

EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO VALE DO SÃO FRANCISCO: ESTIMATIVA DE ESCORES E SEUS DETERMINANTES

ÁREA TEMÁTICA:

Políticas Públicas

AUTORES:

1. Emanuel de Souza Barros >> PPGECON/UFPE
2. Leonardo Ferraz Xavier >> PIMES/UFPE
3. Henrique Veras de Paiva Fonseca >> PIMES/UFPE
4. Ecio de Farias Costa >> PIMES/UFPE

RESUMO:

O presente artigo visa analisar os diferenciais de eficiência técnica entre os produtores do Vale do São Francisco e identificar os fatores que explicam as variações nesses escores. Para tanto, foram estimados os escores de eficiência através do método DEA com retorno variável de escala (DEA-V). Após a estimação dos escores de eficiência, foi calculado um modelo Tobit considerando esses resultados como variável dependente. Verificou-se que características como porte do produtor e experiência do mesmo, além de tecnologia e acesso a assistência técnica tendem a elevar os níveis de eficiência, enquanto idade e diversificação produtiva devem reduzir tais escores.

Palavras-chave: Agricultura – Eficiência – DEA-V – Tobit.

ABSTRACT:

This paper aims to analyze the differences in technical efficiency between these producers and to identify factors that explain the variations in these scores. For this, estimated the efficiency scores by DEA under variable returns to scale (DEA-V). After estimating the efficiency scores, a Tobit model was constructed considering these results as the dependent variable. As a result, it was found that characteristics such as size and experience of the producer, technology and access to technical assistance of that tend to raise levels of efficiency, while age and productive diversification should reduce these scores.

Key words: Agriculture – Efficiency – DEA-V – Tobit.

EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO VALE DO SÃO FRANCISCO: ESTIMATIVA DE ESCORES E SEUS DETERMINANTES

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura irrigada explorada no semi-árido nordestino, especialmente no Vale do São Francisco, tem sido exemplo de alternativa exitosa quanto aos benefícios gerados sobre a economia regional. A atividade constitui importante instrumento de geração de renda e emprego, traduzindo-se em relevante fonte geradora de dinamismo social e econômico. O Polo Petrolina-Juazeiro, em virtude dos impactos gerados pelos investimentos em irrigação realizados ao longo de décadas, tem se destacado no contexto da fruticultura nacional através de uma crescente participação na produção e exportação de produtos, com um leque considerável de opções de frutas e hortaliças.

A atividade agrícola na região, até o início da década de 1970, baseava-se predominantemente em culturas de ciclos curtos e de sequeiro, cujas produtividades eram bastante incipientes e de baixo valor agregado. Com o objetivo de aumentar a renda da região, gerando novos empregos e, conseqüentemente, melhorando as condições de vida da população rural do Nordeste brasileiro, o Governo Federal, através de investimentos realizados pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) em grandes projetos de irrigação, modificou por completo as características da agricultura na região. Segundo Lima e Miranda (2001), a área de exploração na região aumentou cerca de 286% entre os anos 1970 e 1990, com a implantação dos projetos de irrigação. Atividades com maior valor agregado, as quais requerem a utilização de insumos modernos e maior capacitação da mão-de-obra para a adoção de práticas de irrigação adequadas e racionais no processo produtivo, passaram a ser desenvolvidas visando atender à demanda dos grandes centros urbanos e também à demanda internacional.

Os produtos que obtiveram maior destaque neste cenário, principalmente após a década de 1990, foram uva e manga, cujas qualidades são reconhecidas mundialmente. De acordo com dados da CODEVASF (Brasil, 2012), o Polo Petrolina-Juazeiro possui cerca de 120 mil hectares destinados à atividade agrícola. A produção de frutas destaca-se como a predominante dentre as culturas na região. Uva e manga são as explorações mais importantes, com cerca de 65% do valor total da produção agrícola local, segundo dados da instituição. Ainda de acordo com a instituição, cerca de um milhão de toneladas de frutas são produzidas por ano na região, destinadas basicamente ao mercado interno, mais especificamente à região centro-sul do país. Entretanto, aproximadamente 30% da produção local destinam-se ao mercado externo, representando quase metade do total das exportações brasileiras de frutas. Os produtores da região possuem, atualmente, nível tecnológico capaz de competir nacional e internacionalmente, garantindo maior valor agregado ao processo produtivo.

Neste contexto, a presente pesquisa busca investigar o nível de eficiência técnica associado aos produtores da região, com o objetivo de indicar se os mesmos têm se caracterizado como eficientes na utilização do nível tecnológico vigente na região e explicar possíveis vieses de ineficiência, ou seja, se estes estão ligados a fatores socioeconômicos dos próprios produtores. O objetivo principal deste artigo é, portanto, estimar os níveis de eficiência relativa dos produtores inseridos no Polo Petrolina-Juazeiro, através do método DEA com retorno variável de escala. Por seu turno, pretende-se avaliar os resultados de um modelo Tobit utilizando os escores de eficiência como variável dependente e, como variáveis explanatórias, fatores como porte do produtor, tecnologia, educação, experiência, idade, diversificação produtiva, assistência técnica, treinamento, associação e pesquisa. A investigação tem por base as informações de levantamento primário realizado na região no período de outubro a novembro de 2009. Visto que referida pesquisa descreve dados referentes ao ano agrícola de 2008/2009, objetiva-se avaliar, complementarmente, os impactos da crise econômica mundial deflagrada em meados de 2008 sobre os produtores da

região, o que pode ser alcançado incorporando-se essa informação ao conjunto de variáveis explanatórias descritas anteriormente.

Com vistas a um direcionamento objetivo aos resultados e conclusões do artigo, o mesmo foi organizado em seis seções, incluindo a presente introdução. Na seção “Referencial Teórico”, são apresentados exemplos de estudos na literatura relacionada à identificação de determinantes da eficiência, inclusive com respeito específico ao caso da eficiência na produção agrícola. Na Seção 3, “Metodologia”, apresentam-se as descrições sumárias do método DEA e do modelo Tobit, enquanto que na seção “Estudo de caso” são descritos aspectos relacionados à base de dados utilizada e às variáveis consideradas nos modelos empíricos (DEA e Tobit). A seção “Resultados”, por sua vez, é dividida em três tópicos, o primeiro relacionado às estimativas de escores de eficiência dos produtores da amostra; o segundo com a análise descritiva dos resultados de eficiência frente às características dos produtores citadas anteriormente; e o último apresentando a análise do modelo Tobit estimado. Por fim, considerações finais são expostas na seção “Conclusões”.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para a avaliação dos determinantes dos níveis de eficiência, diversos estudos têm utilizado como instrumento os escores resultantes da aplicação do método DEA em conjunto com modelos de regressão Tobit. Outros métodos também são observados na literatura para a identificação dos determinantes da eficiência produtiva. Em geral, os métodos alternativos mais utilizados são o de Produtividade Total dos Fatores (PTF) e estimações de alguma função de produção parametrizada¹. Tais estimações requerem, *a priori*, índices de preços multilaterais² para *inputs* e *outputs*. A falta de medidas adequadas, nesse sentido, dificulta a operacionalização de referidas estimações. O método DEA, por sua vez, não possui tal restrição, de forma a facilitar a análise da medida de eficiência produtiva.

Em vários trabalhos sobre eficiência produtiva, a abordagem mais comum, conhecida como aplicação DEA em dois estágios, trata da mensuração da eficiência relativa no primeiro estágio, enquanto que, no segundo estágio, os escores de eficiência técnica são explicados por variáveis relevantes, as quais não são diretamente incluídas na análise DEA. O modelo Tobit (Tobin, 1958) é sugerido como modelo estatístico multivariado apropriado para a estimação do segundo estágio ao considerar as características da distribuição das medidas de eficiência (Grosskopf, 1996). Por exemplo, Luoma *et alli* (1996) conduziram ambas as análises (DEA / Regressão Tobit) em aplicações para o setor de saúde, a fim de estimar a ineficiência e seus determinantes. Em análise sobre o mesmo campo, Chilingerian (1995) estudou a eficiência e o desempenho médico, concluindo que uma expressiva quantidade de dinheiro poderia ser poupada caso todos os médicos efetuassem suas práticas de forma tão eficiente quanto o mais competente médico da amostra.

Como exemplos de outros estudos que utilizaram a metodologia DEA/Tobit, deve ser referenciado o trabalho realizado por Bjurek *et alli* (1992), o qual investigou a eficiência de creches públicas na Suécia e estimou os determinantes da ineficiência destas, utilizando dados de aproximadamente 200 creches. Dentre outros, Oum e Yue (1994) procuraram determinar a eficiência produtiva do sistema ferroviário em dezenove países da OCDE. Kirjaveinen e Loikkanen (1998), por sua vez, utilizam a metodologia DEA associada à regressão Tobit a fim de estudar a diferença de eficiência entre escolas secundárias na Finlândia. Marinho (2003) também se utilizou

¹ Em tais estudos é comum a utilização de funções de produção neoclássicas para estimar a eficiência produtiva, como os trabalhos desenvolvidos por Caves, Christensen e Swanson (1981), Gillen, Oum e Tretheway (1990), Oum, Tretheway e Zhang (1991), dentre outros.

² Índices de preços multilaterais são aqueles cujo nível de preço pode ser comparado não apenas através do tempo dentro de uma determinada firma, como também entre as firmas. A construção de tais índices pode ser uma tarefa bastante difícil, ou até mesmo impossível, devido à falta de dados adequados para a sua mensuração. Para detalhes acerca da construção de índices multilaterais, ver Caves, Christensen e Diewert (1982).

da metodologia para estimar a eficiência da prestação de serviços de saúde em municípios do estado do Rio de Janeiro, utilizando como *inputs* variáveis como valor médio de internações, total de leitos contratados *per capita* e capacidade ambulatorial instalada; e como *outputs* o total de internações em hospitais e procedimentos ambulatoriais *per capita*. Scheraga (2004), utilizando uma amostra de 38 empresas aéreas, derivaram escores de eficiência para empresas aéreas em nível individual, encontrando resultados semelhantes aos obtidos pela literatura tradicional acerca do tema. Turner *et alli* (2004) verificaram os possíveis determinantes da eficiência de terminais de contêineres nos Estados Unidos para os anos de 1984 a 1997. Por sua vez, em trabalho recente, Wanke e Affonso (2011) utilizaram-se da abordagem DEA/Tobit para estimar a eficiência dos operadores logísticos brasileiros e concluir que processos de coordenação têm papel fundamental no desempenho daqueles.

Especificamente sobre a avaliação dos determinantes da eficiência de produtores agrícolas, Krasachat (2004) estimou a eficiência técnica do cultivo de arroz na Tailândia, utilizando-se da abordagem DEA para modelar de forma não-paramétrica a eficiência das fazendas em questão e, em seguida, utilizando o modelo Tobit para explicar a probabilidade de mudanças na ineficiência devido a fatores específicos relacionados ao processo produtivo de arroz. Variáveis como área plantada, representando o impacto do tamanho das culturas sobre a ineficiência, bem como *dummies* representando o efeito da infraestrutura de irrigação e o impacto da localização do cultivo (*dummies* para cada província da amostra), foram utilizadas para explicar a ineficiência técnica. Os resultados encontrados pelo autor sugerem que não existe comprovação empírica de que o tamanho da área e a técnica de irrigação utilizada exerçam influência sobre a eficiência técnica. Além disso, possíveis diferenças entre as províncias (como clima, recursos naturais, etc.) interferem de forma significativa a escala de eficiência relativa dos produtores.

Vicente (2004), por sua vez, estudou a eficiência relativa das culturas agrícolas brasileiras para o ano de 1995. Utilizando-se da abordagem de estimação em dois estágios através do método DEA e regressão Tobit, o autor sugere a presença de moderada ineficiência técnica e forte ineficiência alocativa por parte dos produtores brasileiros. Ademais, condições de solo e clima desfavoráveis, assim como o uso inadequado de técnicas de irrigação, explicam os baixos níveis de eficiência técnica, além do baixo nível educacional em áreas rurais.

Santos *et alli* (2009) mensuraram a eficiência técnica de 228 talhões de café das regiões Cerrado e Sul de Minas Gerais, bem como identificaram seus principais determinantes, considerando na análise culturas irrigadas e não-irrigadas. Os autores utilizam como determinantes da ineficiência técnica variáveis como produtividade da mão-de-obra, produtividade da terra, capital e produtividade do custo operacional efetivo. Os resultados encontrados pelos autores sugerem a existência de margem para redução na utilização dos *inputs* sem que haja o comprometimento do nível de produção na maioria dos perímetros analisados. Além disso, sugere que produtividades da mão-de-obra e da terra afetam positivamente a eficiência dos talhões não-irrigados; enquanto as produtividades do capital, da mão-de-obra e dos custos operacionais, afetam significativamente e de forma direta a eficiência dos talhões irrigados.

Mariano e Pinheiro (2009) identificam as fontes de ineficiência técnica da agricultura familiar no Projeto de Irrigação do Baixo Açu (RN), utilizando-se da metodologia DEA/Tobit. Para tanto, utilizaram como variáveis explicativas à ineficiência técnica a idade do produtor, grau de escolaridade, tempo no lote (em anos), experiência na agricultura (em anos), treinamento em sistemas de irrigação, assistência técnica e informações sobre o acesso a crédito. O estudo sugere que fatores como idade, escolaridade, tempo no lote, treinamento e crédito afetam negativamente a ineficiência técnica, enquanto que as variáveis de experiência e assistência técnica impactam de forma positiva. De acordo com os resultados obtidos, os autores sugerem a adoção de políticas de estímulo à permanência dos agricultores em seus respectivos lotes, evitando a alta rotatividade, bem como a ampliação de treinamento adequado aos produtores e a maior participação destes no acesso ao crédito rural, a fim de aumentar a eficiência produtiva na região.

Ayaz *et alli* (2010), por sua vez, investigaram os determinantes da eficiência produtiva do setor agrícola, como um todo, no Paquistão. Área operacional, experiência agrícola, nível de

escolaridade, acesso a crédito rural, tamanho da família, além do número de culturas praticadas foram alguns dos fatores identificados como explicativos do nível de eficiência dos agricultores locais. Os resultados obtidos sugerem uma relação negativa entre a eficiência técnica e as seguintes variáveis: experiência, escolaridade, acesso ao crédito e número de culturas praticadas. Por outro lado, fatores como área operacional e tamanho da família relacionam-se positivamente.

Koc *et alli* (2011) analisam a eficiência técnica em culturas de milho na região mediterrânea da Turquia. A estimação dos determinantes da eficiência, obtida pela metodologia DEA/Tobit, sugere que os fatores de influência negativa são: número de pesticidas utilizados, número de processos de irrigação e nível de escolaridade. Por outro lado, área plantada, idade do produtor e renda não proveniente da atividade afetam o escore de eficiência de forma positiva.

Observa-se que a literatura acerca do tema não é tão recente, ainda que se verifique uma intensificação de estudos realizados nos últimos anos. Particularmente quanto à investigação de determinantes da eficiência na produção agrícola, não está claro quais fatores a afetam de forma positiva ou negativa. Em certos estudos empíricos, por exemplo, o nível de escolaridade é tido como fator de elevação da eficiência, enquanto em outros essa variável se relaciona inversamente. O mesmo ocorre com fatores como experiência, crédito, assistência técnica e área produzida. Ademais, não há padrão quanto às variáveis testadas empiricamente, observando-se trabalhos em que são incluídas variáveis explicativas como renda extra-rural, tamanho da família, diversificação produtiva e tecnologias de produção variadas.

3. METODOLOGIA

Do ponto de vista metodológico, o enfoque do presente estudo concentra-se na estimação dos níveis de eficiência e na explicação das variações desses escores. Para tanto, serão expostas, a seguir, as descrições sumárias do método DEA e do modelo Tobit.

O método DEA foi proposto inicialmente por Charnes *et alli* (1978) e Färe *et alli* (1985) como um aperfeiçoamento do método proposto por Farrel (1957). A análise de fronteiras de produção proposta por Farrel (1957) utilizou técnicas de programação linear para encontrar a eficiência econômica. Seu trabalho era simples e se baseava na medida de uma isoquanta eficaz de modo a estabelecer uma combinação de insumos e tecnologia capaz de gerar uma fronteira máxima de produção. Nenhuma forma funcional foi utilizada. Charnes *et alli* (1978) então desenvolveram a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA), onde é possível construir fronteiras de produção cujas limitações impostas são de uma tecnologia convexa (perfeita divisibilidade) e livre disponibilidade de insumos e produtos. Anos mais tarde, Färe *et alli* (1985) mostraram que a regra de Farrel (1957) é equivalente ao cálculo das funções distância-insumo de Shephard (1970).

A principal motivação para se utilizar o método DEA está no fato de que, para avaliar a eficiência das firmas, não é necessário supor uma forma funcional para a tecnologia. Além do mais, esse método é bastante útil quando se pretende analisar múltiplos insumos e múltiplos produtos, e a variável preço não pode ser quantificada, como nos serviços prestados por universidades, hospitais, dentre outros.

A suposição fundamental do modelo DEA está no fato de que é possível construir uma fronteira com segmentos lineares, uma “fronteira de melhor prática”, utilizando as firmas reais nos seus pontos extremos e firmas “virtuais” ou “compostas”, criadas a partir de combinações convexas das firmas reais. As firmas eficientes situam-se sobre fronteira, enquanto aquelas não eficientes em baixo dela.

O modelo DEA com rendimento variável de escala (DEA-V) foi introduzido por Banker *et alli* (1984) como uma extensão do modelo DEA-C, de Charnes *et alli* (1978). A novidade, na época, diz respeito à incorporação da hipótese de rendimento variável de escala à análise. Para isto, Banker *et alli* (1984) introduziram a ideia de que a soma dos pesos de cada produtor no processo de

produção (λ_j) seria igual à unidade, representada pela notação matricial $\sum_{j=1}^n e_j^T \lambda_j = 1$, em que e_j^T representa o vetor transposto dos níveis de eficiência do j -ésimo produtor.

Considerando que existam n DMUs representadas por $j \in J = \{j \mid j = 1, 2, \dots, n\}$, dado um vetor de insumos $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T > 0$ e um vetor de produtos $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T > 0$, o problema de maximização, supondo distância produto, será dado por:

$$\begin{aligned} & \underset{\theta, \lambda}{\text{Max}} \theta \\ \text{s.a: } & X\lambda \leq X_0; \quad \theta Y_0 - Y\lambda \leq 0; \quad \theta \text{ livre}; \quad \sum_{j=1}^n e_j^T \lambda_j = 1 \end{aligned}$$

Portanto, o escore de eficiência relacionado a cada observação (e_j), será dado pela inversa da solução do problema de maximização ($1/\theta_j$).

Por sua vez, para a identificação dos determinantes dos níveis de eficiência, como aplicado nos estudos citados na seção “Referencial teórico”, será utilizado o modelo de regressão Tobit. Visto que os escores de eficiência produzidos no método DEA resultam em valores entre zero e um, torna-se problemática a aplicação de Mínimos Quadrados Ordinários para regredir tal variável dependente. Nesse sentido, é recomendada a utilização do modelo Tobit, o qual assume distribuição normal truncada ou censurada, sendo empregado o método de estimação por máxima verossimilhança (Greene, 1997). Referido modelo foi desenvolvido por Tobin (1958), sendo chamado inicialmente de Modelo de Variáveis Limitadas Dependentes. Ademais, segundo Maddala (1983), dada a semelhança frente ao modelo Probit, popularizou-se referenciar tal modelo simplesmente como Tobit. Conforme Greene (1997), o mesmo pode ser definido como a seguir, com y_i^* representando a variável dependente a ser estimada, β como o vetor de parâmetros a serem estimados, x_i representando as variáveis explanatórias e ε_i como o termo de erro da equação:

$$y_i^* = \beta' \cdot x_i + \varepsilon_i$$

A variável y_i , a qual se refere aos escores de eficiência observados (calculados através do método DEA-V), é, portanto, definida da seguinte maneira:

$$\begin{cases} y_i = y_i^* & ; \quad y_i^* < y_i^c \\ y_i = y_i^c & ; \quad y_i^* \geq y_i^c \end{cases}$$

Assim, y_i^c representa o valor da censura e, conforme os propósitos da presente pesquisa, seu valor corresponde a 1.

O valor esperado de y_i , dado o vetor de variáveis explanatórias x_i , é encontrado através da seguinte equação:

$$\begin{aligned} E(y_i \mid x_i) &= \Pr(y_i = 1) \cdot E(y_i \mid y_i = 1) + \Pr(y_i < 1) \cdot E(y_i \mid y_i < 1) = \\ &= x_i' \cdot \beta \cdot \Phi \left(\frac{\beta \cdot x_i'}{\sigma} \right) + \phi \left(\frac{\beta \cdot x_i'}{\sigma} \right) \end{aligned}$$

Nesta, σ refere-se ao desvio-padrão dos termos de erro, Φ diz respeito à função distribuição cumulativa normal avaliada em $\beta \cdot x_i' / \sigma$, enquanto ϕ trata-se da função densidade normal avaliada em $\beta \cdot x_i' / \sigma$.

Nesse sentido, o efeito marginal referente às variações de x_i pode ser encontrado calculando a seguinte diferenciação:

$$\frac{\partial E(y_i | x_i)}{\partial x_i} = \beta \cdot \Phi \left(\frac{\beta \cdot x_i'}{\sigma} \right)$$

Portanto, conhecidos os efeitos marginais das variáveis explanatórias, bem como a significância de seus coeficientes, é possível dar apontamentos acerca dos determinantes da variação dos níveis de eficiência dos produtores estudados na presente pesquisa.

4. ESTUDO DE CASO

As informações relativas à conjuntura dos produtores no Vale do São Francisco constituem-se de dados primários obtidos através de uma pesquisa de campo financiada pelo CNPq, através do Edital Universal MCT/CNPq 14/2008, aplicada junto a 173 produtores do Polo Petrolina-Juazeiro, durante os meses de outubro e novembro do ano de 2009. A pesquisa descreve dados de corte transversal para o ano agrícola de 2008/2009, com relação aos perímetros de irrigação Senador Nilo Coelho, Maria Tereza e Bebedouro.

Vale destacar que o Perímetro Nilo Coelho é o maior projeto de irrigação do Polo Petrolina-Juazeiro. Em 2005, segundo a CODEVASF (Brasil, 2011), este perímetro respondia por 38% do total de áreas irrigadas, 27% do total de empresas rurais e 52% dos colonos que atuam nos municípios de Petrolina e Juazeiro. Por sua vez, os Perímetros Bebedouro e Maria Tereza também somam importância para o Polo: respectivamente, 6% e 12% das áreas irrigadas, 4% e 9% do número de empresas rurais, e 8% e 16% do número de colonos. Outros perímetros importantes podem ser destacados na região, como Tourão, Maniçoba, Curaçá e Mandacaru, todos apresentando características semelhantes aos perímetros visitados durante o levantamento amostral.

Do total de entrevistados, 149 possuíam área irrigada inferior a 10 ha, 15 produtores irrigavam entre 10 e 100 ha, e nove irrigavam acima de 100 ha. A concentração das entrevistas em agricultores de pequeno porte vale-se da forte participação destes quando se considera o número de produtores que atuam no Polo. Nesse sentido, enfatiza-se que a amostra deve representar satisfatoriamente as características da região e podem sintetizar conclusões a respeito dos determinantes do nível de eficiência entre seus produtores.

Para efeito da estimação das fronteiras de produção, necessária à investigação dos escores de eficiência, foi efetuada com a agregação de todos os produtos, contemplando o total de 173 produtores especializados principalmente na produção de uva, manga, goiaba, acerola, banana e coco. A variável dependente tratada no método DEA (modelo empírico) refere-se ao valor da produção [$VP = f(A, L, K, Ins)$], ou seja, à soma das receitas obtidas com todos os cultivos explorados na propriedade. As variáveis explicativas, por sua vez, referem-se à área produzida (A), à mão-de-obra (L), ao capital (K) e aos insumos (Ins).

Quanto à área produzida (A), considerou-se a área plantada, em hectares, com todos os cultivos explorados na propriedade. Com relação à mão-de-obra (L), foram consideradas as despesas totais realizadas pelo negócio com a contratação de trabalhadores e a estimativa de custo de oportunidade da utilização de mão-de-obra familiar. Por sua vez, para o fator capital (K), considerou-se a soma de aluguéis e depreciação de máquinas e equipamentos utilizados na propriedade. Por fim, quanto aos insumos (Ins), foram consideradas as despesas totais realizados pelo negócio com a aquisição de adubos, defensivos, materiais de pós-produção e outros insumos citados espontaneamente pelo entrevistado. Todas essas questões foram levantadas direta ou indiretamente através da pesquisa de campo³.

³ Cabe destacar, contudo, que a informação referente às despesas com mão-de-obra considerou uma estimativa através do número de funcionários na propriedade, tomando-se como referência o salário mínimo do ano de 2009 (R\$ 465,00) e encargos sociais de 80%. Para todos os entrevistados, considerou-se ainda a inclusão de um indivíduo nos custos de mão-de-obra, como forma de produzir uma estimativa para o custo de oportunidade da utilização de mão-de-obra familiar.

Através dessas informações iniciais e da aplicação do método DEA-V, foi possível extrair a variável dependente tratada na estimação do modelo Tobit para identificação dos determinantes das variações da eficiência produtiva. Assim, foi possível regressar, através do método de máxima verossimilhança, os escores de eficiência como função das seguintes variáveis: porte do produtor, tecnologia, educação, experiência, idade, diversificação produtiva, assistência técnica, treinamento, associação e pesquisa. Adicionalmente, visto que a pesquisa descreve dados referentes ao ano agrícola de 2008/2009, incorporou-se uma variável relacionada aos efeitos da crise econômica mundial deflagrada em meados de 2008, com o intuito de avaliar os impactos desse acontecimento sobre a ineficiência produtiva.

Alguns apontamentos acerca das variáveis explanatórias devem ser feitos. Primeiramente, as seguintes variáveis foram observadas através de perguntas diretas aos produtores: i) porte, tendo como *proxy* a área total da propriedade; ii) educação, tratada como os anos de estudo do produtor; iii) experiência, tratada como os anos de experiência do produtor na propriedade; iv) idade, que se refere aos anos de idade do proprietário; v) assistência técnica, *dummy* tratada como a satisfação dos produtores quanto à obtenção de assistência técnica pública⁴; vi) treinamento, *dummy* tratada como a participação do proprietário e/ou de funcionários em treinamentos; vii) associação, *dummy* tratada como a satisfação dos produtores quanto à participação em associações; viii) pesquisa, *dummy* tratada como a satisfação dos produtores quanto à relação com instituições de pesquisa; e ix) crise, *dummy* tratada como a ocorrência de receitas abaixo do esperado no período referente à crise econômica mundial. As duas variáveis restantes, tecnologia e diversificação produtiva, foram obtidas indiretamente, com suas descrições apresentadas de forma pormenorizada no Apêndice.

5. RESULTADOS

A presente seção é dividida em três partes: a primeira apresenta os resultados da estimação dos níveis de eficiência dos produtores componentes da amostra; em seguida, faz-se uma análise descritiva das relações entre características do produtor e seus resultados de eficiência; e, por fim, são apresentados os resultados da estimação de um modelo Tobit para identificação dos determinantes da eficiência produtiva.

5.1 Níveis de eficiência estimados pelo método DEA-V

Os resultados dos níveis de eficiência estimados pelo método DEA-V encontram-se na Tabela 1. Foram considerados, para efeito de comparação, os cinco produtores mais eficientes e os cinco menos eficientes. Aqueles que obtiveram escores iguais a 1 foram excluídos dessa amostra, a fim de evitar problemas ligados a *outliers*.

Como o método DEA-V foi estimado supondo retornos variáveis de escala, os produtores podem apresentar retornos constantes, crescentes ou decrescentes de escala. Na Tabela 1, entre parênteses, encontram-se os valores que seriam necessários obter (no caso do valor da produção) e utilizar (no caso dos fatores de produção) para que os produtores se tornassem eficientes, ou seja, para que os mesmos estivessem sobre a fronteira de produção. Em negrito, destacam-se as variáveis que precisariam sofrer tais alterações, segundo cada produtor aqui tratado pelo método DEA-V.

Dentre os cinco produtores mais eficientes, o segundo, o terceiro e o quinto apresentam retornos crescentes de escala. Nesse sentido, o fator espaço ainda é bastante preponderante para definir a rentabilidade dos mesmos. Isso é observado quando o DEA-V aponta que o fator “área produzida” precisa ser reduzido em torno de 20% a 50% para esses produtores, de modo que os

⁴ Visto que 93,6% dos entrevistados são assistidos, caracterizando invariabilidade amostral, preferiu-se desconsiderar qualquer relação insatisfatória ou qualquer obtenção de assistência técnica através de consultores externos ou funcionários da propriedade. Ademais, entende-se que a satisfação na relação com a assistência técnica indica a seleção amostral mais relevante.

mesmos venham a obter maior rentabilidade. Na verdade, uma interpretação para esse resultado está no fato de que, com as mesmas quantidades de fatores como mão-de-obra, capital e insumos, eles poderiam se tornar eficientes apenas aproveitando melhor o espaço disponível para realizar a atividade produtiva.

O primeiro e o quarto produtores mais eficientes, por sua vez, apresentam retornos decrescentes de escala. Tal resultado pode estar associado ao fato de os mesmos se encontrarem há mais de quinze anos no negócio, vindo a utilizar o espaço de forma intensiva. Dessa maneira, os mesmos precisariam alocar os demais recursos de produção para aumentar a rentabilidade e, conseqüentemente, elevar sua eficiência relativa.

Tabela 1: Comparação dos cinco mais eficientes com os cinco menos eficientes estimados.

Ranking	Escore	VP (R\$)	A (ha)	L (R\$)	K (R\$)	Ins (R\$)	Retorno
1°	0,983	112.387,00 (114.303,79)	8,60 (5,20)	20.088,00 (11.991,36)	30.104,26 (18.921,63)	6.700,00	Decresc.
2°	0,982	75.000,00 (76.375,05)	6,00 (4,33)	10.044,00	22.450,00 (15.720,63)	2.900,00	Cresc.
3°	0,972	143.000,00 (147.106,10)	5,50 (4,23)	20.205,44	13.783,46	15.590,62	Cresc.
4°	0,949	44.948,44 (47.381,45)	6,00 (3,31)	29.342,62 (10.110,48)	19.933,96 (11.790,16)	1.700,00	Decresc.
5°	0,867	75.000,00 (86.549,62)	4,50 (3,14)	20.088,00	8.235,78	8.100,00	Cresc.
169°	0,241	45.000,00 (186.992,50)	6,60 (4,66)	18.873,58	15.428,85	22.288,95	Cresc.
170°	0,238	15.000,00 (62.905,69)	12,50 (2,59)	8.487,70	3.779,03	8.865,85	Cresc.
171°	0,238	30.000,00 (126.047,15)	7,00 (3,95)	10.479,19	10.502,72	16.879,39	Cresc.
172°	0,235	18.362,79 (78.274,05)	5,60 (2,88)	7.925,26	5.144,77	10.898,52	Cresc.
173°	0,222	51.000,00 (230.080,22)	8,00 (4,43)	18.201,08	12.956,76	32.661,01	Cresc.

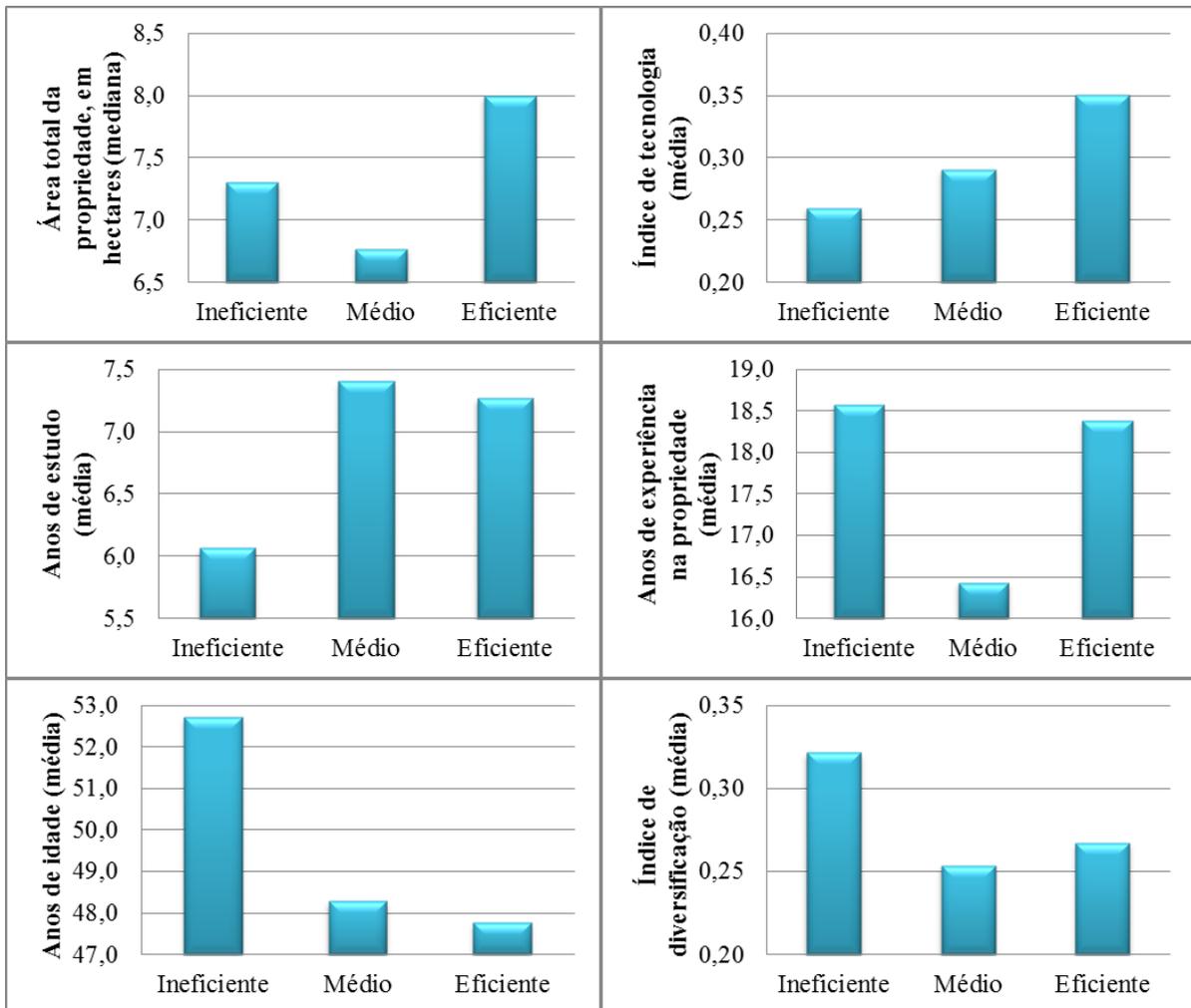
VP = valor da produção; A = área plantada; L, K e Ins = dispêndio com mão-de-obra, capital e insumos, respectivamente.
Fonte: elaborado pelos autores.

Outro fator importante a ser considerado é que quanto mais distante for o nível de eficiência da unidade, maior será o desvio do valor da produção do seu nível potencial. Isso pode ser observado para os cinco últimos produtores no *ranking* de eficiência, verificando-se seu valor de produção potencial. Os que estão na 171ª a 173ª posição poderiam aumentar em até cinco vezes seus respectivos valores de produção para estar sobre a fronteira de produção. Os cinco últimos produtores no *ranking* de eficiência apresentaram, todos, retornos crescentes de escala. Seus baixos escores são coerentes com a ideia de que os mesmos estariam ainda organizando suas capacidades produtivas em termos de espaço objetivando uma melhor utilização de suas áreas (as áreas produzidas poderiam ser reduzidas e ainda assim seriam compatíveis com seus gastos com os demais fatores de produção).

A eficiência média da amostra dos 173 produtores entrevistados foi de 48,3%. Nesse sentido, indica-se que a maior parte dos produtores ainda não veio a assimilar a capacidade tecnológica disponível pelo *savoir faire* da agricultura irrigada. Do total de produtores entrevistados, 71,10% ainda apresentam retornos crescentes de escala, 20,23% apresentam retornos decrescentes de escala e 8,67% exibem retornos constantes de escala.

5.2 Análise descritiva

Para um conhecimento dos possíveis fatores que influenciariam as variações de eficiência entre os produtores avaliados na amostra, faz-se aqui uma prévia análise descritiva relacionando características do produtor ao escore de eficiência por este apresentado. Para tanto, as relações são feitas considerando estratos de eficiência, tomando como produtores “eficientes” aqueles com escore maior que 2/3 (31 observações); “médios” com escore entre 1/3 e 2/3 (80 observações); e ineficientes com escore inferior a 1/3 (62 observações). As características aqui analisadas referem-se àquelas tratadas na seção “Estudo de caso”.



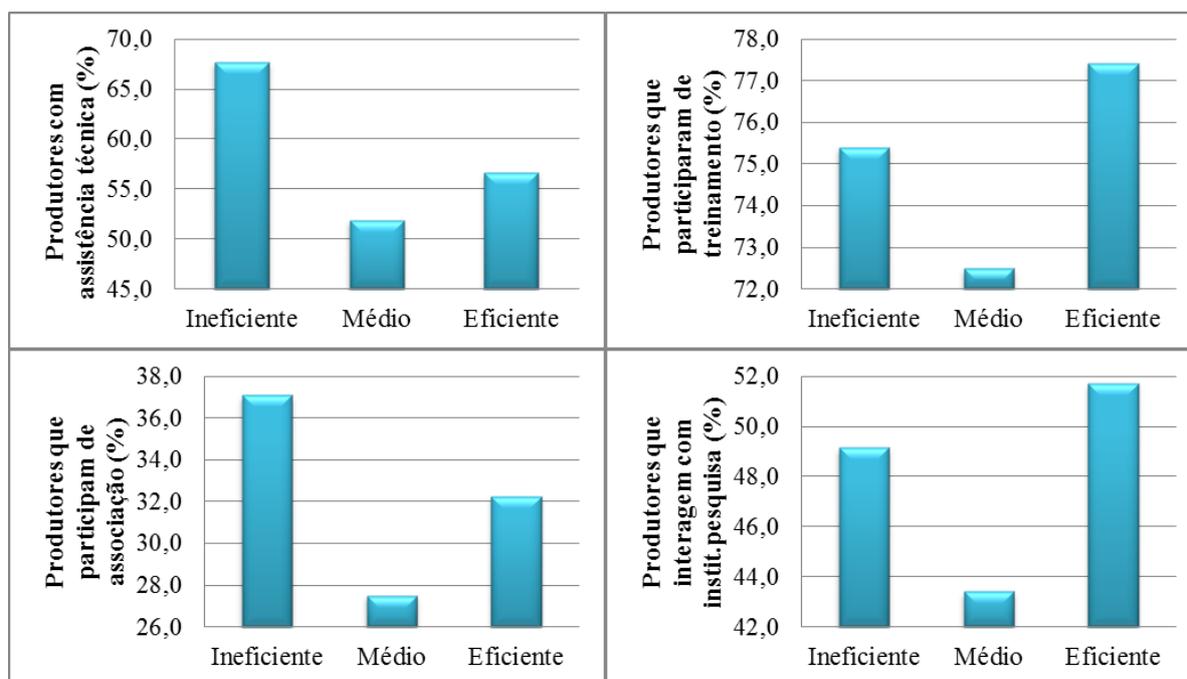


Figura 1: Relação entre estratos de eficiência e características do produtor.

Fonte: elaborado pelos autores.

Inicialmente, com respeito ao porte do produtor, avaliado sob a ótica da área total da propriedade, verifica-se que não há uma relação clara entre esta variável e a ocorrência do produtor nos estratos de eficiência considerados. Visto que a amostra apresenta ampla dispersão quanto à área da propriedade, a Figura 1 (primeira linha de quadros, à esquerda) traz as medianas obtidas em cada estrato de eficiência, observando-se que, dentre os produtores ineficientes, a mediana da área total situa-se em torno de 7,3; caindo esse valor para 6,8 entre os produtores do estrato mediano; e elevando-se para 8,0 entre os eficientes. No total da amostra, a mediana da área total da propriedade situa-se em 7,0 ha. Ainda que se observe uma relação positiva entre o porte do produtor e sua eficiência, a correlação linear entre as variáveis é consideravelmente reduzida, de apenas 8,91%. De fato, na amostra, são observados casos de produtores de maior porte, com áreas totais superiores a 100 hectares, caracterizados nos estratos ineficiente (quatro produtores, dois destes com áreas superiores a 500 ha) e mediano (quatro produtores, três destes com áreas superiores a 500 ha).

Quanto ao índice de tecnologia descrito no Apêndice A1, verifica-se relação positiva entre esta variável e a ocorrência do produtor nos estratos de eficiência, ou seja, produtores que utilizam técnicas de produção mais avançadas tenderiam a ser mais eficientes. Conforme apresentado na Figura 1 (primeira linha de quadros, à direita), dentre os produtores ineficientes, a média do índice gira em torno de 0,26; elevando-se para 0,29 entre os produtores do estrato mediano; e para 0,35 entre os eficientes. No total da amostra, o índice de tecnologia apresenta média equivalente a 0,29. Contudo, ainda que se observe a relação positiva entre tais variáveis, a correlação linear entre as mesmas é reduzida, de apenas 16,72%. Tal resultado parece estar relacionado àquele descrito quanto ao porte do produtor: apesar de não haver forte correlação entre o porte do mesmo e a tecnologia empregada na propriedade (coeficiente equivalente a 51,76%), a presença de grandes produtores nos estratos menos eficientes, mesmo utilizando técnicas mais avançadas, levam a uma expressiva redução da correlação linear entre o índice de tecnologia e os escores de eficiência.

Por sua vez, a relação entre os níveis de eficiência e a escolaridade do produtor apresenta fracas evidências. Conforme apresentado na Figura 1 (segunda linha de quadros, à esquerda), dentre os produtores ineficientes, a média de anos de estudo equivale a 6,1; elevando-se para 7,4 entre os produtores do estrato mediano; passando para 7,3 entre os eficientes. No total da amostra, a média de anos de estudo equivale a 6,9. O coeficiente de correlação linear entre esta variável e os escores de eficiência mostra-se positivo; contudo, seu valor é demasiado reduzido, girando em torno de 10,5%.

A experiência do produtor também apresenta fraca relação com os níveis de eficiência, visto que, conforme apresentado na Figura 1 (segunda linha de quadros, à direita), a média de anos na propriedade é de 18,6 entre os ineficientes; 16,4 entre os medianos; e 18,4 entre os eficientes. O coeficiente de correlação linear entre esta variável e os escores de eficiência chega a apenas -3,56%. Contudo, a relação entre a idade do produtor e os estratos de eficiência considerados parece ser mais evidente, visto que, como apresentado na Figura 1 (terceira linha de quadros, à esquerda), a média de idade dos produtores ineficientes equivale a 52,7; reduzindo para 48,3 entre os produtores do estrato mediano; e para 47,8 entre os produtores eficientes. Assim, aqueles mais jovens tenderiam a se caracterizar por maior eficiência produtiva. No total da amostra, a média de idade dos produtores equivale a 49,8. Contudo, o coeficiente de correlação linear entre esta variável e os escores de eficiência também se apresenta reduzido, da ordem de -13,19%.

Quanto ao índice de diversificação descrito Apêndice A2, verifica-se uma fraca relação negativa entre esta variável e a ocorrência do produtor nos estratos de eficiência, ou seja, produtores que concentram a atividade em menos cultivos tenderiam a se caracterizar por maior eficiência produtiva. Conforme apresentado na Figura 1 (terceira linha de quadros, à direita), dentre os produtores ineficientes, a média do índice gira em torno de 0,32; reduzindo-se para 0,25 entre os produtores do estrato mediano; e para 0,27 entre os eficientes. No total da amostra, o índice de diversificação apresenta média equivalente a 0,28. Ademais, a correlação linear entre esta variável e os escores de eficiência chega a somente 4,84%.

Quanto ao acesso à assistência técnica, considerou-se, para a apresentação da Figura 1 (penúltima linha de quadros, à esquerda), a relação entre os estratos de eficiência e a satisfação dos produtores quanto à obtenção de assistência técnica pública, desconsiderando, portanto, qualquer relação insatisfatória ou qualquer obtenção de assistência técnica através de consultores externos ou funcionários da propriedade. Assim, verifica-se uma fraca relação negativa entre as variáveis, visto que 67,7% dos produtores caracterizados como ineficientes têm acesso satisfatório à assistência técnica pública; reduzindo esse percentual para 51,9% dentre os produtores medianos; passando para 56,7% dentre os eficientes. No total da amostra, 58,5% mostram-se satisfeitos com a assistência recebida. Como em outros casos analisados, a correlação entre esta variável e os escores de eficiência mostra-se reduzida, igual a -10,45%. Tal resultado pode indicar falhas na assistência técnica pública ofertada frente aos resultados de eficiência dos produtores assistidos.

A relação entre os escores de eficiência e a participação dos produtores (ou funcionários da propriedade) em treinamentos também traz poucas evidências. Conforme apresentado na Figura 1 (penúltima linha de quadros, à direita), dentre os produtores ineficientes, 75,4% participaram de treinamentos; enquanto esse percentual equivale a 72,5% entre os produtores do estrato mediano; passando para 77,4% entre os eficientes. No total da amostra, 74,4% dos produtores participaram de algum tipo de treinamento. O coeficiente de correlação linear entre esta variável e os escores de eficiência mostra-se positivo; contudo, seu valor é demasiado reduzido, de apenas 2,2%.

De forma similar, é fraca a relação entre a eficiência e o associativismo. Para tal análise, considerou-se a satisfação dos produtores em participar de associações, descartando, assim, relações insatisfatórias. Conforme apresentado na Figura 1 (última linha de quadros, à esquerda), dentre os produtores ineficientes, 37,1% participam de associações de forma satisfatória; enquanto que esse percentual é de 27,5% entre os produtores do estrato mediano; passando para 32,3% entre os eficientes. Em toda a amostra, 31,8% dos produtores participam de associações e sentem-se satisfeitos com esta relação. O coeficiente de correlação linear frente aos escores de eficiência mostra-se negativo, com valor equivalente a -7,8%.

Com respeito à relação dos produtores com instituições de pesquisa, considerou-se a satisfação dos produtores em tal interação, descartando, assim, relações insatisfatórias. A Figura 1 (última linha de quadros, à direita) indica, nesse sentido, uma fraca relação entre esta variável e os estratos de eficiência, visto que, dentre os produtores ineficientes, 49,2% têm relação satisfatória com instituições de pesquisa; enquanto que esse percentual equivale a 43,4% entre os produtores do estrato mediano; passando para 51,7% entre os eficientes. No total da amostra, 47,0% dos produtores demonstraram ter relação satisfatória com instituições de pesquisa. Mais uma vez, o

coeficiente de correlação linear frente aos escores de eficiência mostra-se demasiadamente reduzido, igual a 0,7%.

Uma última análise foi feita com o intuito de verificar as implicações da crise econômica mundial de 2008, visto que a pesquisa foi a campo no período subsequente à mesma. Para tanto, considerou-se, sobre cada estrato de eficiência, o percentual de produtores que obtiveram receita aquém do esperado no período. Dessa maneira, como apresentado na Figura 2, 73,3% dos produtores ineficientes tiveram suas receitas abaixo do que esperavam; enquanto que esse percentual equivale a 62,8% entre os produtores do estrato mediano; e a 37,9% entre os eficientes. No total da amostra, 62,3% dos produtores citaram ter obtido receitas abaixo do esperado no período da crise. O coeficiente de correlação linear entre esta variável e os escores de eficiência apresenta valor equivalente a $-26,8\%$. Tal resultado pode indicar que a crise mundial teria explicado parte da ineficiência dos produtores no período.

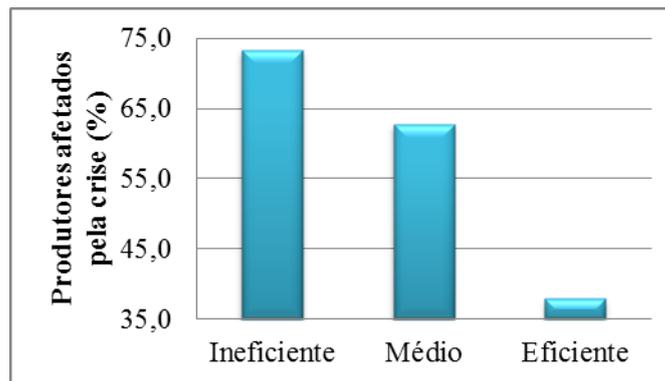


Figura 2: Relação entre estratos de eficiência e crise econômica.

Fonte: elaborado pelos autores.

5.3 Determinantes da variação de eficiência

Como observado na subseção anterior, a análise descritiva não evidencia causalidades, nem mesmo esclarece, de forma confiável, os fatores que afetam positiva e negativamente o nível de eficiência dos produtores. Com o intuito de testar estatisticamente as relações de causalidade e os efeitos das variáveis apresentadas, apresenta-se a estimação de um modelo Tobit, conforme descrito na Tabela 2. Tais resultados foram obtidos com correção de erros robusta à heterocedasticidade, ainda que seus erros-padrão estejam bastante próximos da estimação sem correção.

Tabela 2: Modelo Tobit estimado por máxima verossimilhança, com correção de erros robusta à heterocedasticidade (variável dependente: escore de eficiência).

Discriminação	Coefficiente estimado	Erro-padrão
Constante	0,696865***	0,121636
Porte do produtor	0,000243	0,000165
Tecnologia	0,317826**	0,142928
Educação	-0,002181 ^{NS}	0,005924
Experiência	0,005528*	0,003092
Idade	-0,003476*	0,001802
Diversificação produtiva	-0,276114***	0,085826
Assistência técnica	0,099711	0,068112
Treinamento	-0,098660 ^{NS}	0,072642
Associação	-0,034987 ^{NS}	0,041830
Pesquisa	-0,027528 ^{NS}	0,037527
Crise	-0,150706***	0,041834
<i>Sigma</i>	0,225293	
<i>Pseudo-R</i> ²	0,7293	

$F(11, 144)$	3,68***
$LR(11)$	39,330***
<i>Log likelihood</i> (modelo completo)	-7,298
Nº de observações	155 (14 <i>right-censored</i>)

*** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; * Significativo a 10%; ^{NS} Não significativo.

Fonte: elaborado pelos autores.

Por meio do teste de Razão de Verossimilhança (*LR*), verifica-se que o modelo apresentado é globalmente válido, com nível de significância inferior a 1%, o que indica que os coeficientes estimados apresentam, conjuntamente, ajustamento satisfatório. A significância da estatística *F* (inferior a 1%), bem como o elevado *Pseudo-R*² (0,729), corroboram com a indicação de bom ajustamento do modelo aos dados observados. Vale ainda destacar que a análise de correlação entre as variáveis explicativas indica inexistência de colinearidade, bem como é inexpressiva a correlação entre as variáveis utilizadas (explicada e explicativas) e o termo de erro do modelo estimado. Ademais, o termo de erro segue distribuição normal, conforme resultado da estatística de Jarque-Bera (176,9361, significativo a 1%). Com relação ao número de observações (155), demonstra-se que foram excluídas as informações não respondidas pelos produtores, que foram identificados como *missing values*. Destaca-se que 14 destas observações encontram-se no limite superior de eficiência (escore = 1,0).

Quatro variáveis consideradas no modelo não se mostraram estatisticamente significantes, não sendo, portanto, fatores importantes para explicar a eficiência dos produtores estudados. Tratam-se das variáveis associadas ao nível de escolaridade, à participação em treinamentos, ao associativismo e à relação com instituições de pesquisa. Como apresentado na análise descritiva, essas foram as variáveis que menos apresentaram relação comportada frente aos níveis de eficiência.

Outras duas variáveis, ainda que não tenham apresentado nível de significância inferior a 10%, não serão tratadas aqui como irrelevantes para explicar a eficiência dos produtores, quais sejam o porte do produtor (significância de 14,3%) e o acesso à assistência técnica (14,5%). Os demais coeficientes estimados, por sua vez, mostraram-se todos estatisticamente significantes para explicar, individualmente, as variações de eficiência entre os produtores componentes da amostra. Dessa maneira, passa-se a analisar cada variável explicativa tratada no modelo, de acordo com a sequência apresentada na Tabela 2.

Com respeito à área total da propriedade, variável *proxy* referente ao **porte do produtor**, verificou-se que seu efeito marginal (equivalente ao coeficiente estimado apresentado na Tabela 2) é bastante reduzido, da ordem de 0,024%, com nível de significância de 14,3%. Ou seja, a cada hectare acrescido à área total da propriedade, o escore de eficiência do produtor seria acrescido em 0,024%. Assim, ainda que se possa indicar que produtores de maior porte tendem a ser mais eficientes, os escores de eficiência são fortemente inelásticos à área total da propriedade⁵. Com efeito, a própria análise descritiva não evidenciou claramente que propriedades maiores tendem a se caracterizar por maior eficiência. Ao se considerar um produtor com área de 7,0 ha (equivalente à mediana amostral da área total), ainda que o mesmo passasse a ter um porte de 100 ha, tudo mais constante, seu nível de eficiência seria acrescido em somente 2,3%. Se passasse a 1.000 ha, por sua vez, a variação do escore seria de 27,3%. Assim, observa-se que o porte do produtor, por si, não é capaz de variar de forma contundente o nível de eficiência do mesmo.

Por sua vez, a **tecnologia** tem considerável efeito sobre as variações de eficiência. Como *proxy*, utilizou-se um índice que varia entre zero (menor tecnologia) e um (maior tecnologia)⁶. Nesse sentido, seu efeito marginal foi estimado em 31,783%, com nível de significância de 2,8%. Na verdade, esse efeito marginal calculado diz respeito ao acréscimo de uma unidade nesta variável,

⁵ Mesmo para uma área de dois mil hectares, o acréscimo de 1% nesta variável explicativa levaria ao incremento do escore de eficiência em apenas 0,487%, caracterizando-se, portanto, pela inelasticidade. Somente para o máximo de área observado, de quatro mil hectares, sua elasticidade chegaria próximo de ser unitária, chegando a 0,977.

⁶ Mais detalhes, ver Apêndice A1.

ou seja, a variação do escore de eficiência quando o índice de tecnologia passa de seu valor mínimo (zero) ao seu valor máximo (um). Ao se considerar o impacto de cada acréscimo de 0,01 unidade no índice, verifica-se que o efeito sobre o nível de eficiência equivale a 0,276%, o que indica que uma maior utilização de técnicas avançadas na propriedade tende a elevar seu nível de eficiência. Contudo, verifica-se que as variações do escore são também fortemente inelásticas às variações no índice de tecnologia⁷. Por exemplo, tomando-se um produtor com índice de tecnologia de 0,29 (equivalente à média amostral deste índice), se o mesmo passasse a apresentar índice de tecnologia equivalente a 0,39, tudo mais constante, seu nível de eficiência seria acrescido em somente 2,8%. Contudo, se o mesmo passasse a apresentar o valor máximo, ou seja, um índice de tecnologia igual a 1, a variação do escore seria de 21,6%. Assim, observa-se que a elevação tecnológica, por si, também não é capaz de variar de forma contundente o nível de eficiência.

A variável referente à **educação**, como explicitado anteriormente, mostrou-se estatisticamente insignificante para explicar as variações da eficiência no caso analisado. Nesse sentido, o fato de o produtor ter maior ou menor nível de instrução não seria capaz de explicar as variações sobre sua eficiência, diante das demais variáveis consideradas no modelo. O mesmo raciocínio deve ser aplicado às variáveis referentes a **treinamento**, **associação** e **pesquisa**, resultado que pode ser relacionado a possíveis falhas dessas instituições quanto ao alcance de melhorias na eficiência produtiva. Sobre todas essas variáveis insignificativas, seus resultados estatísticos são coerentes com o observado na análise descritiva, cujas relações frente aos níveis de eficiência mostravam-se inconclusivas.

Com respeito à **experiência**, tratada como os anos de experiência dos produtores na propriedade, observou-se que a mesma tem reduzido efeito marginal, da ordem de 0,553%, com nível de significância de 7,6%. Portanto, ainda que se possa indicar que produtores mais experientes tendem a se caracterizar por maior eficiência, os escores são fortemente inelásticos às alterações nesta variável⁸. Com efeito, a própria análise descritiva, assim como no caso da variável relacionada ao porte do produtor, não evidenciou que indivíduos mais experientes tendam a se caracterizar por maior eficiência. Ao se considerar um produtor com experiência de 17,55 anos (equivalente à média amostral desta variável), ainda que o mesmo incremente sua experiência para 27,55 anos, tudo mais constante, seu nível de eficiência seria acrescido em somente 5,7%. Se passasse para 42 anos (máximo observado na amostra), por sua vez, a variação do escore seria de 14,4%. Assim, observa-se que a experiência do produtor, por si, não é capaz de variar de forma contundente o nível de eficiência do mesmo.

De forma semelhante às demais variáveis significativas aqui destacadas, a **idade** do produtor também apresentou reduzido efeito marginal, indicando que o nível de eficiência seria inelástico às alterações desta variável⁹. O efeito, calculado em -0,348%, com nível de significância de 5,6%, indica que produtores de mais idade tendem a se caracterizar por menor eficiência. Ao se considerar um produtor com idade de 49,77 anos (equivalente à média amostral), ainda que o mesmo fosse caracterizado por 59,77 anos de idade, tudo mais constante, seu nível de eficiência seria reduzido em somente 3,4%. Se passasse para 78 anos (máximo observado na amostra), por sua vez, a variação do escore seria de -9,4%. Assim, observa-se que a idade do produtor, por si, não é capaz de variar de forma contundente o nível de eficiência do mesmo.

A **diversificação produtiva** também mostrou efeito marginal reduzido, indicando que o nível de eficiência seria inelástico às alterações desta variável. O efeito, calculado em -27,611%, com nível de significância de 0,2%, indica que produtores que apresentam maior índice de diversificação¹⁰ tendem a se caracterizar por menor eficiência. Como no caso descrito quanto ao

⁷ Mesmo para um índice de tecnologia equivalente a 0,99, o que indica forte uso de técnicas avançadas na atividade, o acréscimo de 1% neste valor levaria ao incremento da eficiência em apenas 0,274%.

⁸ Mesmo para o máximo de anos de experiência observado, equivalente a 42 anos, o acréscimo de 1% neste valor levaria ao incremento da eficiência em apenas 0,232%.

⁹ Mesmo para a idade máxima observada, equivalente a 78 anos, o acréscimo de 1% neste valor levaria à redução da eficiência em apenas 0,271%.

¹⁰ Detalhes referentes ao Índice de Diversificação de Simpson, ver Apêndice A2.

índice de tecnologia, o efeito marginal calculado diz respeito ao acréscimo de uma unidade na variável de diversificação, ou seja, a variação do escore de eficiência quando o índice de diversificação passa de seu valor mínimo (zero) ao seu valor máximo (um). Ao se considerar o impacto de cada acréscimo de 0,01 unidade no índice, verifica-se que o efeito sobre o nível de eficiência equivale, na verdade, a $-0,323\%$. Nesse sentido, a variação da eficiência é fortemente inelástica às alterações no índice de diversificação¹¹. Assim, ao se considerar um produtor com índice de diversificação equivalente a 0,28 (média amostral), se o mesmo passasse a apresentar índice de 0,38, tudo mais constante, seu nível de eficiência seria reduzido em somente 3,2%. Se passasse para um índice de 0,70 (máximo observado na amostra), por sua vez, a variação do escore seria de 12,8%. Observa-se, portanto, que a diversificação produtiva, por si, também não é capaz de variar de forma contundente o nível de eficiência do mesmo.

O acesso à **assistência técnica**, tratada através da *dummy* de satisfação do produtor quanto à obtenção de assistência técnica pública¹², teria efeito positivo sobre o nível de eficiência produtiva. Nesse sentido, o fato de o produtor se sentir satisfeito frente à assistência recebida elevaria seu escore de eficiência em 9,971%, com nível de significância de 14,5%. Apesar de seu coeficiente estimado não ser estatisticamente significativo a 10%, esta variável não será aqui tratada como irrelevante para explicar a eficiência dos produtores, tendo em vista justamente o impacto acima descrito.

Por fim, quanto à *dummy* relacionada à **crise** econômica mundial deflagrada em meados de 2008, percebeu-se que aqueles produtores que obtiveram receita abaixo do esperado no período teriam seu escore de eficiência reduzido em 15,071%, com nível de significância de 0,0%. Tal efeito corrobora com os resultados apresentados na análise descritiva, ou seja, de que a crise mundial teria explicado parte da ineficiência dos produtores no período.

6. CONCLUSÕES

A análise dos escores de eficiência estimados pelo método DEA-V mostra que os produtores possuem ainda boa capacidade de expansão de suas rentabilidades, bastando para isso utilizarem de forma mais eficaz a área produzida, principal ponto de intersecção entre os cinco mais eficientes e os cinco menos eficientes. A eficiência média de 48,30%, aliada ao fato de que 71,10% dos produtores exibirem ainda retornos crescentes de escala, geram um cenário capaz de ser, em hipótese, ampliado e melhor gerenciado.

Nesse sentido, a identificação dos fatores determinantes das variações de eficiência possibilita dar apoio à formulação de políticas públicas com vistas a reverter tal cenário. De acordo com os resultados da presente pesquisa, características como porte do produtor, experiência e idade, além de fatores como tecnologia, diversificação produtiva e assistência técnica, são significativos para explicar os níveis de eficiência dentre os produtores da amostra utilizada. Vale ressaltar que os efeitos marginais calculados sobre estas variáveis indicam que as variações nos escores de eficiência são inelásticas a suas alterações. Assim, tende-se a afirmar que nenhuma das variáveis aqui tratadas seria capaz, sozinha, de variar de forma contundente o nível de eficiência dos produtores. Contudo, quando as variações se fazem conjuntamente, é possível alcançar resultados satisfatórios.

Como verificado, o porte e a experiência afetam positivamente, enquanto que a idade afeta negativamente os resultados de eficiência. Estas variáveis são características intrínsecas ao produtor, não sendo, portanto, objeto de políticas setoriais. Por seu turno, observou-se que os produtores que menos diversificam suas atividades, tendem a obter melhores resultados de eficiência; contudo, isso também não deve ser objeto de política, no sentido de promover a

¹¹ Mesmo para um índice equivalente a 0,99, o que indica forte diversificação produtiva, o acréscimo de 1% neste valor levaria à redução da eficiência em apenas 0,319%.

¹² Mais detalhes, ver seção “Estudo de caso”.

concentração. Tal constatação somente corrobora com a ideia de que a concentração produtiva deve gerar ganhos de escala ou, ainda, que a estratégia de diversificação das atividades, no período estudado, não resultou em ganhos de eficiência.

Assim, o foco principal de políticas setoriais deve recair sobre a difusão de técnicas avançadas de produção, podendo-se utilizar, para tal, instrumentos de assistência técnica. Como observado nos resultados da pesquisa, as variáveis tecnologia e acesso à assistência técnica são estatisticamente significantes para explicar as variações de eficiência dos produtores, ambas positivamente relacionadas. Outro ponto a ser observado pelos formuladores de políticas setoriais diz respeito às possíveis falhas na concepção e execução dos treinamentos realizados junto aos produtores da região, visto que tal variável não tem trazido efeitos significativos sobre os ganhos de eficiência dos mesmos. De forma análoga, chama-se atenção a possíveis falhas na relação dos produtores junto a associações e instituições de pesquisa, já que ambas as variáveis apresentaram efeitos estatisticamente insignificantes. Adicionalmente, obteve-se que os anos de estudo do produtor não explicam as variações de eficiência, o que pode estar relacionado a falhas neste sistema ou, ainda, que a significância dos efeitos da experiência sejam preponderantes sobre a eficiência do produtor.

Ademais, com respeito à crise econômica mundial deflagrada no ano de 2008, verificou-se que a mesma pode explicar parte da ineficiência dos produtores estudados na amostra, com efeito negativo em torno de 15,1% sobre seus escores. Foi possível avaliar tal impacto graças ao período de referência abordado nas entrevistas, coincidente com a ocorrência da crise. De acordo com os resultados, pode-se indicar que a produção frutícola da região, de fato, está sujeita a choques externos, o que seria conjecturado dada a forte participação de cultivos como uva e manga no total produzido localmente, tendo como importante destino destes o mercado internacional.

REFERÊNCIAS

- AYAZ, S.; HUSSAIN, Z.; SIAL, M.H. Role of credit on production efficiency of farming sector in Pakistan (a data envelopment analysis). *Engineering and Technology*, n.66, p.1042-1047, 2010.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies. *Management Science*, v.30, p.1078-1092, 1984.
- BJUREK, H.; KJULIN, U.; GUSTAFSON, B. Efficiency, productivity and determinants of inefficiency at public day care centers in Sweden. *Scandinavian Journal of Economics*, v.94, Supplement, p.173-187, 1992.
- BRASIL, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF. *Home page*. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/> Acesso em: 14 abr. 2012.
- CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L.R., DIEWERT, W.E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. *Econometrica*, v.50, p.1393-1414, 1982.
- CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L.R., SWANSON, J.A. Productivity, growth, scale economics, and capacity utilization in U.S. railroads, 1955-1974. *American Economic Review*, v.71, p.994-1002, 1981.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHONES, E. Measuring efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, n.2, p.429-444, 1978.
- CHILINGERIAN, J.A. Evaluating physician efficiency in hospitals: a multivariate analysis of best practices. *European Journal of Operational Research*, n.80, p.548-574, 1995.
- FÄRE, M.; GROSSKPOF, R.S.; LOVELL, C.K. *The measurement of efficiency of production*. Boston: Kluwer-Nijhoff Publishing, 1985.
- FARRELL, M.J. The measurement of economic efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, v.120, Series A Pt. III, p.252-281, 1957.

- GILLEN, D.W., OUM, T.H., TRETHERWAY, M.W., Airline cost structure and policy implications: a multi-product approach for Canadian airlines. *Journal of Transport Economics and Policy*, v.24, n.1, p.9-34, 1990.
- GREENE, W.H. *Econometric analysis*, 3.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997.
- GROSSKOPF, S. Statistical inference and non-parametric efficiency: a selective survey. *Journal of Productivity Analysis*, v.7, p.161-176, 1996.
- KIRJAVAINEN, T.; LOIKKANEN, H.A. Efficiency differences of Finnish senior secondary schools: an application of DEA and Tobit analysis. *Economics of Education Review*, v.17, n.4, p.377-394, 1998.
- KOC, B.; GUL, M.; PARLAKAY, O. Determination of technical efficiency in second crop maize growing farms in Turkey: a case study for the East Mediterranean in Turkey. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, v.6, p.488-498, 2011.
- KRASACHAT, W. Technical efficiencies of rice farms in Thailand: a non-parametric approach. *The Journal of American Academy of Business*, v.4, n.1, p.64-69, 2004.
- LIMA, J.P.R., MIRANDA, E.A.A. Fruticultura irrigada no Vale do São Francisco: incorporação técnica, competitividade e sustentabilidade. *Revista Econômica do Nordeste*, v.32, n.Especial, p.611-632, 2001.
- LUOMA, K., JÄRVIÖ, M.L., SUONIEMI, I., HJERPPE, R.T. Financial incentives and productivity efficiency in finnish health centers. *Health Economics*, v.5, p.435-445, 1996.
- MADDALA, G.S. *Limited-dependent and qualitative variables in econometrics*. Melbourne: Cambridge University Press, 1983.
- MARIANO, J.L.; PINHEIRO, G.M.T.L. Eficiência técnica da agricultura familiar no projeto de irrigação do Baixo Açu (RN). *Revista Econômica do Nordeste*, v.40, n.2, p.283-296, 2009.
- MARINHO, A. Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Economia*, v.57, n. 3, p.515-534, 2003.
- OUM, T.H., TRETHERWAY, M.W., ZHANG, Y., Capacity utilization and measurement of scale economies. *Journal of Business and Economic Statistics*, v.9, n.1, p.137-41, 1991.
- OUM, T.H.; YUE, C. Economic efficiency of railways and implications for public policy: a comparative of the OECD countries' Railways. *Journal of Transport Economics and Policy*, v.28, n.2, p.121-138, 1994.
- SANTOS, V.F.; VIEIRA, W.C.; RUFINO, J.L.S.; LIMA, J.R.F. Análise da eficiência técnica de talhões de café irrigados e não-irrigados em Minas Gerais: 2004-2006. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.47, n.3, p.677-689, 2009.
- SCHERAGA, C. Operational efficiency versus financial mobility in the global airline industry: a data envelopment and Tobit analysis. *Transportation Research Part A*, v.38, p.383-404, 2004.
- SINGH, N.P.; RANJIT, K.; SINGH, R.P. Diversification of Indian agriculture: composition, determinants, and trade implications. *Agricultural Economics Research Review*, v.19, p.23-36, 2006.
- SHEPARD, R.W. *Theory of cost and production functions*. Princeton: Princeton University Press, 1970.
- TOBIN, J. Estimation of relationship for limited dependent variables. *Econometrica*, v.26, n.1, p.24-36, 1958.
- TURNER, H.; WINDLE, R.; DRESNER, M. North American containerport productivity: 1984-1997. *Transportation Research Part E*, v.40, p.339-356, 2004.
- VICENTE, J.R. Economic efficiency of agricultural production in Brazil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.42, n.2, p.201-222, 2004.
- WANKE, P.F.; AFFONSO, C.R. Determinantes da eficiência de escala no setor brasileiro de operadores logísticos. *Produção*, v.21, n.1, p.53-63, 2011.

APÊNDICE

A1. Índice de Tecnologia

Com respeito à variável relacionada à tecnologia utilizada na propriedade, utilizou-se como *proxy* um índice que pretende identificar aquelas propriedades que utilizam tecnologias mais avançadas em suas atividades. Para tanto, foram consideradas três dimensões básicas: produção, pós-colheita e gestão. Na dimensão relacionada à produção, tomou-se por base respostas quanto a 11 questões: i) realização de análise de solo; ii) realização de análise foliar; iii) adoção das recomendações das análises de solo e/ou foliar; iv) adoção de fertirrigação; v) adoção de correção de solo; vi) adoção de cobertura morta; vii) adoção de práticas específicas (poda de formação e limpeza para todas as culturas e, no caso de produtores de manga, realização de substituição de copa e indução floral); viii) adoção de manejo integrado de pragas (MIP); ix) adoção de recolhimento de embalagens de agrotóxicos; x) posse de depósito para agrotóxicos; e xi) adoção de equipamento de proteção individual (EPI). Na dimensão de pós-colheita, foram consideradas seis questões: i) posse de armazém de frutas; ii) realização de limpeza de frutas; iii) realização de seleção e classificação de frutas; iv) posse de *packing house*; v) posse de armazém climatizado para frutas; e vi) utilização de transporte climatizado. Por fim, na dimensão relacionada à gestão na propriedade, foram consideradas cinco questões: i) utilização de informática no gerenciamento da propriedade; ii) adoção de planejamento produtivo; iii) adoção de controle de custos; iv) utilização de telefone; e v) utilização de internet.

Sobre cada dimensão básica (produção, pós-colheita e gestão), calculou-se um índice que somava a quantidade de questões respondidas positivamente, ponderando-se por um valor θ . Referida ponderação teve a pretensão de dar maior peso àquelas atividades menos comuns dentre os produtores. Observou-se que certas atividades, como a realização de análise de solo e a utilização de EPIs, são comuns à grande maioria dos produtores (nestes exemplos, respectivamente, 88,4% e 86,1% responderam positivamente), enquanto outras são mais comuns apenas àqueles produtores com perfil tecnológico mais avançado, como utilização de fertirrigação e adoção de MIP (com respostas positivas para 40,1% e 21,4% dos produtores, respectivamente). Assim, resolveu-se não somar simplesmente o número de atividades realizadas em cada dimensão básica, mas sim, dar maior peso àquelas atividades relacionadas com perfis tecnológicos mais avançados. A ponderação, portanto, foi feita tomando-se o inverso do percentual de produtores que realizam a atividade. No caso da dimensão de “gestão”, por exemplo, as cinco atividades apresentaram os seguintes valores: i) informática = $1/18,6\% = 5,4$; ii) planejamento = $1/87,9\% = 1,1$; iii) controle de custos = $1/63,0\% = 1,6$; iv) telefone = $1/95,9\% = 1,0$; e v) internet = $1/22,1\% = 4,5$. A soma destes valores resulta em 13,7 e, dividindo-se cada valor por este montante, chega-se ao peso θ , ou seja: i) $\theta_{\text{informática}} = 5,4/13,7 = 0,39$; ii) $\theta_{\text{planejamento}} = 1,1/13,7 = 0,08$; iii) $\theta_{\text{controle de custos}} = 1,6/13,7 = 0,12$; iv) $\theta_{\text{telefone}} = 1,0/13,7 = 0,08$; e v) $\theta_{\text{internet}} = 4,5/13,7 = 0,33$. Assim, o índice da dimensão “gestão” seria encontrado somando-se a quantidade de respostas positivas ponderadas pelo valor θ referente a cada questão.

Para todas as dimensões básicas, foi realizado esse mesmo processo, encontrando-se um valor entre zero e um para identificar o nível tecnológico relacionado a cada dimensão específica (quanto mais próximo de um, mais avançado seria o produtor). Por fim, para calcular o índice de tecnologia, realizou-se o mesmo processo, desta vez considerando que algumas dimensões básicas são tratadas com maior frequência do que outras. Assim, verificou-se que a média do índice calculado para a dimensão “produção” foi equivalente a 0,57, enquanto que para a dimensão “pós-colheita” chegou a 0,17 e para “gestão” a 0,36. Tais resultados remetem que, na amostra estudada, é mais comum que os produtores realizem atividades relacionadas à dimensão de produção; enquanto são menos frequentes atividades inerentes à gestão e à pós-colheita. Dessa maneira, com o objetivo de dar maior peso às dimensões básicas mais comuns àqueles produtores com perfil tecnológico mais avançado, o inverso dos valores médios calculados, para cada dimensão, correspondeu a: i) produção = $1/0,57 = 1,76$; ii) pós-colheita = $1/0,17 = 5,81$; e iii) gestão = $1/0,37 = 2,75$. Assim, os pesos

θ calculados resultaram em: i) $\theta_{\text{produção}} = 1,76/10,31 = 0,17$; ii) $\theta_{\text{pós-colheita}} = 5,81/10,31 = 0,56$; e iii) $\theta_{\text{gestão}} = 2,75/10,31 = 0,27$. Por fim, o índice de tecnologia seria calculado somando-se os valores dos índices obtidos em cada dimensão básica ponderados pelo valor θ respectivo, encontrando-se um valor entre zero e um, em que aqueles produtores mais próximos da unidade seriam caracterizados por maior nível tecnológico associado a suas atividades.

A2. Índice de Diversificação de Simpson

Quanto à diversificação, utilizou-se como *proxy* o Índice de Diversificação de Simpson (SID), como proposto no estudo de Singh *et alli* (2006). Referido índice pode ser expresso como:

$$SID = 1 - \sum_{i=1}^N W_i^2 \quad ; \quad W_i = \frac{X_i}{\sum_{i=1}^N X_i}$$

X_i representa a renda adquirida pelo produtor com a i -ésima cultura, enquanto W_i é a renda proporcional auferida com a i -ésima cultura na renda total do produtor. Assim, quanto maior a participação das receitas com a i -ésima cultura sobre o total de renda da propriedade, mais próximo da unidade será o valor de W_i . Caso o produtor explore apenas uma cultura, o valor de W_i será equivalente a 1, enquanto o índice SID será equivalente a zero. Assim, se o SID calculado para dada firma toma o valor zero, significa dizer que a mesma caracteriza-se por total especialização em uma única cultura. Do contrário, caso o índice seja igual a 1, o produtor diversifica plenamente as culturas possíveis. Singh *et alli* (2006) utilizaram o Índice de Simpson tratando X_i como a área cultivada pelo produtor com a i -ésima cultura. Contudo, no presente estudo, preferiu-se calcular a diversificação levando-se em conta a renda auferida pelo produtor com cada cultura, já que, na ótica da firma, a importância de certa cultura será dada pela renda que a mesma produz.