Capital		-0,006 *		-0,006 *
	-	(0,001)	-	(0,001)
<i>u sigma</i>				
constante	1,506 *	1,454 *	1,556 *	1,519 *
	(0,007)	(0,007)	(0,007)	(0,007)
ATER	-0,316 *	-0,298 *	-0,316 *	-0,296 *
	(0,004)	(0,004)	(0,004)	(0,004)
alta aptidão	0,055 *	0,105 *		
	(0,004)	(0,004)	-	-
média aptidão	0,048 *	0,053 *		
	(0,003)	(0,003)	-	-
baixa aptidão			-0,050 *	-0,068 *
	-	-	(0,003)	(0,003)
fin. público	-0,200 *	-0,222 *	-0,200 *	-0,223 *
	(0,006)	(0,004)	(0,004)	(0,004)
ensino fund. incompleto	-0,145 *	-0,150 *	-0,145 *	-0,149 *
	(0,003)	(0,003)	(0,003)	(0,003)
ensino fund. completo	-0,217 *	-0,179 *	-0,217 *	-0,178 *
	(0,006)	(0,006)	(0,006)	(0,006)
ensino médio	-0,128 *	-0,042 *	-0,128 *	-0,040 *
	(0,008)	(0,008)	(0,008)	(0,008)

Tabela 9. Resultados estimativas da função de produção e ineficiência técnica – milho
(conclusão)

	Modelo (1)		Modelo (2)	
	CD	TR	CD	TR
ensino superior ou técnico	0,040 *	0,209 *	0,041 *	0,210 *
	(0,011)	(0,010)	(0,011)	(0,010)
adubação	-0,532 *	-0,516 *	-0,532 *	-0,516 *
	(0,003)	(0,003)	(0,003)	(0,003)
cooperado	-0,063 *	-0,074 *	-0,063 *	-0,073 *
	(0,003)	(0,003)	(0,003)	(0,003)
idade produtor	0,003 *	0,003 *	0,003 *	0,003 *
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
plantio direto	-0,803 *	-0,719 *	-0,803 *	-0,717 *
	(0,005)	(0,005)	(0,005)	(0,005)
semente transgênica	0,112 *	0,126 *	0,112 *	0,127 *
	(0,019)	(0,018)	(0,019)	(0,018)
colheita mecânica	-0,994 *	-0,795 *	-0,993 *	-0,792 *
	(0,006)	(0,006)	(0,006)	(0,006)
<i>v sigma</i>				
constante	-0,422 *	-0,552 *	-0,422 *	-0,552 *
	(0,003)	(0,003)	(0,003)	(0,003)
Total de observações	1.747.179			
Prob > chi2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário (2006).

Notas: Dados numéricos arredondados; desvio-padrão entre parênteses.

Estatisticamente significativo nos intervalos de confiança de * 99%, ** 95% e *** 90%.

O teste da razão de verossimilhança, aplicado para comparar as duas especificações da função de produção, levou à não aceitação da hipótese nula de que não haja diferenças significativas entre os dois modelos ao nível de 99% de confiança, indicando o melhor ajuste dos dados da especificação translog em ambos os modelos (ANEXO J).

A soma dos coeficientes estimados para a função de produção apresentou valor de 1,08 para a especificação *Cobb-Douglas*, e 1,42 para a translog. O teste estatístico para checagem de retornos à escala permitiu, a 99% de significância estatística, a rejeição da hipótese nula de retornos constantes à escala para as duas especificações da função de produção (ANEXO J).

Conforme o ANEXO O, a produção média de milho para todos os estabelecimentos foi próxima a 23 toneladas, com os produtores utilizando, na média, 6,31 ha de área, R\$183.841,40 de bens de capital e três trabalhadores, em sua maioria familiares.

Dentre os elementos da função de produção, o coeficiente associado à área colhida (*Área*) foi o que apresentou a maior elasticidade, seguido do coeficiente para estoque de capital (*Capital*). Apesar do alto coeficiente para área colhida, restrições legais sobre o uso do solo inviabilizam, muitas vezes, o aumento extensivo da produção⁹.

O coeficiente para mão de obra (*Trabalho*) apresentou sinal negativo para a especificação *Cobb-Douglas* e positivo para a translog, em ambos os modelos. Uma possível razão para o sinal negativo pode ser a expressiva influência da mão de obra familiar na composição da variável, conforme revelou o ANEXO O.

Analisando os componentes do termo de ineficiência, percebe-se que o uso de colheita mecanizada ou semi-mecanizada reduz expressivamente a ineficiência do produtor. Apesar disso, apesar 15% dos produtores da amostra considerada nesse estudo relataram utilizar esse sistema de colheita (ANEXO P).

Como apresentaram Ahmed e Alam-Eldin (2015), a colheita mecanizada apresenta vantagens em relação à colheita manual, permitindo a minimização do uso dos fatores de produção, demandando menos mão de obra e reduzindo os custos operacionais, e proporcionando uma maximização mais eficiente do produto, reduzindo as perdas durante a colheita. Apesar do significativo potencial redutor de ineficiência, a utilização do sistema de colheita mecanizada deve ser analisada pelo agricultor, pois como apresentou Lima (2008), se operada de modo equivocado¹⁰, a colheita mecanizada pode acarretar em perdas substanciais da produção.

A segunda variável com maior capacidade redutora de ineficiência foi o plantio direto, sendo adotado por cerca de 19% dos produtores (ANEXO P). Oliveira et al. (2009) analisando o impacto da implantação do sistema de plantio direto (SPD) no cultivo de milho por agricultores familiares em Unaí/MG, verificaram que o SPD permitiu a redução de maquinário para o preparo do solo e da carga de trabalho para controle e monitoramento de pragas e doenças, além de ter aumentado a produtividade média em relação aos sistemas convencionais de cultivo.

A adubação nitrogenada aparece como o terceiro componente mais relevante para redução da ineficiência técnica dos produtores (com frequência de uso de 41,86%). O

⁹ A Lei Federal nº 12.651/2012, também chamada de Código Florestal, estabelece normas gerais para preservação da vegetação nativa, identificando quais áreas devem ser preservadas e quais são passíveis de utilização para produção agropecuária (BRASIL, 2012, p.10).

¹⁰ O autor citou como principais fontes de perdas de produção relacionadas à colheita mecanizada a velocidade média da máquina no momento da colheita, o grau de umidade dos grãos e perdas decorrentes dos mecanismos internos da colhedora (LIMA, 2008, p. 10).

nitrogênio, como observaram Pavinato *et al.* (2008), é um dos nutrientes mais exigidos para o desenvolvimento da cultura de milho, sendo um dos fatores usualmente limitadores da produtividade deste grão.

O uso de assistência técnica (ATER) apresentou sinal aumentador de eficiência. Conforme o ANEXO P, apenas um quarto dos produtores considerados na análise relataram fazer uso de algum tipo de serviço de ATER, sendo a ATER governamental e a fornecida pela cooperativa os tipos mais usuais (com usos próximos a 11% e 6%, respectivamente). Ressalta-se que Alves *et al.* (2012) mensurando a eficiência técnica da agropecuária brasileira, a partir de dados dos Censos Agropecuários 1995/966 e 2006, obtiveram resultados similares para esta variável.

Outra variável que contribuiu para a eficiência técnica dos produtores de milho foi o financiamento público. Observa-se, entretanto, uma baixa adesão a esse tipo de financiamento (apenas 23,75%), sendo que financiamentos via Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - Pronaf¹¹ foram mais frequentes que outros tipos de financiamento, conforme ANEXO P.

O uso de sementes transgênicas, não apresentou o sinal esperado, atuando como elemento aumentador de ineficiência. Ressalta-se, entretanto, o baixo uso entre os produtores na época do Censo, sendo utilizadas por apenas 0,51% dos estabelecimentos rurais em 2006 (ANEXO P), fruto de restrições legais para comercialização dessas sementes no ano censitário¹².

Os resultados da contribuição do nível de escolaridade do produtor para a eficiência mostraram tendência não linear, sugerindo que níveis mais baixos de escolarização, como ensino fundamental incompleto e completo, são mais efetivos na redução da ineficiência técnica dos produtores de milho. Uma possível interpretação para isso é que os produtores com maior instrução podem ter menor participação do valor bruto da produção do milho na renda familiar, o que aumentaria a propensão a serem menos eficientes (visto que o cultivo de milho poderia não ser a principal fonte de renda deles).

A variável idade do produtor, utilizada como *proxy* para experiência com o cultivo, mostrou sinal positivo, contribuindo ligeiramente para o aumento da ineficiência técnica. Tal fato pode ser reflexo da média etária dos produtores ser elevada (cerca de 50 anos), indicando uma baixa parcela de agricultores jovens entre os produtores de milho. Como Souza Filho *et al.* (2011) explicaram, produtores mais experientes, apesar de apresentarem uma maior capacidade gerencial, podem ser mais avessos a adoção de novas tecnologias e

¹¹ O Pronaf é um programa de crédito destinado exclusivamente para a agricultura familiar com taxas de juros subsidiadas e linhas de crédito destinadas ao custeio de safra ou investimento em bens de capital (BACEN, 2016).

¹² No Brasil, a liberação para comercialização dos primeiros eventos geneticamente modificados do milho (MON810, T25 e Bt) ocorreu apenas no ano de 2007 (CTNBio, 2016).

técnicas mais modernas de manejo e cultivo que produtores jovens, comprometendo a inovação no campo.

O coeficiente associado ao cooperativismo apresentou sinal negativo, indicando ganhos de eficiência aos produtores cooperados. Além dos principais benefícios diretos do cooperativismo¹³, sua importância para a redução da ineficiência do produtor reflete-se indiretamente via prestação de serviços de assistência técnica, sendo as cooperativas a segunda maior instituição provedora de ATER, como visto anteriormente.

Os coeficientes para aptidão do solo, clima e relevo apresentaram sinais positivos (aumentadores de ineficiência) para a alta e média aptidão em ambas as especificações da função de produção, diferentemente do esperado. Por outro lado, a baixa aptidão mostrou-se como elemento redutor de ineficiência.

Analisando a eficiência média ao nível regional, a região Sul, segunda maior região em número de produtores de milho, apresentou a maior média no país (0,56), seguido das regiões Centro-Oeste (0,42) e Sudeste (0,41), respectivamente terceira e quinta regiões em número de produtores. A região Nordeste, com maior número de produtores, apresentou o pior desempenho entre as regiões analisadas, com um índice médio de 0,30. A Tabela 10 apresenta um resumo das estimativas de eficiência por região, conforme o modelo e a especificação da função de produção utilizados.

Tabela 10. Estimativas de eficiência por grande região e Brasil - milho

Modelo 1													
Cobb-Douglas							Translog						
	CO	NE	N	SE	S	BR		CO	NE	N	SE	S	BR
No obs.	42.417	892.835	78.170	219.450	514.307	1.747.179	No obs.	42.417	892.835	78.170	219.450	514.307	1.747.179
Média	0,442	0,301	0,371	0,408	0,560	0,398	Média	0,416	0,302	0,371	0,405	0,558	0,396
Mediana	0,471	0,266	0,361	0,427	0,597	0,396	Mediana	0,447	0,267	0,367	0,429	0,600	0,398
D. padrão	0,212	0,191	0,193	0,211	0,161	0,217	D. padrão	0,199	0,191	0,192	0,212	0,160	0,216

Modelo 2													
Cobb-Douglas							Translog						
	CO	NE	N	SE	S	BR		CO	NE	N	SE	S	BR
No obs.	42.417	892.835	78.170	219.450	514.307	1.747.179	No obs.	42.417	892.835	78.170	219.450	514.307	1.747.179
Média	0,442	0,301	0,371	0,408	0,561	0,398	Média	0,417	0,301	0,372	0,405	0,558	0,396
Mediana	0,471	0,266	0,361	0,427	0,597	0,396	Mediana	0,449	0,267	0,367	0,429	0,600	0,399
D. padrão	0,212	0,191	0,193	0,211	0,161	0,217	D. padrão	0,200	0,190	0,192	0,212	0,160	0,216

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário (2006).

Foram comparadas, também, as estatísticas da eficiência técnica segundo o atendimento à Lei Federal 11.326/2006, que contempla os requisitos para enquadramento

¹³ Como apresentaram Souza, Braga e Ferreira (2011), os principais benefícios do cooperativismo são a inserção comercial em mercados concentrados, maior capacidade de negociação na aquisição de insumos e venda do produto, redução dos custos fixos de armazenagem, difusão de tecnologia e conhecimento, entre outros.

do produtor como agricultor familiar¹⁴. Os resultados, sumarizados na Tabela 11, revelam uma elevada concentração de produtores classificados como agricultores familiares (cerca de 88% segundo o ANEXO L) na produção de milho, próxima àquela observada por Del Grossi e Marques (2010) para toda a agropecuária brasileira em 2006 (84% do universo censitário)¹⁵. As estimativas não indicaram diferenças significativas entre as eficiências médias dos produtores familiares e não familiares, embora a mediana tenha apresentado uma variação próxima a 0,2 entre as duas classes de produtores.

Tabela 11. Estimativas de eficiência por tipo de produtor – milho

Modelo 1									
Cobb-Douglas					Translog				
Familiar		Não familiar			Familiar		Não familiar		
No	%	No	%		No	%	No	%	
(0, 0,6]	1.176.264	76,8	157.017	72,6	(0, 0,6]	1.175.813	76,8	167.163	77,3
(0,6, 0,8]	352.815	23,0	59.010	27,3	(0,6, 0,8]	350.585	22,9	48.788	22,6
(0,8, 1]	1.919	0,1	154	0,1	(0,8, 1]	4.600	0,3	230	0,1
Média	0,395		0,417		Média	0,395		0,403	
Mediana	0,392		0,426		Mediana	0,395		0,418	
D. padrão	0,217		0,218		D. padrão	0,217		0,209	

Modelo 2									
Cobb-Douglas					Translog				
Familiar		Não familiar			Familiar		Não familiar		
No	%	No	%		No	%	No	%	
(0, 0,6]	1.176.249	76,8	157.012	72,6	(0, 0,6]	1.175.450	76,8	166.842	77,2
(0,6, 0,8]	352.831	23,0	59.015	27,3	(0,6, 0,8]	350.979	22,9	49.111	22,7
(0,8, 1]	1.918	0,1	154	0,1	(0,8, 1]	4.569	0,3	228	0,1
Média	0,395		0,417		Média	0,395		0,404	
Mediana	0,392		0,426		Mediana	0,395		0,418	
D. padrão	0,217		0,218		D. padrão	0,217		0,210	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário (2006).

A análise da eficiência segundo as classes de renda propostas por Alves *et al.* (2012) revelou situações distintas para as especificações *Cobb-Douglas* e *translog*. Os

¹⁴ A Lei 11.326/2006 elenca como critérios para enquadramento na agricultura familiar: a área do estabelecimento ou empreendimento rural não excede quatro módulos fiscais; a mão de obra utilizada nas atividades econômicas desenvolvidas é predominantemente da própria família; a renda familiar é predominantemente originada dessas atividades; e o estabelecimento ou empreendimento é dirigido pela família (BRASIL, 2006, p. 1).

¹⁵ Hoffmann (2014) estimou que o valor monetário da produção da agricultura familiar corresponde a 21,4% do valor total das despesas das famílias com alimentos no Brasil.

resultados para a especificação *Cobb-Douglas* indicaram que a eficiência média cresceu à medida que se aumentou o intervalo de renda, atingindo o valor máximo de 0,63 no intervalo acima de 200 salários mínimos mensais. Já para a *translog*, a eficiência média cresceu até o intervalo de 10 a 200 salários mínimos mensais, assumindo o valor máximo de 0,57 neste intervalo, e reduzindo a 0,50 para a classe acima de 200 salários mínimos mensais. De modo geral, os resultados são similares aos observados por Alves *et al.* (2012), com as classes mais altas de renda apresentando maiores valores médios para a eficiência técnica. A Tabela 12 contém os resultados das estimativas de eficiência por classe de renda, conforme os modelos e especificações da função de produção utilizados.

Tabela 12. Estimativas de eficiência por classe de renda do produtor – milho

Modelo 1									
Cobb-Douglas					Translog				
	>200	(10, 200]	(2, 10]	(0, 2]		>200	(10, 200]	(2, 10]	(0, 2]
No obs.	6.897	154.240	395.320	1.190.722	No obs.	6.897	154.240	395.320	1.190.722
Média	0,632	0,600	0,511	0,332	Média	0,496	0,568	0,513	0,334
Mediana	0,679	0,664	0,561	0,311	Mediana	0,521	0,621	0,568	0,313
D. padrão	0,138	0,170	0,196	0,196	D. padrão	0,159	0,169	0,198	0,198

Modelo 2									
Cobb-Douglas					Translog				
	>200	(10, 200]	(2, 10]	(0, 2]		>200	(10, 200]	(2, 10]	(0, 2]
No obs.	6.897	154.240	395.320	1.190.722	No obs.	6.897	154.240	395.320	1.190.722
Média	0,632	0,599	0,511	0,332	Média	0,499	0,569	0,513	0,334
Mediana	0,679	0,664	0,561	0,311	Mediana	0,524	0,622	0,569	0,313
D. padrão	0,138	0,170	0,196	0,196	D. padrão	0,158	0,169	0,198	0,198

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário (2006).

3.4.2. Estimativas para a cultura de soja

Os resultados da regressão por mínimos quadrados ordinários para a cultura de soja também indicaram a presença de componentes não aleatórios no erro. Os testes de assimetria propostos por D'Agostino, Belanger e D'Agostino Jr (1990) *apud* Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015) e Coelli (1995) *apud* Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015) permitiram, a 99% de significância estatística, a não aceitação da hipótese nula de não assimetria no termo de erro da regressão de mínimos quadrados (ANEXO Q).

Os principais resultados da estimação dos modelos via fronteira estocástica encontram-se sumarizados na Tabela 13 a seguir.

Tabela 13. Resultados estimativas da função de produção e ineficiência técnica – soja
(continua)

	Modelo (1)		Modelo (2)	
	CD	TR	CD	TR
<i>fronteira</i>				
constante	7,492 * (0,013)	6,386 * (0,109)	7,488 * (0,013)	6,392 * (0,109)
Área	0,975 * (0,001)	1,258 * (0,012)	0,974 * (0,001)	1,262 * (0,012)
Trabalho	0,016 * (0,002)	0,008 (0,021)	0,017 * (0,002)	0,009 (0,021)
Capital	0,056 * (0,001)	0,144 * (0,020)	0,056 * (0,001)	0,142 * (0,020)
Área x Área	-	0,03 * (0,001)	-	0,03 * (0,001)
Trabalho x Trabalho	-	-0,038 * (0,003)	-	-0,038 * (0,003)
Capital x Capital	-	0,002 (0,002)	-	0,002 (0,002)
Área x Trabalho	-	0,012 * (0,002)	-	0,012 * (0,002)
Área x Capital	-	-0,031 * (0,001)	-	-0,031 * (0,001)
Trabalho x Capital	-	0,002 (0,002)	-	0,002 (0,002)
<i>u sigma</i>				
constante	0,893 * (0,047)	0,808 * (0,047)	0,879 * (0,044)	0,755 * (0,044)
ATER	-0,471 * (0,010)	-0,447 * (0,010)	-0,463 * (0,010)	-0,44 * (0,010)
alta aptidão	0,072 * (0,020)	0,023 (0,020)	-	-
média aptidão	-0,048 ** (0,021)	-0,083 * (0,021)	-	-
baixa aptidão	-	-	-0,035 *** (0,020)	0,011 (0,020)
fin. público	0,200 * (0,008)	0,207 * (0,008)	0,193 * (0,008)	0,201 * (0,008)
ensino fund. incompleto	-0,202 * (0,031)	-0,184 * (0,031)	-0,199 * (0,031)	-0,182 * (0,031)
ensino fund. completo	-0,390 * (0,033)	-0,363 * (0,033)	-0,381 * (0,033)	-0,355 * (0,033)
ensino médio	-0,571 * (0,034)	-0,549 * (0,034)	-0,559 * (0,034)	-0,538 * (0,034)

Tabela 13. Resultados estimativas da função de produção e ineficiência técnica – soja
(conclusão)

	Modelo (1)		Modelo (2)	
	CD	TR	CD	TR
ensino superior ou técnico	-0,694 * (0,034)	-0,684 * (0,034)	-0,684 * (0,034)	-0,676 * (0,034)
adubação	-0,432 * (0,023)	-0,420 * (0,023)	-0,426 * (0,023)	-0,414 * (0,023)
cooperado	0,169 * (0,010)	0,173 * (0,010)	0,172 * (0,010)	0,176 * (0,010)
idade produtor	0,001 * (0,000)	0,002 * (0,000)	0,001 * (0,000)	0,002 * (0,000)
plantio direto	-0,303 * (0,013)	-0,303 * (0,013)	-0,296 * (0,013)	-0,298 * (0,013)
semente transgênica	0,252 * (0,008)	0,243 * (0,008)	0,254 * (0,008)	0,245 * (0,008)
colheita mecânica	-0,697 * (0,019)	-0,667 * (0,019)	-0,676 * (0,019)	-0,648 * (0,019)
<i>v sigma</i>				
constante	-3,735 * (0,012)	-3,731 * (0,012)	-3,738 * (0,012)	-3,734 * (0,012)
Total de observações	162.884			
Prob > chi2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário (2006).

Notas: Dados numéricos arredondados.

Estatisticamente significativa nos intervalos de confiança de * 99%, ** 95% e *** 90%.

O teste da razão de verossimilhança indicou a função de produção translog como melhor especificação para ambos os modelos, fornecendo um melhor ajuste aos dados (ANEXO R).

As funções de produção na especificação *Cobb-Douglas* de ambos os modelos apresentaram soma dos coeficientes igual a 1,05, enquanto para a translog a soma foi igual a 1,39. Os testes para verificação de retornos à escala permitiram a não aceitação, a 99% de nível de confiança, da existência de retornos constantes à escala (ANEXO R).

Na média, os estabelecimentos agrícolas considerados neste estudo produziram individualmente cerca de 246 toneladas de soja em 2006, utilizando, aproximadamente, 95 ha de terras, R\$1.187.460,00 em bens de capital e quatro trabalhadores, em sua maioria de origem familiar (ANEXO X).

A exemplo dos resultados obtidos para a cultura de milho, o elemento da função de produção com maior importância para ampliação da produção foi a área colhida, apresentando elasticidade superior à unidade na especificação translog. O coeficiente para

o valor dos bens de capital apresentou o segundo maior coeficiente sendo, entretanto, significativamente inferior ao coeficiente estimado para o milho. A elasticidade para a mão de obra apresentou baixas magnitudes, embora positivas. Para a especificação translog, não foi observada significância estatística para a mão de obra, mesmo ao nível de confiança de 90%.

Dentre os componentes do termo de ineficiência, a colheita mecanizada e níveis mais elevados de escolaridade se alternaram como elemento com maior potencial redutor de ineficiência, conforme cada especificação do modelo econométrico.

A colheita mecanizada ou semi-mecanizada mostrou um elevado nível de utilização, presente, em aproximadamente 96% dos estabelecimentos produtores de soja (ANEXO W). Silveira e Portugal (2016) argumentaram que fatores como “a elevada população recomendada para um rendimento ótimo de grãos – em torno de 300 mil plantas por hectare, a boa fixação da planta no solo na fase de maturação das sementes, o talo grosso e fibroso e a deiscência (queda) dos grãos” agem como elementos inibidores da utilização da colheita manual para a soja.

Diferentemente do observado para a cultura de milho, os coeficientes para a variável nível de escolaridade apresentaram impacto na redução da ineficiência para todos os níveis, com os maiores níveis apresentando maiores ganhos de eficiência. Uma das contribuições do nível de instrução do produtor para a atividade agrícola é sua capacidade de afetar, diretamente, na propensão do agricultor em adotar novas tecnologias na produção (SOUZA FILHO *et al.*, 2011).

A utilização de assistência técnica (ATER), utilizada por quase 81% entre os sojicultores, apresentou o terceiro maior coeficiente redutor de ineficiência. Dentre os tipos mais usuais de ATER, 45% relataram utilizam o serviço de cooperativas e 16% de órgãos governamentais (ANEXO W).

A adubação apresentou-se fortemente relacionado à eficiência técnica, com 97% dos produtores utilizando algum tipo de adubação no plantio (ANEXO W). O elevado uso e contribuição da adubação para a eficiência podem ser explicados pela dependência da cultura de soja por macronutrientes essenciais, em especial pelo fósforo e potássio, encontrados em baixas concentrações na maioria dos solos brasileiros (SFREDO, 2008).

Aproximadamente 57% dos produtores de soja considerados neste estudo relataram ter utilizado algum tipo de financiamento público, com o Pronaf sendo o programa mais comum de financiamento, cerca de 43% de uso (ANEXO W). Embora o coeficiente estimado associado a essa variável tenha apresentado sinal contrário ao esperado, revelando-se como aumentador de ineficiência, resultados parecidos para esta variável (crédito) podem ser encontrados na literatura econômica, como em Theriault e Serra (2014).

Ao contrário dos resultados para a cultura de milho, o cooperativismo apresentou-se como componente aumentador de ineficiência, apesar da alta quantidade de produtores associados a cooperativas (81% do total).

O uso de sementes transgênicas na produção de soja revelou-se, também, aumentadora de ineficiência técnica. Tal resultado pode estar associado ao fato da soja transgênica ter sido oficialmente liberada para comercialização apenas em março de 2005¹⁶, comprometendo a utilização de sementes legalizadas na safra 2005/2006¹⁷.

Os resultados para a aptidão do solo/clima/relevo do modelo 1 revelaram que apenas a média aptidão contribuiu, em ambas as especificações da função de produção, para a redução da ineficiência. A alta aptidão, diferentemente do esperado, mostrou-se como elemento aumentador de ineficiência na especificação *Cobb-Douglas* e não significativo estatisticamente na translog. Para o modelo 2, os resultados não foram conclusivos sobre o impacto da baixa aptidão para a ineficiência, visto que o coeficiente estimado se mostrou redutor de ineficiência e significativo ao nível de confiança de 90% na *Cobb-Douglas*, e não significativo estatisticamente para a especificação translog.

A análise regional da eficiência técnica revelou que os maiores valores médios foram alcançados nas regiões Centro-Oeste (média de 0,74), segunda maior região em número de estabelecimentos produtores de soja, e Norte (0,71), região com menor número de estabelecimentos. A região Sul, que concentra cerca de 90% de todos os estabelecimentos agrícolas brasileiros produtores de soja (ANEXO S), apresentou a menor eficiência média (0,62), e o maior desvio-padrão (0,22). A eficiência média para o Brasil foi de aproximadamente 0,63, índice superior ao observado para o milho (0,4). A Tabela 14 apresenta os resultados das estimativas da eficiência técnica da produção de soja por região, conforme os modelos e especificações da função de produção utilizados.

¹⁶ Apesar da comercialização da soja transgênica *Roundup Ready* ter sido aprovada em 1998 pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, a não exigência de Estudos de Impactos Ambientais à época da aprovação suspenderam a comercialização até março de 2005, quando aprovada a Lei de Biossegurança nº 11.105 (SCHIOSCHET e PAULA, 2008, p. 40-42).

¹⁷ De acordo com Embrapa (2003), no período de proibição da comercialização da soja transgênica, as espécies transgênicas cultivadas no Brasil eram importadas ilegalmente da Argentina, sendo adaptadas a condições edafoclimáticas diferentes da brasileira, o que comprometia a produtividade dessas sementes.

Tabela 14. Estatísticas de eficiência por grande região e Brasil – soja

Modelo 1						
Cobb-Douglas						
	CO	NE	N	SE	S	BR
No obs.	10.480	1.092	537	4.655	146.120	162.884
Média	0,735	0,673	0,711	0,677	0,616	0,626
Mediana	0,753	0,700	0,727	0,702	0,664	0,677
D. padrão	0,122	0,172	0,148	0,159	0,216	0,212

Translog						
	CO	NE	N	SE	S	BR
No obs.	10.480	1.092	537	4.655	146.120	162.884
Média	0,739	0,670	0,706	0,683	0,618	0,629
Mediana	0,757	0,692	0,717	0,710	0,665	0,679
D. padrão	0,121	0,170	0,146	0,160	0,215	0,211

Modelo 2						
Cobb-Douglas						
	CO	NE	N	SE	S	BR
No obs.	10.480	1.092	537	4.655	146.120	162.884
Média	0,736	0,673	0,711	0,677	0,616	0,626
Mediana	0,754	0,701	0,727	0,702	0,663	0,677
D. padrão	0,122	0,173	0,148	0,159	0,217	0,212

Translog						
	CO	NE	N	SE	S	BR
No obs.	10.480	1.092	537	4.655	146.120	162.884
Média	0,739	0,669	0,706	0,683	0,618	0,628
Mediana	0,757	0,692	0,717	0,710	0,664	0,678
D. padrão	0,121	0,170	0,146	0,159	0,215	0,211

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário (2006).

O ANEXO T revela que aproximadamente 73% dos produtores de soja no país em 2006 eram classificados como familiares pela Lei Federal 11.326/2006. Apesar disso, a eficiência técnica média dos produtores familiares foi cerca de 0,08 menor que a média dos não familiares, conforme Tabela 15. Os resultados vão ao encontro daqueles obtidos por Imori, Guilhoto e Postali (2012), os quais, utilizando dados do Censo Agropecuário 2006, encontraram níveis médios de eficiência de 0,60 no modelo que não considerava a participação de rendas externas à agricultura no valor do produto, similar ao utilizado no presente estudo, e valor médio de 0,71 para a eficiência da agricultura patronal, considerando aquele mesmo modelo.

Tabela 15. Estatísticas de eficiência por tipo de produtor – soja

Modelo 1									
Cobb-Douglas					Translog				
Familiar		Não familiar			Familiar		Não familiar		
No	%	No	%		No	%	No	%	
(0, 0,6]	52.280	44,0	10.389	23,6	(0, 0,6]	51.862	43,6	10.259	23,3
(0,6, 0,8]	37.836	31,8	21.977	49,9	(0,6, 0,8]	38.593	32,5	21.617	49,1
(0,8, 1]	28.749	24,2	11.653	26,5	(0,8, 1]	28.410	23,9	12.143	27,6
Média	0,605		0,685		Média	0,607		0,687	
Mediana	0,645		0,715		Mediana	0,648		0,717	
D. padrão	0,224		0,163		D. padrão	0,222		0,163	

Modelo 2									
Cobb-Douglas					Translog				
Familiar		Não familiar			Familiar		Não familiar		
No	%	No	%		No	%	No	%	
(0, 0,6]	52.323	44,0	10.392	23,6	(0, 0,6]	51.897	43,7	10.254	23,3
(0,6, 0,8]	37.830	31,8	21.976	49,9	(0,6, 0,8]	38.594	32,5	21.609	49,1
(0,8, 1]	28.712	24,2	11.651	26,5	(0,8, 1]	28.374	23,9	12.156	27,6
Média	0,605		0,685		Média	0,607		0,687	
Mediana	0,645		0,716		Mediana	0,647		0,717	
D. padrão	0,224		0,163		D. padrão	0,222		0,163	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário (2006).

A análise do comportamento da eficiência nos intervalos de renda revelou um valor médio maior, e menor desvio-padrão, para as classes mais altas de renda, sendo a maior média observada no intervalo de produtores com renda acima de 200 salários mínimos por mês, e a menor média obtida na classe de produtores com renda de zero a dois salários mínimos mensais. A Tabela 16 apresenta os resultados das estimativas de eficiência por classe de renda, conforme os modelos e especificações da função de produção utilizados.

Tabela 16. Estatísticas de eficiência por classe de renda do produtor – soja**Modelo 1**

Cobb-Douglas					Translog				
	>200	(10, 200]	(2, 10]	(0, 2]		>200	(10, 200]	(2, 10]	(0, 2]
No obs.	6.610	59.697	75.301	21.276	No obs.	6.610	59.697	75.301	21.276
Média	0,726	0,701	0,606	0,461	Média	0,745	0,696	0,608	0,474
Mediana	0,736	0,731	0,638	0,438	Mediana	0,757	0,726	0,641	0,454
D. padrão	0,102	0,163	0,216	0,233	D. padrão	0,101	0,163	0,216	0,235

Modelo 2

Cobb-Douglas					Translog				
	>200	(10, 200]	(2, 10]	(0, 2]		>200	(10, 200]	(2, 10]	(0, 2]
No obs.	6.610	59.697	75.301	21.276	No obs.	6.610	59.697	75.301	21.276
Média	0,726	0,701	0,606	0,461	Média	0,745	0,696	0,608	0,474
Mediana	0,737	0,731	0,638	0,438	Mediana	0,757	0,726	0,641	0,453
D. padrão	0,103	0,163	0,216	0,233	D. padrão	0,102	0,163	0,216	0,235

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário (2006).

3.5. Considerações finais

O presente estudo investigou os determinantes da eficiência técnica nas culturas de milho e soja ao nível nacional, utilizando os microdados do Censo Agropecuário 2006.

Os resultados indicaram que os produtores de soja apresentaram um valor médio maior para eficiência técnica do que os produtores de milho.

Foi observado, também, uma maior utilização de técnicas modernas de cultivo, como colheita mecanizada e plantio direto, pelos sojicultores.

Os coeficientes estimados para ambas as culturas reforçaram a importância do nível de escolaridade para ganhos de eficiência. Para a cultura de milho, o nível de instrução com maior potencial redutor de ineficiência foi o ensino médio completo, enquanto na soja foi o ensino superior ou técnico.

O uso de sementes transgênicas revelou-se como elemento aumentador de ineficiência para ambas as culturas. Entretanto, devido às restrições legais para comercialização de sementes transgênicas vigentes no ano censitário faz-se necessária uma análise com as próximas edições do Censo, para mensurar de modo mais claro o impacto do uso de sementes transgênicas na eficiência técnica das culturas de milho e soja.

O uso de financiamento público atuou de modo distinto em cada cultura, reduzindo a ineficiência técnica dos produtores de milho, e aumentando a ineficiência dos produtores de soja.

Foi observado, também, uma alta concentração de produtores nas classes mais baixas de renda entre os produtores de milho, sendo a classe com até dois salários mínimos

a que teve o maior número de estabelecimentos agropecuários. Para a soja, a classe com maior frequência foi a de dois a dez salários mínimos mensais. A eficiência técnica para ambas as culturas apresentou tendência crescente em relação ao nível mensal de renda.

Uma possibilidade para estudos futuros seria analisar com maior riqueza de informações, ao nível municipal, talvez, a evolução da eficiência técnica, especialmente da soja, nas regiões Centro-Oeste e Norte, em decorrência da expansão da fronteira agrícola nessas regiões.

Referências bibliográficas

- AHMED, A. E.; ALAM-ELDIN, A. O. M. **An assessment of mechanical vs manual harvesting of the sugarcane in Sudan – The case of Sennar Sugar Factory.** *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, v. 14, n. 2. June 2015, p. 160-166.
- ALMEIDA, P. N. A. **Fronteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006**, 2012, 205 p. Tese (Doutorado em Ciências, Área de concentração: Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- ALVES, E.; SOUZA, G. S.; GOMES, E. G.; MAGALHÃES, E.; ROCHA, D. P. **Um modelo de produção para a agricultura brasileira e a importância da pesquisa da Embrapa.** *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 21, n. 4, p. 35-59, out/nov/dez 2012.
- BACHA, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012, 248 p.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL – BACEN. **FAQ – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf.** Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/pre/bc_atende/port/PRONAF.asp>. Acesso em: novembro de 2016.
- BARBOSA, W. F.; SOUSA, E. P.; AMORIM, A. L.; CORONEL, D. A. **Eficiência técnica da agropecuária nas microrregiões brasileiras e seus determinantes.** *Ciência Rural*, Santa Maria, Online, 2013.
- BONELLI, R. **Economic growth and productivity change in Brazil.** *World Bank's Brazil Investment Climate Assesment*, 2005.
- BRASIL. Lei n. 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 jul. 2006. Seção 1, p.1.
- BRASIL. Lei Federal n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 mai. 2012. Seção 1, p. 10.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Culturas: soja**. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: novembro de 2016.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSEGURANÇA – CTNBIO. **Tabela resumo de plantas aprovadas pela CTNBio**. Disponível em: <http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial/-/document_library_display/SqhWdohU4BvU/view/1684467;jsessionid=FACE3C62F2825F117BC733A6EB2648C3#/liberacao-comercial/consultar-processo>. Acesso em: novembro de 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_09_00_00_boletim_graos_junho_2016_-_final.pdf>. Acesso em: novembro de 2016.

DEL GROSSI, M. E.; MARQUES, V. P. M. A. **Agricultura familiar no censo agropecuário 2006: o marco legal e as opções para sua identificação**. Estudos Sociedades e Agricultura, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 127-157, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cronologia do embargo judicial**. Brasília, 2003. 5p. Disponível em :< http://www.cnpso.embrapa.br/download/cronologia_sojarr.pdf>. Acesso em: novembro de 2016.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. 2016. Disponível em: < <http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: novembro de 2016.

FAOSTAT. **Statistical Database**. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/beta/en/#data/QC>>. Acesso em: novembro de 2016.

FUGLIE, K. O.; WANG, S. L.; BALL, V. E. (Ed.). **Productivity Growth in Agriculture: an international perspective**. Oxfordshire: CABI, 2012. 378 p.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; VALDEZ, C.; BACCHI, M. R. P. Produtividade e crescimento: algumas comparações. In: ALVES, E. R. de A.; SOUZA, G. S. e; GOMES, E. G. (Ed.). **Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 155-140.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; VALDEZ, C.; BACCHI, M. R. P. **Produtividade da agricultura: Resultados para o Brasil e estados selecionados**. Revista de Política Agrícola, Brasília, v. 23, n. 3, p. 87-98, 2014.

GUESMI, B.; SERRA, T. Can we improve farm performance? The determinants of farm technical and environmental efficiency. *Applied Economic Perspectives and Policy* (2015), volume 37, number 4, pp.692-717.

- HELFAND, S. M.; MAGALHÃES, M. M.; RADA, N. E. Brazil's agricultural total factor productivity growth by farm size. *IDB Working Paper Series* No 609, September 2015.
- HELFAND, S. M.; LEVINE, E. S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. *Agricultural Economics*, 31(2004), 241-249.
- HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Soja. Documentos 319, Londrina, Outubro de 2011.
- HOFFMANN, R. A agricultura familiar produz 70% dos alimentos consumidos no Brasil? *Revista Segurança Alimentar e Nutricional*, Campinas, 21(1): 417-421, 2014.
- IMORI, D.; GUILHOTO, J. J. M.; POSTALI, F. A. S. **Eficiência Técnica Das Agropecuárias Familiar e Patronal – Diferenças Regionais No Brasil**. In: X Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 2012, Recife, PE. Anais do X Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2006: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro, p. 1-777, 2006.
- KUMBHAKAR, S. C.; LOVELL, C. A. K. **Stochastic Frontier Analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000, p. 343.
- KUMBHAKAR, S. C.; WANG, H.; HORNCastle, A. P. **A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata**. New York: Cambridge University Press, 2015, 476 p.
- LIMA, C. M. **Desempenho de colhedoras de uma e de duas fileiras, semi-montadas para colheita mecanizada direta de milho**, 2008, 81 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- OLIVEIRA, M. N.; XAVIER, J. H. V.; SILVA, F. A. M.; SCOPEL, E.; ZOBY, J. L. F. **Efeitos da introdução do sistema de plantio direto de milho por agricultores familiares do município de Unaí, MG (Cerrado brasileiro)**. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 39, n. 1, p. 51-60, jan/mar 2009.
- PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. **Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, mar/abr 2008.
- SCHIOSCHET, T.; PAULA, N. **Soja transgênica no Brasil: os limites do processo de difusão tecnológica**. *Estudos Sociedades e Agricultura*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 27-53, 2008.

- SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: Calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa soja, 2008, 148 p.
- SILVEIRA, J. M.; PORTUGAL, F. A. F. **Técnicas de colheita de soja**. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000g00ye4km02wx5ok0q43a0retc3f1a.html>>. Acesso em: novembro de 2016.
- SOUZA, D. P. H. **Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite**, 2003, 136 p. Tese (Doutor em Ciências, Área de concentração: Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- SOUZA, U. R.; BRAGA, M. J.; FERREIRA, M. A. M. Fatores associados à eficiência técnica e de escala das cooperativas agropecuárias paranaenses. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 49, n. 3, p. 573-597, set. 2011.
- SOUZA, G. S.; GOMES, E. G.; GAZZOLA, R.; WANDER, A. E. **Eficiência técnica na agricultura brasileira: uma abordagem via fronteira estocástica**. In: XIII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, 2010, Rio de Janeiro. Anais do XIII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, 2010.
- SOUZA FILHO, H. M.; BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, J. M. F. J.; VINHOLIS, M. M. B. **Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 28, n. 1, p. 223-255, jan/abr 2011.
- SPAROVEK, G.; MAULE, R. F.; BARRETTO, A.; DOURADO NETO, D.; MARTINS, S. P. **Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil (MI/FEALQ)**. 2014.
- STATACORP. 2015. Stata Statistical Software: Release 14. College Station, TX: StataCorp LP.
- THERIAULT, V.; SERRA, R. Institutional Environment and Technical Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis of Cotton Producers in West Africa. *Journal of Agricultural Economics*, v. 65, n. 2, p. 383-405, 2014.

4. CONCLUSÕES

As produções de soja e milho representam duas das mais importantes cadeias produtivas da agropecuária brasileira, tendo apresentado nos últimos anos significativos ganhos de produtividade. Entretanto, comparativamente aos níveis de produtividade observados no cenário internacional, identifica-se um potencial para ganhos de produtividade e eficiência produtiva. Deste modo, a presente dissertação buscou identificar as principais barreiras para ganhos de eficiência na produção dessas culturas.

Os resultados estimados em ambos os artigos que compõem esta dissertação indicaram uma menor eficiência técnica média dos produtores de milho, relativamente à média estimada para os produtores de soja. Uma possível explicação para este fato é a maior presença da produção de milho no território nacional não sendo, muitas vezes, a atividade principal do estabelecimento agropecuário, situação pouco observada com o cultivo de soja. Nesse sentido, o caráter de atividade secundária da produção de milho, observada em muitos estabelecimentos agropecuários pode acarretar em menores níveis de eficiência.

Além disso, observou-se também que, comparativamente ao cultivo da soja, o milho é produzido de modo mais tradicional dentro do estado de São Paulo e no Brasil, empregando menos tecnologia e práticas modernas de plantio.

As estimativas para a aptidão do solo, clima e relevo revelaram situações distintas nos modelos para São Paulo e Brasil, com a alta e média aptidão atuando como aumentadoras de eficiência em São Paulo, e como aumentadoras de ineficiência no modelo para o Brasil. Este resultado sugere a necessidade de futuras pesquisas, que possam analisar com maiores detalhes a influência da aptidão na eficiência técnica ao nível regional.

Os resultados para o uso de sementes transgênicas indicaram uma relação desta variável com a ineficiência da produção no país. Devido às restrições legais para sua comercialização, que vigoraram no Brasil no início da década de 2000, estudos futuros, a partir de versões mais recentes do Censo Agropecuário, podem obter resultados diferentes para os impactos estimados dessa variável.

Os principais resultados para a eficiência técnica revelaram a importância da utilização de técnicas modernas de manejo para ganhos de eficiência, como adoção do sistema de plantio direto, manejo integrado de pragas e colheita mecanizada ou semi-mecanizada.

REFERÊNCIAS

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. v. 9 Safra 2015/2016 - Nono levantamento. Brasília, p. 1-174, junho 2016.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. 2016. Disponível em:<
<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: novembro de 2016.
- FERREIRA, M. O. Crescimento e transformações estruturais da agropecuária cearense. 2003. 118f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- FUGLIE, K. O.; WANG, S. L.; BALL, V. E. (Ed.). **Productivity Growth in Agriculture: an international perspective**. Oxfordshire: CABI, 2012. 378 p.
- GASQUES, J. G. ; BASTOS, E. T.; VALDES, C.; BACCHI, M. Produtividade e crescimento – algumas comparações. In: ALVES, E. R. de A.; SOUZA, G. da S. e; GOMES, E. G. (Ed.). **Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 155-140.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Contribuição da agropecuária brasileira na construção de uma sociedade sem fome e sem miséria e de uma economia sustentável. Brasília: MAPA, 2012. 16p.
- NUNES, S. P. **O desenvolvimento da agricultura brasileira e mundial e a idéia de desenvolvimento rural**. Departamento de Estudos Sócio-Econômicos Rurais. Boletim Eletrônico, nº 157, março de 2007. Disponível em:<
<http://www.deser.org.br/documentos/doc/DesenvolvimentoRural.pdf>>. Acesso em: 21 de novembro de 2016.
- STUKER, H. Uma metodologia de avaliação da eficiência agropecuária de municípios. 2003. 131f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

ANEXOS

ANEXO A - Estatística descritiva das variáveis da função de produção de milho – São Paulo

Variável	Média	Desvio-padrão
Produtividade (kg/ha)	4.606,93	1.810,20
Produção (kg)	64.703,99	239.410,30
Mão de obra familiar (Qtd)	2,07	1,80
Mão de obra permanente (Qtd)	3,37	10,45
Área cultivada (ha)	12,26	42,02
Estoque de capital (R\$ de 2007)	98.323,96	250.992,70

Fonte: Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA) e elaboração do autor.

ANEXO B - Estatística descritiva das variáveis da função de produção de soja – São Paulo

Variável	Média	Desvio-padrão
Produtividade (kg/ha)	2.724,37	495,36
Produção (kg)	145.443,00	281.369,70
Mão de obra familiar (Qtd)	1,61	1,33
Mão de obra permanente (Qtd)	1,68	18,08
Área cultivada (ha)	52,06	96,66
Estoque de capital (R\$ de 2007)	218.117,30	513.719,60

Fonte: Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA) e elaboração do autor.

ANEXO C - Estatística descritiva erro aleatório MQO - milho

	Cobb-Douglas	Translog
Observações	46.728	46.728
Média	0,0000	0,0000
Desvio-padrão	0,4867	0,4846
Variância	0,2369	0,2349
Assimetria	-1,2055	-1,1950
Curtose	4,3337	4,3516

Fonte: Calculado pelo autor a partir de dados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA).

ANEXO D - Testes de hipóteses - milho

Teste	Hipótese nula	Estatística do teste	Conclusão
Normalidade do erro			
Cobb-Douglas	$\varepsilon \sim N(\mu, \sigma)$	8581,42	Rejeita-se H0
Translog	$\varepsilon \sim N(\mu, \sigma)$	8515,54	Rejeita-se H0
Soma dos coeficientes			
Cobb-Douglas	$\Sigma \beta = 1$	24,45	Rejeita-se H0
Translog	$\Sigma \beta = 1$	6,14	Rejeita-se H0
Cobb-Douglas x Translog			
Likelihood-ratio	$\beta_{ij} = 0, \forall ij$	96,67	Rejeita-se H0

Fonte: Calculado pelo autor a partir de dados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA).

ANEXO E - Estatística descritiva erro aleatório MQO - soja

	Cobb-Douglas	Translog
Observações	6.992	6.992
Média	0,0000	0,0000
Desvio-padrão	0,2143	0,2131
Variância	0,0459	0,0454
Assimetria	-2,0919	-2,1117
Curtose	10,7528	10,8591

Fonte: Calculado pelo autor a partir de dados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA).

ANEXO F - Testes de hipóteses - soja

Teste	Hipótese nula	Estatística do teste	Conclusão
Normalidade do erro			
Cobb-Douglas	$\varepsilon \sim N(\mu, \sigma)$	3226,45	Rejeita-se H0
Translog	$\varepsilon \sim N(\mu, \sigma)$	3258,38	Rejeita-se H0
Soma dos coeficientes			
Cobb-Douglas	$\Sigma\beta = 1$	3,86	Rejeita-se H0
Translog	$\Sigma\beta = 1$	0,76	Não se rejeita H0
Cobb-Douglas x Translog			
Likelihood-ratio	$\beta_{ij} = 0, \forall ij$	125,2	Rejeita-se H0

Fonte: Calculado pelo autor a partir de dados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA).

ANEXO G - Frequência das variáveis associadas à eficiência técnica da produção de milho – São Paulo

		(continua)
Variável	Frequência (Em %)	Número absoluto
ATER		
Não faz uso	34,09	15.929
Apenas ATER pública	36,92	17.253
Apenas ATER privada	12,13	5.669
ATER pública e privada	16,86	7.877
Sementes melhoradas		
Não utiliza	35,76	16.709
Utiliza	64,24	30.019
Crédito rural		
Não utiliza	80,26	37.503
Utiliza	19,74	9.225
Sindicalizado		
Não é sindicalizado	73,56	34.372
É sindicalizado	26,44	12.356
Nível de instrução		
Sem instrução, com instrução incompleta ou Pessoa Jurídica	14,04	6.562

ANEXO G - Frequência das variáveis associadas à eficiência técnica da produção de milho – São Paulo

Variável	(conclusão)	
	Frequência (Em %)	Número absoluto
Primário completo	47,24	22.072
1º grau completo	11,88	5.549
2º grau completo	11,93	5.573
Ensino superior completo	14,92	6.972
Conservação de solo		
Não pratica	41,25	19.276
Pratica	58,75	27.452
Plantio direto		
Não faz uso	90,87	42.461
Faz uso	9,13	4.267
Manejo integrado de pragas		
Não faz uso	96,99	45.320
Faz uso	3,01	1.408
Colheita mecânica		
Não faz uso	61,11	28.557
Faz uso	38,89	18.171
Aptidão solo, clima, relevo		
Média aptidão	23,31	10.891
Alta aptidão	60,47	28.256
Adubação verde		
Não faz uso	91,16	42.599
Faz uso	8,84	4.129

Fonte: Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA), Sparovek *et al.* (2014) e elaboração do autor.

ANEXO H - Frequência das variáveis associadas à eficiência técnica da produção de soja – São Paulo

Variável	(continua)	
	Frequência (Em %)	Número absoluto
ATER		
Não faz uso	16,39	1.146
Apenas ATER pública	28,00	1.958
Apenas ATER privada	13,09	915
ATER pública e privada	42,52	2.973
Sementes melhoradas		
Não utiliza	14,19	992
Utiliza	85,81	6.000
Crédito rural		
Não utiliza	55,99	3.915
Utiliza	44,01	3.077

ANEXO H - Frequência das variáveis associadas à eficiência técnica da produção de soja – São Paulo

		(conclusão)
Variável	Frequência (Em %)	Número absoluto
Sindicalizado		
Não é sindicalizado	60,04	4.198
É sindicalizado	39,96	2.794
Nível de instrução		
Sem instrução, com instrução incompleta ou Pessoa Jurídica	9,10	636
Primário completo	46,30	3.237
1º grau completo	12,90	902
2º grau completo	14,17	991
Ensino superior completo	17,53	1.226
Conservação de solo		
Não pratica	4,15	290
Pratica	95,85	6.702
Plantio direto		
Não faz uso	36,61	2.560
Faz uso	63,39	4.432
Manejo integrado de pragas		
Não faz uso	93,38	6.529
Faz uso	6,62	463
Colheita mecânica		
Não faz uso	4,86	340
Faz uso	95,14	6.652
Aptidão solo, clima, relevo		
Média aptidão	3,56	249
Alta aptidão	96,34	6.736
Adubação verde		
Não faz uso	87,23	6.099
Faz uso	12,77	893

Fonte: Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (Projeto LUPA), Sparovek *et al.* (2014) e elaboração do autor.

ANEXO I - Testes de hipóteses normalidade e assimetria do erro - milho

Teste	Hipótese nula	Estatística do teste	Conclusão
Cobb-Douglas			
Normalidade do erro	$\varepsilon \sim N(\mu, \sigma)$	205665,84	Rejeita-se H0
Assimetria na distribuição do erro	Sem assimetria	-380,48	Rejeita-se H0
Translog			
Normalidade do erro	$\varepsilon \sim N(\mu, \sigma)$	242840,76	Rejeita-se H0
Assimetria na distribuição do erro	Sem assimetria	-444,66	Rejeita-se H0

Fonte: Calculado pelo autor.

ANEXO J - Testes de hipóteses retornos à escala e especificação função de produção - milho

Teste	Hipótese nula	Estatística do teste		Conclusão	
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 1	Modelo 2
Soma dos coeficientes					
Cobb-Douglas	$\Sigma\beta = 1$	723,95	723,97	Rejeita-se H0	Rejeita-se H0
Translog	$\Sigma\beta = 1$	158,95	158,87	Rejeita-se H0	Rejeita-se H0
Cobb-Douglas x Translog					
Likelihood-ratio	$\beta_{ij} = 0, \forall ij$	103751,28	103574,43	Rejeita-se H0	Rejeita-se H0

Fonte: Calculado pelo autor.

ANEXO K - Número de estabelecimentos por Grande Região – cultura de milho

Região	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
Centro-oeste	42.417	2,43
Nordeste	892.835	51,1
Norte	78.170	4,47
Sudeste	219.450	12,56
Sul	514.307	29,44
Total	1.747.179	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

ANEXO L - Número de estabelecimentos por classe de produtor – cultura de milho

Tipo estabelecimento	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
Agricultor familiar	1.530.998	87,63
Agricultor não familiar	216.181	12,37
Total	1.747.179	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

ANEXO M - Número de estabelecimentos segunda classe de renda – cultura de milho

Classes de renda	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
> 200	6.897	0,39
(10, 200]	154.240	8,83
(2, 10]	395.320	22,63
(0, 2]	1.190.722	68,15
Total	1.747.179	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

ANEXO N - Quantidade de estabelecimentos segundo tipo de aptidão – cultura de milho

Tipo de aptidão	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
Baixa	725.492	41,52
Média	660.303	37,79
Alta	361.384	20,68
Total	1.747.179	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados de Sparovek et al (2014).

ANEXO O - Estatística descritiva das variáveis da função de produção – cultura de milho

Variável	Média	Mediana	Desvio-padrão
Valor dos bens (R\$ de 2006)	183.841,40	32.723,00	1.835.148,00
Área colhida (ha)	6,31	1,21	90,29
Quantidade produzida (kg)	23.119,45	1.000,00	461.367,70
Mão de obra familiar	3	2	5
Mão de obra não familiar	1	0	5
Mão de obra total	3	3	7

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

ANEXO P - Frequência das variáveis associadas à eficiência técnica – cultura de milho

(continua)

Variável	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
Assistência técnica		
Não faz uso	1.300.891	74,46
Faz uso	446.288	25,54
Tipo de Assistência técnica		
Governamental	194.335	11,12
Própria	55.752	3,19
Cooperativa	105.613	6,04
Empresa integradora	94.461	5,41
Empresa planejadora	31.603	1,81
ONG	3.121	0,18
Outras	10.232	0,59

ANEXO P - Frequência das variáveis associadas à eficiência técnica – cultura de milho
(conclusão)

Variável	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
Uso de financiamento público		
Não fez uso	1.332.146	76,25
Fez uso	415.033	23,75
Tipo de financiamento		
Pronaf	351.937	20,14
Outros financiamentos públicos	68.953	3,95
Nível de instrução		
Não sabe ler e escrever	479.546	27,45
Alfabetização adultos/nenhum (sabe ler e escrever)/ensino fundamental incompleto	1.038.638	59,45
Ensino fundamental completo	119.706	6,85
Ensino médio completo	69.230	3,96
Técnico agrícola, eng. agrônomo, veterinário, zootecnista, eng. florestal, outra formação superior	40.059	2,29
Adubação		
Não faz uso	1.015.794	58,14
Faz uso	731.385	41,86
Associado, cooperado ou entidade de classe		
Não	837.436	47,93
Sim	909.743	52,07
Plantio direto		
Não faz uso	1.413.426	80,90
Faz uso	333.753	19,10
Sementes transgênicas		
Não faz uso	1.738.232	99,49
Faz uso	8.947	0,51
Colheita mecânica (total ou parcial)		
Não faz uso	1.485.109	85,00
Faz uso	262.070	15,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

ANEXO Q - Testes de hipóteses normalidade e assimetria do erro - soja

Teste	Hipótese nula	Estatística do teste	Conclusão
Cobb-Douglas			
Normalidade do erro	$\varepsilon \sim N(\mu, \sigma)$	27389,4	Rejeita-se H0
Assimetria na distribuição do erro	Sem assimetria	-180	Rejeita-se H0
Translog			
Normalidade do erro	$\varepsilon \sim N(\mu, \sigma)$	27281,5	Rejeita-se H0
Assimetria na distribuição do erro	Sem assimetria	-177	Rejeita-se H0

Fonte: Calculado pelo autor.

ANEXO R - Testes de hipóteses retornos à escala e especificação função de produção - soja

Teste	Hipótese nula	Estatística do teste		Conclusão	
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 1	Modelo 2
Soma dos coeficientes					
Cobb-Douglas	$\Sigma\beta = 1$	699,12	699,06	Rejeita-se H0	Rejeita-se H0
Translog	$\Sigma\beta = 1$	75,4	75,5	Rejeita-se H0	Rejeita-se H0
Cobb-Douglas x Translog					
Likelihood-ratio	$\beta_{ij} = 0, \forall ij$	2300,55	2341,91	Rejeita-se H0	Rejeita-se H0

Fonte: Calculado pelo autor.

ANEXO S - Número de estabelecimentos por Grande Região – cultura de soja

Região	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
Centro-oeste	10.480	6,43
Nordeste	1.092	0,67
Norte	537	0,33
Sudeste	4.655	2,86
Sul	146.120	89,71
Total	162.884	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

ANEXO T - Número de estabelecimentos por classe de produtor – cultura de soja

Tipo estabelecimento	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
Agricultor familiar	118.865	72,98
Agricultor não familiar	44.019	27,02
Total	162.884	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

ANEXO U - Número de estabelecimentos segunda classe de renda – cultura de soja

Classes de renda	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
>200	6.610	4,06
(10, 200]	59.697	36,65
(2, 10]	75.301	46,23
(0, 2]	21.276	13,06
Total	162.884	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

ANEXO V - Quantidade de estabelecimentos segundo tipo de aptidão

Tipo de aptidão	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
Baixa	5.923	3,64
Média	44.140	27,10
Alta	112.821	69,26
Total	162.884	100

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados de Sparovek et al (2014).

ANEXO X - Estatística descritiva das variáveis da função de produção – cultura de soja

Variável	Média	Mediana	Desvio-padrão
Valor dos bens (R\$ de 2006)	1.187.460,00	285.900,00	5.863.713,00
Área colhida (ha)	94,61	13,00	465,71
Quantidade produzida (kg)	246.922,70	27.000,00	1.319.686,00
Mão de obra familiar	3	2	7
Mão de obra não familiar	1	0	14
Mão de obra total	4	3	17

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.

ANEXO W - Frequência das variáveis associadas à eficiência técnica – cultura de soja
(continua)

Variável	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
Assistência técnica		
Não faz uso	31.183	19,14
Faz uso	131.701	80,86
Tipo de Assistência técnica		
Governamental	27.431	16,84
Própria	19.651	12,06
Cooperativa	73.807	45,31
Empresa integradora	15.724	9,65
Empresa planejadora	19.935	12,24
ONG	247	0,15
Outras	1.980	1,22
Uso de financiamento público		
Não fez uso	69.816	42,86
Fez uso	93.068	57,14
Tipo de financiamento		
Pronaf	69.759	42,83
Outros financiamentos públicos	25.182	15,46
Nível de instrução		
Não sabe ler e escrever	2.256	1,39
Alfabetização adultos/nenhum (sabe ler e escrever)/ensino fundamental incompleto	105.623	64,85
Ensino fundamental completo	23.758	14,59
Ensino médio completo	17.673	10,85
Técnico agrícola, eng. agrônomo, veterinário, zootecnista, eng. florestal, outra formação superior	13.574	8,33
Adubação		
Não faz uso	4.454	2,73
Faz uso	158.430	97,27
Associado, cooperado ou entidade de classe		
Não	30.639	18,81
Sim	132.245	81,19

ANEXO W - Frequência das variáveis associadas à eficiência técnica – cultura de soja
(conclusão)

Variável	Frequência absoluta	Frequência relativa (em %)
Plantio direto		
Não faz uso	15.911	9,77
Faz uso	146.973	90,23
Sementes transgênicas		
Não faz uso	86.214	52,93
Faz uso	76.670	47,07
Colheita mecânica (total ou parcial)		
Não faz uso	6.656	4,09
Faz uso	156.228	95,91

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Censo Agropecuário 2006.