

A PRODUÇÃO DE ALGODÃO EM PRIMAVERA DO LESTE E CAMPO VERDE (MATO GROSSO): DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA

Paula Luciana da Silva¹
Benedito Dias Pereira²
Mamadulamarana Bari³
Lázaro Camilo Recompensa Joseph⁴
Carlos Magno Mendes⁵

Resumo

Com base em amostra de unidades produtoras de algodão localizadas em dois municípios do Mato Grosso (Campo Verde e Primavera de Leste), com recorrência à regressão múltipla e adoção de função de produção, que exhibe forma funcional Cobb-Douglas, inicialmente, estima-se vetor de eficiência técnica. Após essa etapa procura-se identificar variáveis que explicam essa eficiência. As variáveis que revelaram influência direta,

1 Mestre pelo Programa de Mestrado em Agronegócios e Desenvolvimento Regional (Faculdade de Economia da UFMT), paula_luciana@hotmail.com.

2 Doutor em Economia Agrícola e Docente do Programa de Mestrado em Agronegócios e Desenvolvimento Regional (Faculdade de Economia da UFMT), bdp@terra.com.br.

3 Doutor em Economia Aplicada e Docente da Faculdade de Economia da UFMT, mlbary1@gmail.com.

4 Doutor em Economia e Docente do Programa de Mestrado em Agronegócios e Desenvolvimento Regional (Faculdade de Economia da UFMT), camilojoseph@hotmail.com.

5 Doutor em Economia e Docente do Programa de Mestrado em Agronegócios e Desenvolvimento Regional (Faculdade de Economia da UFMT), magno@ufmt.br.

com relevância estatística, sobre a eficiência técnica são: escolaridade e a demanda de crédito junto às traders.

Palavras-chave: Competitividade. Produtividade. Região.

Abstract

Based on a sample of cotton-producing units located in two municipalities of Mato Grosso (Campo Verde e Primavera do Leste) with recurrence of multiple regression and adoption of production function that displays Cobb-Douglas functional form initially it is estimated vector of technical efficiency. After this stage seeks to identify variables that explain this efficiency. The variables that showed statistically significant direct influence on technical efficiency are: education and the demand for credit from the traders.

Keywords: Competitiveness. Productivity. Region.

Introdução

Nos anos mais recentes, Mato Grosso (MT) tem sido o principal Estado produtor de algodão do Brasil. Por exemplo, em 2008, essa unidade federativa respondeu por 53% da produção e 50% da área colhida do País. Revelando incremento incomum, a quantidade produzida desse bem, nesse ano, no Estado, foi 38 vezes maior que a de 1990. Esse desempenho é explicado pela elevação da área cultivada, mas, principalmente, pelo crescimento da produtividade dos fatores de produção. Mais detalhes dessa economia podem ser conhecidos em Marta e Figueiredo (2008) e em Pereira et al., (2010).

Campo Verde e Primavera do Leste se constituem municípios com destaque na cotonicultura do Estado, visto que o rendimento médio das unidades produtoras neles localizadas é quase sempre maior que o de Mato Grosso como um todo. Campo Verde chegou a obter mais que o dobro da produtividade observada no Estado em 2008. (PEREIRA et al., 2009; SOUZA et al., 2009).

Diante disso, procura-se avançar no entendimento da eficiência técnica dos cotonicultores desses dois municípios, em especial, buscando-se identificar variáveis explicativas dessa eficiência. Vários trabalhos realizados no Brasil versando sobre a estimativa de eficiência técnica recorreram aos procedimentos metodológicos aqui adotados, como por exemplo: Silva

e Sampaio (2002), Conceição (2004), Souza Junior (2005), Magalhães e Campos (2006) e Pereira et al., (2008).

A metodologia adotada compõe-se de duas regressões. Na primeira estimam-se os índices de eficiência técnica, com dados da safra 2007/08, colhidos junto à amostra de produtores situados nos dois municípios mencionados, com recorrência à regressão múltipla. A variável dependente é o vetor da produção de algodão em caroço, enquanto as variáveis independentes são: terra, capital, mão de obra e insumos. Após essa fase, também com adoção de regressão múltipla, passa-se às análises das variáveis que podem influenciar essa eficiência. As variáveis independentes dessa segunda regressão são: idade do produtor, escolaridade do produtor, demanda de crédito junto às *traders*, área própria maior que a área arrendada e área com cultivo de algodão maior que a área cultivada com outras culturas.

Presume-se que a idade do produtor exerce influência positiva sobre a eficiência técnica, pois o conhecimento e a experiência inerentes à curva de aprendizagem da maioria das pessoas experimentam caminhos ascendentes ao longo da vida. Por sua vez, quando transformada em conhecimento e em capital humano, a escolaridade contribui para o aumento da eficiência. Também se pressupõe que o crédito ofertado pelas *traders* seja conducente ao incremento da produção.

Quanto à influência da variável “área própria maior que a área arrendada”, considera-se que o fortalecimento e a ampliação dos direitos de propriedade contribuem para que a eficiência técnica seja mais elevada. Como última hipótese, espera-se que quando a área com algodão seja maior que a cultivada com outras culturas, presencie-se crescente especialização da unidade cotonícola, fato que atuaria para que maiores níveis de eficiência técnica sejam alcançados.

O artigo se divide em quatro partes. Além dessa Introdução, na próxima, abordam-se elementos teóricos e metodológicos da análise. Em seguida analisam-se os mais relevantes resultados. Na quarta parte constam os comentários finais.

Metodologia

A definição de eficiência técnica considera que a quantidade produzida, na qual a firma busca maximizar, posiciona-se no limite superior do conjunto de possibilidade de produção. Por contraste, a firma cuja quantidade produzida se situa abaixo dessa fronteira não exhibe eficiência técnica. Em síntese: “Producers operating on their production frontier

are labeled technically efficient, and producers operating beneath their production frontier are labeled technically inefficient.”(KUMBHAKAR; LOVELL 2000, p. 3)

As primeiras tentativas de mensuração da eficiência técnica focaram a distância entre a eficiência de dada unidade e a eficiência da unidade localizada sobre a fronteira da função estimada. Farrell (1957) foi o responsável por esse trabalho pioneiro. Comparando cada unidade com as demais pesquisadas ele adotou modelo com recorrência às técnicas paramétricas e não-paramétricas.

Como exemplo das técnicas não-paramétricas, cita-se a Data Envelopment Analysis (DEA), também conhecida como análise envoltória de dados. Essa análise mede a ineficiência técnica a partir das distâncias (escores) entre as firmas observadas e a firma que atua como referência (virtual). As técnicas paramétricas se dividem em dois grupos: as com fronteira determinística e as com fronteira estocástica.

O modelo com fronteira determinística

Tendo como ponto de partida o trabalho de Farrel(1957), a abordagem determinística foi sequenciada por Afriat(1972), e em seguida revisada e ampliada por Greene (1980), entre outros. Essa metodologia não considera a possibilidade da influência dos erros de medição e outros ruídos sobre as eficiências, visto que os desvios em relação à fronteira são atribuídos à ineficiência da firma. (SANTOS; VIEIRA, 2008, p. 8)

De acordo com esse entendimento a função fronteira determinística tem um limite: nenhuma observação pode se posicionar acima dela. Essa condição é naturalmente assegurada ao se impor restrição para esse limite ajustando-se o erro ao maior valor do erro observado. Nesses termos todas as outras observações se localizariam sob a fronteira de produção estimada, implicando na presença exclusiva de desvios não-positivos. Portanto, toda variação no nível de produção é explanada pela variação da eficiência, ou seja: as variações decorrentes de erros de medida ou outros ruídos estatísticos além dos choques aleatórios estão fora do controle da firma. (CONCEIÇÃO, 2004, p. 523)

As inferências sobre esse modelo podem ser realizadas supondo-se que a tecnologia de produção pode ser modelada por função Cobb-Douglas. Assim, a função fronteira de produção determinística pode ser representada por:

$$Y_i = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \varepsilon^{u_i} \quad (1),$$

onde Y_i denota o vetor de produção, X_1 e X_2 os vetores de insumos e β_0 , β_1 e β_2 os parâmetros a serem estimados. A eficiência técnica é expressa pelo desvio – definido por u_i - da produção observada em relação à ideal. Admitindo-se que a função de produção seja linear nos logaritmos das variáveis, a partir de (1), tem-se o seguinte modelo de regressão:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln X_{i1} + \beta_2 \ln X_{i2} + u_i \quad (2)$$

Usualmente esse tipo de fronteira é estimado pelo método dos mínimos quadrados corrigidos; entretanto, pode se recorrer a outras formas de estimação, como programação linear e quadrática, a exemplo de Aigner e Chu (1968) e Timmer (1971), ou ainda à máxima verossimilhança, como procedido por Greene (1980).

Em (2) supõe-se que o termo aleatório exibe variância constante, não possui autocorrelação serial, é independente de todas as variáveis explicativas e $E(u_i) < 0$. (GUJARATI, 2004) Para se garantir que a fronteira de produção estimada envolva todas as unidades e aponte a mais eficiente: o intercepto estimado por mínimos quadrados ordinários é ajustado até que todos os resíduos, exceto um, sejam negativos. Esse procedimento é denominado de mínimos quadrados corrigidos.

O modelo com fronteira estocástica

A metodologia de fronteira estocástica foi originalmente adotada por Aigner et al., (1977, p. 5) Ela se diferencia da abordagem de fronteira determinística, fundamentalmente por considerar componente de erro adicional, composto pelos erros de medidas e pelos ruídos aleatórios. Ou seja, o desvio é dividido em dois elementos: um relacionado à ineficiência técnica e outro aos erros de medida e aos choques exógenos. A ineficiência em relação à fronteira estocástica pode ser escrita da seguinte forma: $y = f(x)\exp(v-u)$. Desse modo, nesse modelo não ocorre a principal limitação dos métodos determinísticos, pois a ineficiência técnica não é medida exclusivamente pelos afastamentos em relação à fronteira. (CONCEIÇÃO, 2004, p. 528)

Nessas condições, v exibe distribuição simétrica e contempla os efeitos aleatórios dos erros de medida e dos choques exógenos, fazendo com que $f(x)$ varie entre as firmas, enquanto u é o termo do erro unilateral que capta a ineficiência e faz com que $f(x)$ oscile entre as firmas. A eficiência técnica é mensurada pelo componente unilateral do erro $\exp(v-u)$, onde

$u \geq 0$, garantindo que todas as observações situam-se abaixo da fronteira. Esse modelo pode ser expresso da seguinte forma:

$$Y_i = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} e^{\varepsilon_i} \quad (3),$$

onde $\varepsilon_i = v_i + u_i$. Em (3), Y_i representa o vetor de produção, X_1 e X_2 os vetores de insumos e β_0 , β_1 e β_2 simboliza os parâmetros a serem estimados.

Reafirmando-se, em (3): o erro é composto de duas partes. Exibindo distribuição normal (simétrica), o primeiro (v_i) afere os efeitos de choques aleatórios que estão fora do controle da unidade de produção. Quanto a u_i , que mede a distância entre o produto observado e o produto na fronteira, supõe-se que assume distribuição assimétrica (KUMBHAKAR ;LOVELL; 2000, p. 48, MARINHO, 2003, p. 86)

Pressupondo-se que (3) seja linear nos logaritmos, tem-se o seguinte modelo:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + v_i + u_i \quad (4)$$

Em (4), como se vem abordando, o desvio entre o nível de produção Y_i e a parte determinística da fronteira de produção é medido pelos dois componentes do erro: v_i e u_i . A hipótese de simetria da distribuição de v_i se explana pelo fato de que condições ambientais desfavoráveis e favoráveis são igualmente prováveis. (KUMBHAKAR; LOVELL, 2000, p.73) Após se obter os valores da distribuição de u_i estima-se a eficiência técnica tomando-se a exponencial: $\exp(-E(u | e))$. Essa métrica localiza-se no intervalo $[0, 1]$, onde 0 indica completa ineficiência e 1, por oposto, total eficiência.

A amostra

As informações utilizadas para a estimação das fronteiras, com dados da safra 2007/2008, foram obtidas de forma aleatória junto aos produtores em pesquisa de campo. Segundo FONSECA e MARTINS(1996), o cálculo da amostra conforme o método para amostras de populações finitas pode ser realizado por intermédio de (5):

$$n = \left(\frac{Z^2 pqN}{d^2 (N-1) + Z^2 H} \right) \quad (5),$$

onde n indica o tamanho da amostra para populações finitas, Z^2 é a abscissa da normal padrão para população de 90% (cujo valor é de 1,29),

p indica a estimativa da proporção da população considerada favorável (admitindo-se que esse valor seja de 50%), q é a parcela da população considerada desfavorável ($q = 1 - p$), enquanto N denota o tamanho da população.

Para se estabelecer o tamanho da população foram utilizados dados referentes ao cadastro de contribuintes da Secretaria de Fazenda do Governo de Mato Grosso relativo a 2007, que registra 171 produtores de algodão nos dois municípios pesquisados. Ainda em (5), d refere-se ao erro amostral, que para esse cálculo foi de 15%. Nesses termos, tem-se tamanho da amostra de aproximadamente 20 produtores. Uma vez definida essa amostra, o preenchimento dos questionários para a coleta dos dados, ratificando-se, foi realizada aleatoriamente nos dois municípios investigados.

Resultados e discussão

As estatísticas obtidas na aplicação dos questionários transformadas em logaritmos neperianos são anotadas na Tabela 1.

Tabela 1 -Produção de Algodão, terra, mãodeobra e insumos (logaritmos neperianos)

Produção (arrobas)	Terra (ha)	Capital (valor das máquinas e equipamentos)	Mão de Obra	Insumos
11.81	6.32	33.80	3.40	7.69
13.01	7.24	32.77	2.89	7.62
10.95	5.39	12.73	1.15	8,00
12.89	7.17	34.06	2.86	7.14
11.45	5.70	34.06	1.38	7.83
10.93	5.29	34.35	1.74	7.20
11.42	5.66	34.22	1.32	7.39
11.86	6.21	34.43	1.83	7.40
10.31	4.60	32.25	1.32	7.34
10.79	5.01	33.82	1.09	7.37
11.26	5.70	12.85	1.20	7.79
13.31	8.07	33.39	3.97	7.37
11.37	5.70	34.23	1.94	7.10
12.38	6.90	13.75	1.74	6.85
12.24	6.47	32.32	1.94	7.76
13.68	8.00	33.08	4.19	7.67

Produção (arrobas)	Terra (ha)	Capital (valor das máquinas e equipamentos)	Mão de Obra	Insumos
10.57	5.01	14.24	1.29	7.69
12.54	6.90	15.17	2.45	7.83
10.57	4.86	33.97	1.09	7.69
13.58	8.18	33.41	5.01	6.51

Fonte: Dados da pesquisa.

A fronteira determinística, cujo modelo consta em (2), foi estimada através de (6):

$\ln Q_i = \beta_0 + \beta_1 \ln A_i + \beta_2 \ln K_i + \beta_3 \ln MO_i + \beta_4 \ln I_i + u_i$ (6), onde Q denota a produção de algodão (em toneladas), A a área cultivada com algodão (em ha), K o capital medido pelo valor das máquinas e equipamentos, MO a quantidade de mão-de-obra utilizada e I o valor dos insumos, aferido pelos valores dos fertilizantes, defensivos e outros insumos, enquanto u_i capta o efeito da ineficiência técnica.

Por sua vez, a fronteira estocástica cujo modelo consta em (4) foi estimada por intermédio de (7):

$\ln Q_i = \beta_0 + \beta_1 \ln A_i + \beta_2 \ln K_i + \beta_3 \ln MO_i + \beta_4 \ln I_i + v_i + u_i = \varepsilon_i$. Com recorrência ao software limited dependent variable models (LIMDEP), versão 8.0, as estimativas da fronteira determinística e estocástica são:

$$Q = 4,61 + 1,05 A + 0,01 K - 0,12 MO + 0,09 I \quad (8) \quad F = 449,95 \quad R^2 = 0,99$$

(7,12)(20,23) (2,99) (-2,25) (1,22) DW = 2,19 n = 20

(*) (*) (*) (*)

$$Q = 4,08 + 1,05 A + 0,01 K - 0,08 MO + 0,16 I \quad (9) \quad F = 444,16 \quad R^2 = 0,99$$

(7,02)(21,41) (3,02) (-2,75) (1,10) DW = 2,10 n = 20

(*) (*) (*) (*)

Ao nível de significância de 5% (*) para teste bilateral, com exceção dos associados às despesas incorridas com insumos, os demais coeficientes das variáveis independentes são estatisticamente significativos. Com nível de significância de 1% o valor da estatística F revela que as variáveis independentes explicam as variações da dependente. O valor do coeficiente

de determinação aponta que 99% das variações de Q são explanadas pelas variações de A, K, MO e I.

Quanto às possíveis violações dos pressupostos básicos do modelo clássico de regressão, pelo teste de Durbin-Watson, o valor da estatística DW revelou-se não conclusivo. A ausência de autocorrelação serial foi constatada por intermédio do teste de Breusch-Godfrey. O teste de White assegurou a inexistência de heterocedasticidade. O teste de Jarque-Bera aponta que os resíduos de (8) e (9) exibem distribuição normal. Em alusão à multicolinearidade, considerando-se que ela é uma questão de grau e não de natureza, fez-se necessária análise específica sobre a violação desse pressuposto. Um dos procedimentos que usualmente se adota para se detectar a presença da multicolinearidade é a análise da matriz de correlação entre as variáveis explicativas, que aponta o grau de associação entre essas variáveis. As variáveis área e mão de obra exibiram elevada correlação (aproximadamente 88%). Todavia, pelo fato dessas duas variáveis serem extremamente importantes na especificação da regressão optou-se por mantê-las no modelo.

As estimativas das eficiências técnicas poderiam ser realizadas por (8) ou (9), pois os coeficientes das duas equações são bastante próximos entre si. Diante disso, contidas na Tabela 2, essas estimativas foram realizadas através de (9). Destinados à investigação dos fatores determinantes da eficiência técnica nessa Tabela também constam os valores das variáveis independentes da próxima regressão: idade do produtor, escolaridade do produtor, demanda ou não de crédito junto às *traders*, área própria maior que a área arrendada e área com cultivo de algodão maior que a área cultivada com outras culturas, como por exemplo, soja, milho, arroz etc.

Tabela 2 - Eficiência Técnica, Idade, Escolaridade, Crédito obtido junto às *traders*, Área com cultivo de algodão maior que a área com outras cultura e Área própria maior que a área arrendada.

Eficiência Técnica	Idade	Escolaridade	Demanda de crédito junto às <i>traders</i>	Área com cultivo de algodão maior que a área com outras culturas	Área própria maior que área arrendada
0.2315	56	1	1	0	0
0.1790	50	1	1	0	1
0.1052	38	0	1	0	0
0.0570	32	0	0	0	1
0.1244	55	1	1	0	1

Eficiência Técnica	Idade	Escolaridade	Demanda de crédito junto às traders	Área com cultivo de algodão maior que a área com outras culturas	Área própria maior que área arrendada
0.0886	41	0	0	1	1
0.0498	28	0	0	0	0
0.1521	40	1	0	1	0
0.0143	31	0	0	0	1
0.0064	32	0	0	1	0
0.0860	42	0	0	0	0
0.4733	40	0	0	0	1
0.0472	34	0	0	0	1
0.0487	32	0	0	1	1
0.0699	38	0	0	0	1
0.0557	40	0	0	0	1
0.0424	38	0	0	1	0
0.0017	35	0	0	1	1
0.1203	63	1	0	0	0
0.1017	55	0	1	1	0

Fonte: Dados da pesquisa.

A idade do produtor (I) é uma variável quantitativa medida em anos. A escolaridade (E) é uma variável *dummy*, medida pelo número um, se ela é pelo menos de segundo grau, e pelo número zero, se inferior a de segundo grau. A variável “demanda de crédito junto às traders” (C) é uma variável qualitativa medida pelo número um, se o crédito foi obtido, e pelo número zero, em caso contrário. A variável “área própria maior que a área arrendada” (A_p) é uma *dummy* medida pelo número um, se essa assertiva é verdadeira, e pelo número zero por contraste. Por sua vez a variável “área com cultivo de algodão maior que a área cultivada com outras culturas” (A_g) é mensurada pelo número um, se essa afirmativa é verdadeira, e pelo número zero por oposto. Os resultados da regressão estão na equação (10).

$$ET = 3,84 + 0,063I + 7,19E + 4,23C - 1,03A_g - 1,41A_p \quad (10) \quad R^2 = 0,79 \quad F = 9,63$$

(0,80) (0,51) (2,93) (1,99) (-0,63) (-0,90) Dw = 2,09 n = 19

(*) (**)

Como se nota em (10), com base nos valores da estatística t, verifica-se apenas duas variáveis estatisticamente significativas: escolaridade e

o acesso ao crédito ofertado pelas *traders*, com nível de significância de 5% e de 10% para teste bilateral, respectivamente. Esses dois resultados confirmam as hipóteses subjacentes a essas variáveis. Diante disso, a escolaridade e o crédito ofertado pelas *traders* são conducentes à elevação da eficiência da atividade cotonícola. O valor da estatística F exibe relevância ao nível de 1%, enquanto o valor do coeficiente de determinação indica que a maior parte (79%) da variação da dependente é explanada pelas variações das independentes.

Ainda com foco em (10), o teste de Durbin-Watson indica a inexistência de autocorrelação nos resíduos e pela estatística de Jarque-Bera, os resíduos da equação estimada exibem distribuição normal. Por intermédio do teste de Glejser constata-se que as variâncias dos erros são homocedásticas. Sobre a multicolinearidade constatou-se pela matriz de correlação entre as variáveis explicativas que inexistente correlação estatisticamente relevante entre os coeficientes das variáveis independentes.

Diante desses resultados ratifica-se a importância da educação formal como ferramenta estratégica para a elevação da capacidade gerencial, posto que, dentre outros efeitos, um nível maior de educação contribui para redução de riscos e incertezas inerentes ao ambiente econômico por prover maior racionalidade às ações do produtor. Essa variável se torna uma exigência do corrente mundo cada vez mais globalizado e competitivo onde se demanda crescente domínio de habilidades gerenciais e aplicação de outros conhecimentos.

Em alusão à “demanda de crédito junto às *traders*” o crédito ofertado por essas organizações se constitui em recurso que incrementa a eficiência da quantidade produzida de algodão, dado que ele configura oferta suplementar de crédito, que por sua vez tem como contrapartida a aquisição de fertilizantes e outros insumos modernos pelos produtores junto às próprias *traders*.

Conclusões

Com adoção de forma funcional Cobb-Douglas e modelo de regressão linear foi estimado vetor de eficiência técnica, a partir de dados extraídos de unidades cotonícolas localizadas em Campo Verde e Primavera do Leste (MT). Após essa estimativa procurou-se identificar causas explicativas desse vetor. As hipóteses foram formuladas contemplando relação direta ou positiva entre as variáveis independentes e o vetor de eficiência técnica. A amostra analisada sugere que, enquanto as demais foram refu-

tadas, as hipóteses subjacentes à influência da escolaridade e da demanda de crédito junto às *traders* sobre a eficiência técnica foram confirmadas.

Como a escolaridade deve ser entendida como instrumento que atua no sentido de elevar a eficiência da unidade produtora de algodão deduz-se que, enquanto capital humano, a educação formal se traduz em ferramenta que amplia a formação do produtor, compreendido como agente econômico que se aprimora como gestor, a partir de crescente incorporação de conhecimentos apreendidos e viabilizados pela educação formal.

O efeito do crédito junto às *traders* deve ser compreendido como oferta adicional de recursos monetários, considerando-se que usualmente os cotonícolas que demandam esse recurso às *traders* já realizaram idêntica ação nos bancos oficiais, mais acentuadamente nas instituições governamentais. Além disso, quando o produtor de algodão demanda crédito junto às *traders* essa operação tem como contrapartida a comercialização de fertilizantes e outros insumos produtivos, fato que, naturalmente, contribui para incrementar sua eficiência técnica.

Referências

- AFRIAT, S. N. Efficiency estimation of production functions, *International Economic Review*, Philadelphia, v. 13, n. 3, p. 568-598, 1972.
- AIGNER, D.; CHU, S. On estimating the industry production function, *American Economic Review*, v. 58, n.4, p.826-839, 1968.
- AIGNER, D. et al. Formulation and estimation of stochastic frontier models, *Journal of Econometrics*, v. 6, p. 21-37, 1977.
- CONCEIÇÃO, J. C. Estimação e análise de fronteira de produção estocástica. In: SANTOS, M. L.; VIEIRA, W. D., *Métodos Quantitativos em Economia*, Viçosa:UFV, 2004, p. 523-554.
- FARREL, M. The measurement of production efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.
- FONSECA, J. S.; MARTINS, G. D. *Curso de estatística*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- GREENE, W. H. Maximum likelihood estimation of econometric frontier functions, *Journal of Econometrics*, v. 13, n. 1, p. 27-56, 1980.
- GUJARATI, D. N. *Basic econometrics*. 3. ed. Rio de Janeiro: McGraw Hill, 2004.
- KUMBHAKAR, S. C.; LOVELL, C. K. *Stochastic frontier analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- MAGALHÃES, K. A.; CAMPOS, R. T. Eficiência técnica e desempenho econômico de produtores de leite no estado do Ceará, Brazil, *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 44, n. 4, p. 695-711, 2006.

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. 78-95, 2003.

MARTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, A. M. R.; Expansão da soja no cerrado de Mato Grosso: Aspectos políticos. *Revista de Política Agrícola*, v. 17, p. 117-128, 2008.

PEREIRA, B. D. et al. Eficiência técnica na suinocultura: Efeitos dos gastos com meio ambiente e da renúncia fiscal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 200-204, 2008.

_____. Especialização e vantagens competitivas de Mato Grosso no mercado internacional: um estudo de indicadores de comércio exterior no período 1996-2007. *Revista de Economia do Paraná*, Curitiba, v. 35, n. 3, 2009.

_____. Pobreza e desigualdade de renda entre famílias da zona rural de Mato Grosso em 2004 e 2006. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, p. 536-545, 2010.

SANTOS, R. B. N.; VIEIRA, W. C. Eficiência técnica e produtividade dos fatores na indústria brasileira de móveis nos Anos 90: Uma análise não-paramétrica. *Pesquisa & Debate*, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 179-194, 2008.

SILVA, J. L.; SAMPAIO, Y. S. B.. Perímetros irrigados em Petrolina e Juazeiro: Uma análise de modelos de fronteira de produção. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 33, n. 2, 2002.

SOUZA, S. S. S. et al. Competitividade do algodão mato-grossense. *Revista Economia em Debate* (URCA), v. 3, p. 5-24, 2009.

SOUZA JUNIOR, J. P. et al. Produção de camarão marinho em cativeiro: uma análise de eficiência técnica, alocativa e de custos. *Economia Aplicada*, v. 9, n. 2, p. 205-224, 2005.

TIMMER, C. P. Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency. *Journal of Political Economy*, v. 79, n. 4, p. 776-779, 1971.

