

# Função de produção e eficiência técnica da pecuária do Nordeste<sup>1</sup>

Isadora Ribeiro<sup>2</sup>  
Edward Martins Costa<sup>3</sup>  
Andrea Pereira Pinto<sup>4</sup>  
Thyena Karen Magalhães Dias<sup>5</sup>  
Helson Gomes de Souza<sup>6</sup>

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi, com base no Censo Agropecuário de 2017, mensurar a função de produção da pecuária do Nordeste brasileiro e sua eficiência técnica. O estudo adotou o método econométrico de análise de fronteira estocástica, com representação da função Cobb-Douglas com ineficiência, e conclui que a função de produção da pecuária da região nordestina depende principalmente das despesas com insumos – pessoal ocupado, capital e área vêm em seguida. Observou-se também que são mais eficientes os municípios de fora do Semiárido. Além disso, quanto às variáveis que captam a ineficiência técnica, crédito rural e precipitação atuam positivamente, minimizando a ineficiência produtiva.

**Palavras-chave:** agropecuária, capital, pessoal ocupado, terra.

## Production function for livestock and technical efficiency in the Northeast Brazil

**Abstract** – The objective of this work was to determine the livestock production function of the Brazilian Northeast and its technical efficiency, based on the agriculture and livestock Census of 2017. To this end, the econometric method for stochastic frontier analysis was applied, with the representation of Cobb-Douglas production function with inefficiency. The livestock production function in the Brazilian Northeast depends mainly on input expenses, followed by employed persons, capital, and area. Municipalities located in the non-semiarid region are more efficient than their semiarid region counterparts. In addition, as for the variables that account for technical inefficiency, the parameters rural credit and precipitation exert a positive effect and help minimize the productive inefficiency.

**Keywords:** agriculture, capital, labor, land.

<sup>1</sup> Original recebido em 21/10/2020 e aprovado em 26/2/2021.

<sup>2</sup> Zootecnista. E-mail: isadoragibeiro96@gmail.com

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Economia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail: edwardcosta@ufc.br

<sup>4</sup> Professora do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail: deiapp@hotmail.com

<sup>5</sup> Doutoranda em Economia Rural. E-mail: thyena.karen@hotmail.com

<sup>6</sup> Doutorando em Economia Aplicada. E-mail: helson.g.souza@gmail.com

## Introdução

O setor agropecuário, de acordo com o Cepea/USP (2019), respondeu por cerca de 20% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil em 2018. Além disso, segundo Martins (2019), no País existem vantagens comparativas em questões relacionadas a fatores de produção e custos, possibilitando assim expressivo desempenho diante aos *players* mundiais.

O Brasil, destaque na produção de carne bovina, obteve, em 2015, as posições de maior rebanho mundial, com 209 milhões de cabeças, e de segundo maior exportador, com aproximadamente 1,9 milhão de toneladas, ou seja, 6% do PIB brasileiro e 30% do PIB do agronegócio. Na produção aviária, de acordo com dados de 2015, fomos líder na exportação de carne de frango durante uma década, representando 40% do mercado mundial. No caso dos suínos, o País ocupou o posto de quarto maior produtor de carne, com cerca de 37 milhões de cabeças. Formou-se, dessa maneira, o chamado complexo carne. (Embrapa, 2017).

Conquistamos, em 2017, a posição de maior exportador de proteína animal, com cerca de 20% das exportações mundiais. Além disso, o País foi responsável por 15% da produção mundial de carne bovina, segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Usda) (Estados Unidos, 2018). Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (Abiec, 2019), em 2018 a produção brasileira de carne bovina foi de 10,96 milhões de toneladas equivalente carcaça, alta de 12,8% em relação ao ano anterior – houve também aumento de 6,9% no número de abates. Do total, cerca de 20% foi destinado à exportação: 80% in natura para países como China e Hong Kong; 12%, de forma industrializada, para a UE e os EUA; e 8%, de miúdos, para Hong Kong, Costa do Marfim, UE e Egito.

Em 2019, o rebanho do Brasil, de 213,68 milhões de cabeças de gado, experimentou aumento das exportações de 12,2% em relação ao mesmo período de 2018. Do total produzido,

23,6% foi para exportação, com alta de 16% do volume de carne in natura, decorrente do crescimento do volume de carnes destinado a mercados consolidados, como a China, onde o volume importado cresceu 54%. (Abiec, 2020).

De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea, 2019), o PIB do agronegócio brasileiro, em 2019, cresceu 3,81%. Segundo o órgão, a pecuária foi o destaque do agronegócio, com crescimento de 23,71%, sendo um dos principais fatores o surto de peste suína africana nos países asiáticos, o que causou aumento da demanda mundial por carne. Em 2019, as quantidades exportadas de carnes suína, bovina e de aves cresceram 16%, 15% e 4%, respectivamente (PIB do agronegócio, 2020).

Segundo Martins (2019), a maior parte da criação de bovinos no Brasil é a pasto, em grandes extensões de área. Isso faz com que fatores ambientais – o uso mais sustentável da terra e a expansão da área agrícola –, aliados à maior demanda por alimento, pressionem a pecuária por uma maior produtividade.

No Nordeste, a pecuária desempenha importante papel desde os tempos coloniais, sendo propulsora da descoberta do Sertão e do crescimento econômico (Caron & Hubert, 2003). Essa atividade foi responsável pela expansão territorial, juntamente com a plantação da cana-de-açúcar. À medida que o gado ia se interiorizando pelas margens dos rios, como o São Francisco, a economia se movimentava com o surgimento de novas atividades (Silva, 1997).

Com isso, a economia do Nordeste se formou a partir de atividades que demandaram grande número de mão de obra, como a agricultura de subsistência, a criação de bovinos, o artesanato e atividades agropecuárias destinadas à exportação. Esse conjunto de atividades formou o complexo rural (Araújo, 2010).

Assim, esta pesquisa busca fornecer uma resposta para o seguinte problema: como se comporta, com base no Censo Agropecuário de 2017, a eficiência técnica de produção da pecuária

ria dos municípios do Nordeste? O objetivo desta pesquisa é estimar uma fronteira estocástica de produção da pecuária nordestina, para analisar seus níveis de eficiência. Para isso, foi utilizada a análise de fronteira estocástica (SFA), que estima a fronteira de produção e faz sua comparação com a produção real. Além disso, espera-se que as variáveis exógenas utilizadas na fronteira estocástica contribuam para a diminuição da ineficiência técnica de produção.

## Revisão de literatura

### A pecuária no Brasil

Segundo Valverde (1967), desde o Brasil Colônia a pecuária exerce papel de grande importância para o País. Naquela época, o gado foi utilizado como complemento da plantação da cana-de-açúcar e, à medida que esses animais iam se interiorizando, isso ajudava na conquista de territórios e estabelecimento do povoamento. A economia desses locais, é claro, movimentava-se com o surgimento de novas atividades. Antes dessa interiorização nas cidades, a atividade pecuária foi importante também no processo de expansão do Brasil como um todo, sendo caracterizada como um dos fatores do avanço da colonização para o interior do País.

A criação de bovinos foi uma das principais atividades econômicas do Brasil Colônia. O gado era criado extensivamente, sem silagem nem melhoria no pasto, e a disseminação desses animais no Nordeste foi a partir da Bahia e de Pernambuco. Existiam três zonas de criações principais até meados do século 19: o sertão do Nordeste, mais antiga e importante; o sul de Minas Gerais; e as planícies e planaltos do Sul. (Valverde, 1967).

Silva (1996) estimou a função de produção da agropecuária brasileira de 1975 a 1985, através da função de produção agregada tipo Cobb-Douglas e Ulveling-Fletcher, e constatou que o valor da produção cresceu 45,3% e que o

número de homens empregados na agropecuária subiu 21%.

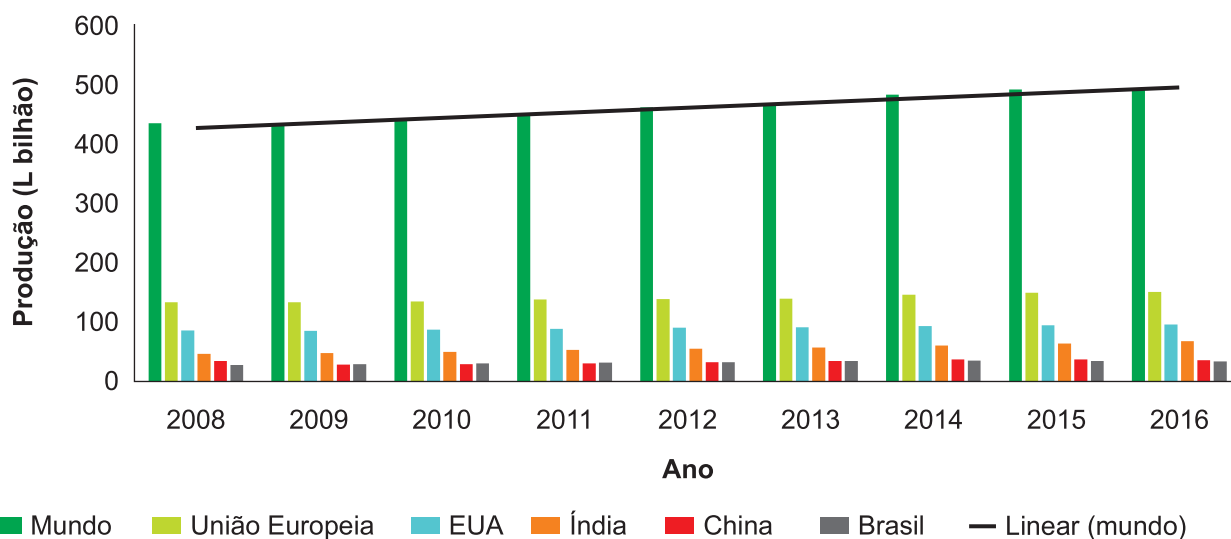
De acordo com Cezar et al. (2005), em 2005 a bovinocultura de corte e leite englobava 225 milhões de hectares e rebanho de 195,5 milhões de cabeças, em 2,7 milhões de propriedades. Segundo dados da pesquisa pecuária municipal (PPM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), o rebanho bovino no Brasil cresceu 18 milhões de cabeças de 2007 a 2016. A adoção de tecnologia na pecuária proporcionou a modernização do setor.

A bovinocultura de corte é considerada uma cadeia produtiva extensa e complexa. É uma atividade que envolve múltiplos agentes – desde a indústria, equipamentos e insumos até o consumidor final. Os rebanhos são de genótipo predominantemente zebuino no Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste, com destaque para a raça Nelore. No Sul, destacam-se as raças de genótipo taurino, como Hereford e Simental (Cezar et al., 2005).

Outra atividade do sistema agropecuário brasileiro que merece destaque é a produção de leite, que exerceu papel significativo no desenvolvimento econômico de países desenvolvidos e em desenvolvimento (Pecuária leiteira..., 2018). Segundo dados da Pecuária leiteira... (2018), o Brasil, em 2008–2017, foi responsável por 7% do leite produzido no mundo, sendo também o quinto maior produtor mundial, atrás de UE (30,47%), EUA (19,6%), Índia (12,8%) e China (7,21%). A produção brasileira cresceu 2,4% ao ano, crescimento maior que a média mundial (1,5%), sendo Minas Gerais (27,10% da produção nacional) o principal produtor, seguido do Rio Grande do Sul, do Paraná, de Goiás, de Santa Catarina, de São Paulo e da Bahia (todos com média de produção anual maior do que um bilhão de litros de leite).

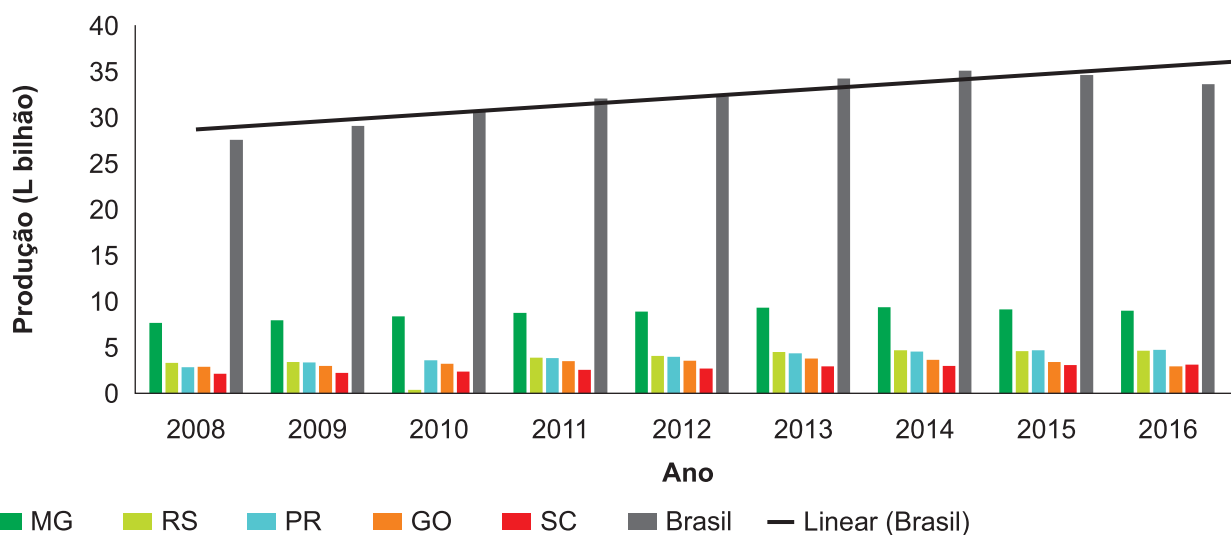
A Figura 1 mostra a evolução da produção mundial de leite, 13,27% em 2008–2016.

A Figura 2 mostra a evolução da produção de leite no Brasil e nos principais estados produtores em 2008–2016. O crescimento da



**Figura 1.** Evolução da produção mundial de leite.

Fonte: Pecuária leiteira... (2018).



**Figura 2.** Evolução da produção de leite no Brasil e nas principais Unidades da Federação.

Fonte: Pecuária leiteira... (2018).

produção é lento, sendo o pico de produção em 2014, com mais de 35 bilhões de litros. Minas Gerais foi responsável, em média, por 27% da produção total do País (Pecuária leiteira..., 2018). Segundo o Anuário Leite... (2019), em 2017 a produção de leite voltou a crescer depois de dois anos de quedas consecutivas, mas houve sinais de recuo no primeiro semestre de 2018, decorrente do aumento dos custos de produção

e da queda do preço do leite. Os principais responsáveis pela elevação nos custos foram a alta do preço de itens ligados à alimentação do rebanho (concentrado, produção de volumosos e sal mineral), de energia e de combustível. Contudo, por causa da greve dos caminhoneiros no fim de maio de 2018, que afetou a produção primária, com comprometimento da alimentação dos animais e perdas de produção, as atividades das

indústrias pararam e os estoques dos laticínios e de varejistas se esvaziaram. Isso fez o preço do leite UHT passar de R\$ 2,40 para R\$ 3,14, alta de 31% na média nacional.

Quando se trata de oferta e demanda do leite, o mercado no Brasil se mostra mais equilibrado, pois, em 2018, a expansão da produção nacional ficou estável em relação ao ano anterior. Além disso, 2019 começou com o preço do leite ao produtor melhor do que no início de 2018. Houve também boa previsão para a produção de grãos na safra 2018/2019, o que contribuiu para a diminuição dos custos com a alimentação animal, sobretudo à base de milho e soja (Embrapa, 2017). Além disso, de acordo com a Análise Mensal... (2020), em 2019 a participação do Nordeste na produção total do leite foi de 6,2%, com a Bahia produzindo 461.546 mil litros, seguida do Ceará, com 325.944 mil litros.

### **Estimação da função de produção na agropecuária**

A eficiência técnica dos estabelecimentos rurais pode ser estimada por meio da função de produção. Na literatura, há alguns métodos para esse tipo de análise – programação linear, fronteira determinística e fronteira estocástica, por exemplo –, mas a maioria dos trabalhos que avaliam a eficiência técnica na agropecuária usa a fronteira estocástica, pois esta impõe um componente para representar erros de medição, ruídos e fatores não controláveis, como os fatores climáticos. Dessa forma, a fronteira estocástica divide o desvio de uma observação da parte determinística em duas partes, uma relacionada à ineficiência técnica da produção e outra, a ruídos aleatórios (Silva et al., 2007).

Echevarria (1998) estimou os retornos constantes de escala da função de produção agrícola dos três fatores básicos de produção do Canadá. Para isso, foi utilizado o método do modelo Slow 1957 e a função translog, mas não rejeitaram a função Cobb-Douglas com restrição. O resultado mostrou que no Canadá a agricultura é menos intensiva em mão de obra

quando comparada à indústria e a outros tipos de serviços, mas que a intensidade do capital é similar nesses três setores. Além disso, foi constatado que a parcela da terra no valor adicionado era cerca de 16% e que o crescimento da produtividade total dos três fatores do país tinha se mantido em 0,3.

Ma et al. (2004) estimaram a produtividade total dos fatores para os principais produtos pecuários da China (suínos, ovos, leite e gado de corte) via fronteira estocástica com coeficientes aleatórios, para uma função Cobb-Douglas. De acordo com os autores, houve variação em 1980–1990 no crescimento da produtividade total dos fatores, bem como nas estruturas de produção. E, apesar de haver indicativo de inovações técnicas no setor agropecuário, a melhoria da eficiência técnica no país ocorreu de forma lenta.

Já Tian et al. (2015) mensuraram a eficiência técnica e a produtividade da produção de suínos na China, bem como a razão da eficiência técnica. Utilizando um painel para 2004–2010, os resultados apontaram que a eficiência técnica para a produção de suínos no país era em média de 0,59. Além disto, foi constatado que os agricultores especializados possuíam maior eficiência técnica.

Manyeki & Balázs (2019) mediram os fatores que influenciaram a ineficiência técnica da produção de bovinos, caprinos e ovinos nas pastagens no sul do Quênia. Usando dados transversais das famílias e o modelo de fronteira estocástica, os autores encontraram que a escolaridade dos familiares produtores, o tamanho do domicílio e o acesso a informações de mercado e insumos foram fatores que favoreceram a ineficiência técnica. A ineficiência técnica para os ovinos e caprinos foi maior do que para os bovinos, pois se perdia parte da produção de bovinos pela alocação incorreta dos fatores de produção.

Nyam et al. (2020) verificaram a eficiência de lucro dos agricultores do Estado Livre, na África do Sul, em 2016–2017, utilizando a fron-

teira de lucro estocástica, com dados coletados por questionários aplicados a 217 agricultores. Os resultados apontaram que os produtores não são eficientes e possuem aptidões para melhorar a rentabilidade na produção de ovinos. Assim, houve perda de lucro, de 34,9%, decorrente da ineficiência econômica e alocativa. O estudo revelou também que a ineficiência do lucro está relacionada com o nível de educação e tamanho da família.

Na literatura nacional, a maior parte dos trabalhos mensura a função de produção da agropecuária sem fazer diferenciação entre os estabelecimentos agrícolas e os estabelecimentos pecuários. Almeida (2012) investigou se havia diferenças entre as eficiências técnicas do pequeno, médio e grande estabelecimentos agropecuários no Censo de 2006, para o Brasil, utilizando uma fronteira estocástica de produção. De acordo com o autor, a eficiência técnica da agropecuária brasileira como um todo foi de 96,49% e, em 2006, a eficiência técnica chegou a 99% para todos os níveis de produtores do Sul, Sudeste e Nordeste. Além disso, a eficiência técnica dos pequenos estabelecimentos foi um pouco maior do que a dos médios e grandes. A ineficiência técnica dos pequenos e médios estabelecimentos do Norte e dos pequenos estabelecimentos do Centro-Oeste foi bastante expressiva.

Silva et al. (2019) verificaram as diferenças de tecnologia na produção agropecuária dos municípios das grandes regiões do Brasil, com foco no Nordeste, utilizando o modelo meta-fronteira tecnológica, com dados dos censos agropecuários de 1975 a 2006 e do sistema de contas regionais. O estudo foi dividido em dois modelos, o primeiro para identificar diferenças de tecnologia da produção agropecuária entre os municípios das grandes regiões, exceto o Norte. O segundo modelo identificou as diferenças tecnológicas da produção agropecuária nas regiões semiárida e não semiárida do Nordeste. O estudo mostrou que a tecnologia de produção agropecuária do Sul e Centro-Oeste é mais evoluída do que nas demais regiões. Além disso, foi

constatado que a região não semiárida possuía maior eficiência técnica do que a semiárida.

Soares & Spolador (2019) estudaram a eficiência técnica da produção de milho em São Paulo via metafronteira estocástica, com base nos microdados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuárias de 2007 e 2008. Utilizaram também dados do clima, relevo e aptidão do solo para dividir os produtores em alta, média e baixa aptidão. O resultado mostrou diferenças significativas nos níveis de eficiência técnica dos produtores, mas a taxa média da diferença tecnológica foi próxima para todos os produtores, o que mostra que as diferenças de eficiência técnica foram mais relacionadas a questões gerenciais e institucionais, e não ao nível tecnológico.

Reis et al. (2020) analisaram, para 1991–2012, a eficiência técnica e a produtividade total dos fatores dos países da América Latina e Caribe via fronteiras estocástica e de produção e o índice de produtividade Malmquist. O resultado revelou que todos os países possuem ineficiência técnica de produção e que a ineficiência foi atribuída ao crédito e ao consumo de energia. Conforme o índice de produtividade Malmquist, não ocorreram ganhos de produtividade total dos fatores.

Assim, o trabalho de estimar a fronteira de produção dos estabelecimentos pecuários no Brasil e, conseqüentemente, sua eficiência técnica não foi feito por muitos pesquisadores. Destacam-se Silva et al. (2007), que mensuraram a eficiência técnica dos produtores de leite do Ceará com a abordagem de fronteira estocástica. Os dados coletados de 180 produtores mostraram que 70% dos desvios da função de produção decorreram da ineficiência técnica.

Já Martins (2019) mediu a eficiência técnica dos produtores de gado de corte de regiões brasileiras, pela SFA, de uma amostra de 279 fazendas. Os resultados indicaram que a produção de gado de corte possuía desempenho médio elevado e que a área de pastagem era o insumo que mais impactava na quantidade produzida,

pois os padrões de produção são demandantes de amplas extensões de terra.

Os referidos estudos destacam o amplo uso da fronteira estocástica com as análises dos níveis de eficiência, principalmente das atividades rurais.

O estudo aqui proposto é uma análise da fronteira da pecuária do Nordeste do Brasil, e esse tipo de abordagem, cujo foco é o tipo de atividade agrícola desempenhada, possivelmente tem estimativas mais precisas sobre a eficiência técnica, já que as tecnologias de produção podem variar conforme a atividade do estabelecimento rural.

## Metodologia

### Base de dados

Os dados aqui utilizados foram obtidos do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019) e lista dos municípios do Semiárido de 2017 (IBGE, 2017), da Matriz de Crédito Rural do Banco Central (Bacen, 2020) e da plataforma Global Climate Monitor (Camarillo-Naranjo et al., 2019). As variáveis são estas: valor das despesas; valor de produção; *dummie* para o Semiárido; pessoal ocupado; número de veículos; área; número de tratores, implementos e máquinas (Tabela 1).

Por causa da diferença produtiva entre as regiões semiárida e não semiárida, ocasionada pelos fatores climáticos e ambientais e pela desigualdade tecnológica entre elas, optou-se por incorporar a variável *dummie* na função de produção. Além disso, para mensurar o nível de ineficiência técnica, foi adotado o valor do crédito rural de cada município.

### Método de fronteira estocástica

Optou-se aqui pela SFA pelo fato de esse método reconhecer que os fatores que causam a ineficiência técnica no processo produtivo e os choques aleatórios estão fora do controle dos produtores, podendo assim causar desvios em

relação à fronteira de produção. Segundo Silva & Bragagnolo (2018), esse método é recomendado para estudar produtividades agrícolas e pecuárias diante da influência climática, dos erros de medição e da omissão de variáveis. Com essa metodologia, é possível determinar hipóteses e a construção de intervalos de confiança. E, dessa forma, não se recomenda relacionar todos os desvios da fronteira à ineficiência.

A SFA, segundo Kumbhakar & Knox Lovell (2000), pode ser representada por

$$Y_i = f(X_i; \beta) \times TE_i \quad (1)$$

em que  $Y_i$  é o valor bruto da produção pecuária;  $X_i$  é o vetor de  $n$  fatores de produção utilizados pelos pecuaristas;  $f(X_i; \beta)$  é a fronteira de produção; e  $\beta$  é o vetor de parâmetros desconhecidos. O termo  $TE_i$  mostra a eficiência técnica de cada município na amostra e é dado por

$$TE_i = Y_i / f(X_i; \beta) \quad (2)$$

A equação 2 é a razão entre a produção observada,  $Y_i$ , e o produto máximo de produção,  $Y_i^*$ . Dessa forma,  $Y_i$  alcançará seu valor máximo de  $f(X_i; \beta)$  se  $TE_i = 1$ . A diferença entre  $Y_i$  (medida observada) e  $f(X_i; \beta)$  (produção máxima possível) é denominada ineficiência técnica. A equação

$$Y_i = f(X_i; \beta) \times \text{Exp}\{v_i\} \times TE_i \quad (3)$$

relaciona a parte estocástica  $f(X_i; \beta)$  ao modelo. O termo  $\text{Exp}\{v_i\} \times TE_i$  representa a parte estocástica da fronteira de produção. Os efeitos dos choques aleatórios são captados pelo termo  $\text{Exp}\{v_i\}$ , que compreende os efeitos dos choques aleatórios, os quais podem indicar variação do pessoal ocupado, despesas com insumos, desempenho da alocação de máquinas e equipamentos, fenômenos climáticos e outros fatores de produção. A equação

$$TE_i = Y_i / [f(X_i; \beta) \times \text{Exp}\{v_i\}] \quad (4)$$

mostra a razão entre o produto observado e a produção máxima, dados choques aleatórios.

**Tabela 1.** Variáveis do modelo.

Variável	Descrição	Fonte
VBP	Valor Bruto da Produção Pecuária por município (R\$ mil)	IBGE (2019)
Semiárido	<i>Dummie</i> 1 – Semiárido 0 – Não Semiárido	IBGE (2017)
Área	Área dos estabelecimentos agropecuários por município (ha)	
Capital	Número de máquinas, implementos pecuários e tratores por estabelecimento por município	
Pessoal ocupado	Pessoal ocupado em estabelecimentos pecuários por município (mão de obra)	IBGE (2019)
Despesas	Valor das despesas realizadas por estabelecimentos pecuários por município (R\$ mil)	
Assistência técnica	Número de estabelecimentos pecuários que receberam orientação técnica por município	
Irrigação	Número de estabelecimentos agropecuários por município com uso de irrigação	
Crédito rural	Valor do crédito rural por municípios (R\$ mil)	Bacen (2020)
Temperatura	Temperatura média dos municípios	Global Climate Monitor <sup>(1)</sup> (Camarillo-Naranjo et al., 2019)
Precipitação	Precipitação média dos municípios	

<sup>(1)</sup> A plataforma Global Climate Monitor disponibiliza os dados referentes ao trabalho de Camarillo-Narajo et al. (2019).

Dessa forma,  $Y_i$  atingirá o valor máximo quando  $TE_i = 1$ .

A fronteira de produção estocástica, de acordo com Silva & Bragagnolo (2018), pode ser representada por

$$Y_i = F(X_i; \beta) \times \text{Exp}\{v_i - u_i\} \quad (5)$$

em que  $Y_i$  representa o grau de produção e  $X_i$  é o vetor de insumos.

Com isso, conforme Silva & Bragagnolo (2018) demonstram, o erro é composto por dois segmentos,  $v_i$  e  $u_i$ , em que  $v_i$  é independente e identicamente distribuído, ou seja, a distribuição de  $v_i$  não depende do termo  $u_i$ . Assim, a medida

de eficiência técnica estocástica ( $TE$ ) pode ser representada por

$$TE = Y_i / [F(X_i; \beta) \times \text{Exp}\{v_i\}] = \{\text{Exp} - u_i\} \quad (6)$$

em que  $u_i \geq 0$ ,  $0 \leq v_i \leq 0$ ,  $0 \leq \text{Exp}\{-u_i\} \leq 1$ , e a ineficiência técnica consiste em  $(v_i - u_i)$ , ou seja, a diferença dos termos do erro.

É objetivo da fronteira estocástica obter medidas de eficiência que representem o desempenho produtivo do estabelecimento rural<sup>7</sup>, e isso se dá pela estimação de uma função de produção que representa as relações de produção do estabelecimento agropecuário e de insumos (Rada & Valdes, 2012; Helfand et al., 2015).

<sup>7</sup> Municípios, neste caso.



Deve-se então definir a forma funcional da fronteira estocástica para a aplicação empírica. Para isso, foi utilizado o teste da razão de verossimilhança (*LR*) para se obter a melhor representação para o conjunto de dados (Tabela 2). Por esse teste, foi constatado que a função Cobb-Douglas com ineficiência representa melhor o conjunto de dados.

**Tabela 2.** Resultados do teste LR.

Variável	Coefficiente
Cobb-Doug. x Cobb-Doug. Inef.	LR chi2(8) = 88,65 Prob > chi2 = 0
Cobb-Doug. Exponencial x Cobb-Doug. Truncada	LR chi2(8) = 0,02 Prob > chi2 = 0,88
OLS x Cobb-Doug. com Ineficiência	OLS = -532,15 SFCROSS = 88,65

A função Cobb-Douglas com ineficiência utilizada, função de uso comum na Teoria da Produção, possui muitas vantagens: os coeficientes da regressão fornecem as elasticidades de produção e podem ser comparados entre si; simplicidade na estimativa dos parâmetros; pequeno número de parâmetros a serem estimados quando comparada à forma funcional transcendental logarítmica (translog) e, dessa forma, é menos suscetível aos problemas de multicolinearidade na estimativa da função de produção (Silva, 1996).

A equação

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_j \beta_j \ln X_{ji} + v_i - u_i \quad (7)$$

representa o modelo Cobb-Douglas com ineficiência técnica utilizado.  $Y_i$  é o valor bruto da produção do município  $i$ , e o vetor  $X_{ji}$  representa os fatores de produção (pessoal ocupado, insumos e capital).

Na estimação, foi levada em consideração a ineficiência técnica. Incorporou-se, na estimação da fronteira de produção, um vetor de variáveis que representa o termo de erro relacionado à ineficiência técnica ( $\mu_i$ ), incluindo

também as variáveis representativas terra, capital, pessoal ocupado e despesas. Desse modo, a equação estimada para identificar os impactos dessas variáveis no desempenho produtivo dos municípios do Nordeste foi definida por

$$\mu_i = \alpha_0 + \alpha_1 Z_i \quad (8)$$

em que  $\mu_i$  representa a ineficiência técnica do município;  $Z_i$  representa a matriz de variáveis que explicam a ineficiência em termo de crédito rural, assistência técnica, irrigação, temperatura e precipitação.

## Resultados e discussão

### Estatísticas descritivas

A Tabela 3 mostra as estatísticas para a pecuária dos municípios do Nordeste.

Observa-se que 67% dos municípios da amostra são da região semiárida. Em relação às variáveis do modelo que captam a ineficiência técnica, o crédito rural foi de R\$ 4.180.380,00 por município.

### Resultados da fronteira estocástica

A estimação da função de produção da pecuária para os municípios do Nordeste brasileiro (Tabela 4) indica que as variáveis capital, pessoal ocupado e despesas foram estatisticamente significantes. Apenas a variável área não foi significativa – não existe efeito dessa variável na função de produção. Uma explicação para isso é que a eficiência técnica é mensurada pelo máximo produzido a partir de um conjunto de recursos (Silva, 1997), ou seja, máxima produção com a menor quantidade de recursos, e isso não depende do tamanho da área da propriedade, mas de como os recursos são alocados.

Os fatores de produção apresentam retornos decrescentes de escala, significando que a atividade pecuária nordestina carece de melhor uso dos recursos empregados no processo pro-

**Tabela 3.** Estatísticas descritivas.

Variável	Observações	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
VBP (R\$ mil)	1.206	14.738,84	25.033,84	245	449.059
Semiárido	1.206	0,67	0,47	0	1
Área (ha)	1.206	32.400,11	39.965,04	77	344.943
Despesas com insumos (R\$ mil)	1.206	10.620,41	14.699,84	208	225.280
Pessoal ocupado	1.206	2.046	1.941	37	16.536
Capital (tratores e máquinas)	1.206	40,30	52,50	3	497
Crédito rural (R\$ mil)	1.206	4.180,38	9.469,695	1,3	26.781,49
Temperatura (°C)	1.206	25,71	1,71	21,50	29,26
Precipitação (mm)	1.206	815	431	214	2.311
Assistência técnica	1.206	745	713	6	5.633
Irrigação (n. de estabelecimentos)	1.206	61	95	1	1.239

**Tabela 4.** Estimação da função de produção da pecuária para o Nordeste.

Variável	Coefficiente	Erro padrão	P >  z	95% Intervalo de conf.	
Lnarea	0,0248	0,0135	0,066	-0,0016	0,0514
Lncapital	0,0321	0,0140	0,022	0,0045	0,0597
Lnpeessoalocupado	0,0497	0,0223	0,026	0,0058	0,0935
Lndespesas	0,8529	0,0181	0,000	0,8174	0,8884
Lnsemiarido	-0,1141	0,0255	0,000	-0,1642	-0,064
Constante	1,0375	0,1483	0,000	0,7467	1,3282
<b>Usigma</b>					
Lncreditorural	-0,6940	0,2255	0,002	-1,1361	-0,2519
Lnassistenciatec	-0,0857	0,3561	0,810	-0,7838	0,6123
Lnirrigacao	0,0361	0,1770	0,838	-0,3108	0,3831
Ln temperatura	-5,0118	3,7444	0,181	-12,3507	2,3271
Ln precipitação	-1,8047	0,6077	0,003	-2,9959	-0,6135
Constante	28,4319	12,9217	0,028	3,1058	53,7580
<b>Vsigma</b>					
Lnarea	-0,2957	0,0524	0,000	-0,3985	-0,1929
Lncapital	-0,0250	0,0616	0,685	-0,1458	0,0958
Lnpeessoalocupado	-0,0699	0,0671	0,298	-0,2015	0,0617
Lndespesas	0,1233	0,0465	0,008	0,0321	0,2145
Constante	0,2326	0,5170	0,653	-0,7808	1,2460
E(sigma u)	0,0835				
E(sigma v)	0,3437				

duto para obter melhor nível de produção com os fatores disponíveis.

A variável despesa é a de maior efeito sobre a produção pecuária, ou seja, se a despesa crescer 1%, então a produção sobe 0,85%.

Além disso, a estimativa para a variável semiárido revela que o VBP dos municípios dessa região recuou 0,11%. De acordo com Araújo Filho et al. (2001) e Oliveira et al. (2010), o nível tecnológico dos agricultores e pecuaristas dessa região é baixo; eles fazem uso de práticas produtivas rudimentares e, por isso, obtêm baixos padrões de produtividade. O Semiárido, além disso, conta com precipitações irregulares, altas temperaturas em quase todos os meses do ano e solos irregulares e pouco férteis (Souza et al., 2006).

A precipitação e o crédito rural atuaram de forma a diminuir a ineficiência da produção pecuária, corroborando os resultados de Macedo (2006) e Melo et al. (2013) para o crédito, e de Santos et al. (2017) e Gomes et al. (2009) em relação à precipitação. Além disso, o crédito rural configura-se como importante variável da produção pecuária, pois é uma política pública que mitiga os efeitos da ineficiência técnica que podem causar perdas de produção aos peque-

nos e médios pecuaristas. E como o Nordeste depende muito de precipitação, o regime de chuvas possui grande impacto na produtividade e ajuda a diminuir a ineficiência.

As outras variáveis – assistência técnica, irrigação e temperatura – não foram estatisticamente significantes e, desse modo, não causaram impacto na ineficiência. Contudo, esperava-se que elas tivessem algum efeito sobre a ineficiência da produção (como no caso da assistência técnica, que visa informar ao produtor, conforme seu nível tecnológico, qual a melhor forma de produzir. Uma possível causa para a ausência de tal efeito seria o fato de os dados serem agregados por municípios.

Além da análise dos efeitos dos fatores de produção sobre o valor bruto da produção, é importante verificar os municípios cujos estabelecimentos se mostraram em média mais eficientes na composição do produto. A Tabela 5 mostra os dez municípios que possuem o maior e o menor índice de eficiência, além da média geral. Essa média, próxima de 1, indica boa eficiência dos municípios. Entretanto, quando analisados separadamente, a média dos dez menos municípios

**Tabela 5.** Eficiência produtiva da pecuária de municípios do Nordeste.

<b>Média geral</b>	<b>0,9251</b>	<b>Desvio padrão geral</b>	<b>0,0538</b>
<b>Mais eficientes</b>		<b>Menos eficientes</b>	
<b>Município</b>	<b>Eficiência</b>	<b>Município</b>	<b>Eficiência</b>
Bom Jardim (MA)	0,9914	Tacaimbó (PE)	0,7377
Cidelândia (MA)	0,9912	Campo Alegre (AL)	0,7167
Amarante do Maranhão (MA)	0,9909	Lençóis (BA)	0,7153
Arame (MA)	0,9908	Laranjeiras (SE)	0,7099
Itinga do Maranhão (MA)	0,9905	Itiruçu (BA)	0,7049
Estreito (MA)	0,9904	Irajuba (BA)	0,6826
João Lisboa (MA)	0,9903	Wagner (BA)	0,6037
Lago da Pedra (MA)	0,9900	Tracunhaém (PE)	0,5776
Buriticupu (MA)	0,9894	Anguera (BA)	0,5110
Poção de Pedras (MA)	0,9893	Wenceslau Guimarães (BA)	0,4846
<b>Média</b>	<b>0,9904</b>	<b>Média</b>	<b>0,6444</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>0,0007</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>0,0929</b>

eficientes fica em torno de 0,64, distante de uma ótima eficiência.

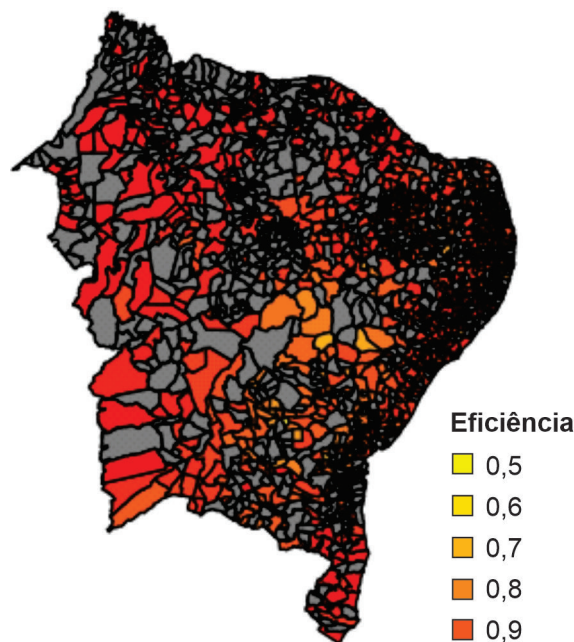
Os municípios com os maiores índices de eficiência produtiva, com média de 0,99, são todos do Maranhão e não pertencem à região semiárida. Além disso, seis municípios estão localizados no Matopiba<sup>8</sup> (Cidelândia, Amarante do Maranhão, Arame, Itinga do Maranhão, Estreito e João Lisboa). Os municípios de menor eficiência não fazem parte do Matopiba e, a maioria, são da região semiárida (Tacaimbó, Lençóis, Itiruçu, Irajuba, Wagner e Anguera). Essas informações corroboram a hipótese de que a zona não semiárida possui mais tecnologias e, com isso, obtém níveis tecnológicos mais altos. De acordo com Silva et al. (2019), são diferentes as oportunidades de produção dos municípios dessas duas regiões, e a não semiárida possui maior eficiência técnica média.

Contudo, segundo Mesquita (2007), o Maranhão só conseguiu estabilizar o movimento de integração produtiva quando a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) e a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Sudam) financiaram projetos agropecuários, em 1964, e isso aliado com obras de infraestrutura, como a construção de rodovias. Além disso, o Maranhão faz parte do Matopiba, região tida como o novo “Eldorado do campo”, com o cultivo dos principais grãos do setor agropecuário, como a soja e o milho, fundamentais para os animais de produção (Anuário Leite..., 2019). O Maranhão é o estado com mais municípios nessa região: 143 do total de 336 (Pereira et al., 2018).

O Município de Bom Jardim, no Maranhão, foi o de melhor eficiência. Está localizado cerca de 60% na zona rural, e sua economia é pautada na agropecuária – a agricultura responde por 21% do PIB municipal e a pecuária, por 56,4% (Venturieri et al., 2017). Para Venturieri et al. (2017), a modernização da base produtiva do município provocou efeitos ainda mais positivos na economia local, além da geração de empre-

gos e renda, impactando positivamente também municípios vizinhos.

A Figura 3 mostra a eficiência técnica dos municípios que compuseram a amostra. Os municípios que estão em cores diferentes dessas não foram considerados na pesquisa.



**Figura 3.** Eficiência produtiva da pecuária de municípios do Nordeste.

## Considerações finais

Foi possível verificar que o valor bruto da produção (no caso, a soma de toda a produção pecuária no ano safra) foi, em média, de R\$ 14.738.840,00 por município. Na agropecuária, essa variável representou uma estimativa de geração de renda no meio rural e se tornou importante para o acompanhamento do desempenho do setor.

Os resultados da estimação da fronteira estocástica indicaram retornos decrescentes de escala, mostrando a necessidade de melhor uso

<sup>8</sup> Região de agricultura de alta produção, com uso de insumos modernos – Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Pereira et al., 2018).

dos fatores para uma maior produção. Além disso, os resultados mostraram que a função de produção da pecuária do Nordeste brasileiro depende mais dos gastos com insumos de produção do que com pessoal ocupado – depois vêm capital e área. Pode-se concluir também que o crédito rural gerou efeito positivo sobre o valor bruto da produção, ou seja, essa política pública se mostrou de grande importância, pois ajuda a diminuir a ineficiência da pecuária. A precipitação também se revelou importante para a produção pecuária, pois é irregular a distribuição de chuvas no Nordeste.

Verificou-se que os dez municípios de melhor eficiência produtiva são todos da região não semiárida, e a maior parte pertence ao Matopiba. Isso reforça a hipótese de heterogeneidade no processo de modernização do Nordeste, que acarretou diferentes níveis tecnológicos na região e contribuiu para a baixa produtividade no Semiárido. No geral, o Nordeste brasileiro possui uma fronteira de produção alta.

Os resultados deste estudo corroboraram também Martins (2019) no sentido de que os avanços de produtividade da pecuária vão trazer benefícios não só para a economia, mas também para a própria cadeia produtiva. Com isso, o alcance de melhores resultados pode repercutir nos custos e ajudar o País a ser competitivo nesse setor. Nessa lógica, é importante que os governos federal e estaduais continuem oferecendo políticas públicas para minimizar a diferença tecnológica da produção pecuária nos municípios nordestinos.

## Referências

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Beef Report**: perfil da pecuária no Brasil. 2019. Disponível em: <<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2019>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Beef Report**: perfil da pecuária no Brasil. 2020. Disponível em: <<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

ALMEIDA, P.N.A. **Fronteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006**. 2012.

205p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ANÁLISE MENSAL: leite e derivados: janeiro de 2020. Brasília: Conab, 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-leite?start=10>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

ANUÁRIO Leite 2019: novos produtos e novas estratégias da cadeia do leite para ganhar competitividade e conquistar os clientes finais. São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, 2019. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1109959>>. Acesso em: 22 maio 2020.

ARAÚJO FILHO, J.A. de; CARVALHO, F.C. de. Sistemas de produção agrossilvipastoril para o semiárido nordestino. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J. da C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários**: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p.101-110.

ARAÚJO, M.A.P. de. **O papel do BNB/FNE na economia nordestina pós 1990**. 2010. 116p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

BACEN. Banco Central do Brasil. **Matriz de Dados do Crédito Rural – MDCR**. Disponível em: <<https://olinda.bcb.gov.br/olinda/servico/SICOR/versao/v2/aplicacao#!/recursos>>. Acesso em: 15 out. 2020.

CAMARILLO-NARANJO, J.M.; ÁLVAREZ-FRANCOSO, J.I.; LIMONES-RODRÍGUEZ, N.; PITA-LÓPEZ, M.F.; AGUILAR-ALBA, M. The global climate monitor system: from climate data-handling to knowledge dissemination. **International Journal of Digital Earth**, v.12, p.394-414, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2018.1429502>.

CARON, P.; HUBERT, B. Dinâmica dos sistemas de pecuária. In: CARON, P.; SABOURIN, E. (Ed.). **Camponeses do sertão**: mutação das agriculturas familiares no Nordeste do Brasil. Brasília: Embrapa, 2003. p.103-122.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB de Cadeias Agropecuárias**. 2019. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-de-cadeias-agropecuarias.aspx>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CEZAR, I.M.; QUEIROZ, H.P.; THIAGO, L.R.L. de S.; GARAGORRY, F.L.; COSTA, F.P. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil**: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2005. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 151).

- ECHEVARRIA, C. A three-factor agricultural production function: the case of Canada. **International Economic Journal**, v.12, p.63-75, 1998.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Qualidade da carne bovina**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina>>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Production, Supply and Distribution**. 2018. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdquery.aspx>>. Acesso em: 22 abr. 2020.
- GOMES, V. de N.; COUTINHO, M.D.L.; VILHENA, J.E. de S.; BRITO, I.B. de. **Avaliação das diferentes fontes de dados de precipitação para o período chuvoso no litoral leste do Nordeste Brasileiro**. [2009]. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Precipitacao-media-mensal-para-o-litoral-leste-do-Nordeste-Brasileiro-atraves\\_fig1\\_280752672](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Precipitacao-media-mensal-para-o-litoral-leste-do-Nordeste-Brasileiro-atraves_fig1_280752672)>. Acesso em: 26 out. 2021.
- HELFAND, S.M.; MAGALHÃES, M.M.; RADA, N.E. **Brazil's agricultural total factor productivity growth by farm size**. Washington: Inter-American Development Bank, 2015. (IDB Working paper series, n.609). DOI: <https://doi.org/10.18235/0000157>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos**. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 27 out. 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Municípios do Semiárido Brasileiro – 2017**. 2017. Disponível em: <[https://geofp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/estrutura\\_territorial/semiario-brasileiro/Situacao\\_23nov2017/lista\\_municipios\\_Semiario\\_2017\\_11\\_23.pdf](https://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/estrutura_territorial/semiario-brasileiro/Situacao_23nov2017/lista_municipios_Semiario_2017_11_23.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2020.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal 2018**. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2018>>. Acesso em: 13 abr. 2020.
- KUMBHAKAR, S.; KNOX LOVELL, C.A. **Stochastic frontier analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174411>.
- MA, H.; RAE, A.N.; HUANG, J. **Livestock productivity in China: data revision and total factor productivity decomposition**. [Palmerston North]: Massey University, 2004. (China Agriculture Working Paper, 1/04).
- MACEDO, L.O.B. Modernização da pecuária de corte bovina no Brasil e a importância do crédito rural. **Informações Econômicas**, v.36, p.83-95, 2006.
- MANYEKI, J.K.; KOTOSZ, B. Efficiency estimation and its role in policy recommendations: an application to the Kenyan livestock sector. **Regional Science Policy and Practice**, v.11, p.367-381, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/rsp3.12197>.
- MARTINS, M.M. **Análise da eficiência técnica da pecuária de corte para regiões brasileiras selecionadas: uma análise de fronteira estocástica**. 2019. 164p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MELO, M.M.; MARINHO, E.L.; SILVA, A.B. O impulso do crédito rural no produto do setor primário brasileiro. **Revista Nexos Econômicos**, v.7, p.9-35, 2013. DOI: <https://doi.org/10.9771/1516-9022rene.v7i1.6763>.
- MESQUITA, B.A. de. Política de desenvolvimento e desigualdade regionais: o caráter seletivo e residual da intervenção governamental no Maranhão. **Revista de Políticas Públicas**, v.11, p.27-54, 2007.
- NYAM, Y.S.; OJO, T.; BELLE, A.J.; OGUNDEJI, A.; ADETORO, A. **Analysis of profit efficiency among smallholder sheep farmers of N8 development corridor Free State, South Africa**. Preprint. Disponível em: <[https://assets.researchsquare.com/files/rs-22371/v1\\_covered.pdf?c=1631833040](https://assets.researchsquare.com/files/rs-22371/v1_covered.pdf?c=1631833040)>. Acesso em: 31 out. 2021.
- OLIVEIRA, F.T. de; SOUTO, J.S.; SILVA, R.P. da; ANDRADE FILHO, F.C. de; PEREIRA JÚNIOR, E.B. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.27-37, 2010. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v5i4.336>.
- PECUÁRIA leiteira: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos de 2014 a 2017. **Compêndio de Estudos Conab**, v.16, 2018.
- PEREIRA, C.N.; PORCIONATO, G.L.; CASTRO, C.N. de. Aspectos socioeconômicos da região do Matopiba. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v.18, p.47-59, 2018.
- PIB DO AGRONEGÓCIO. 6 mar. 2020. Disponível em: <[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_PIB\\_CNA\\_2019\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_2019(1).pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2020.
- RADA, N.; VALDES, C. **Policy, technology, and efficiency of Brazilian agriculture**. Washington: USDA, 2012. (Economic Research Report, 137). DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2112029>.
- REIS, L.D.R.; ARAÚJO, R.C.P. de; ARAÚJO, J.A.; LIMA, J.R.F. de. Eficiência técnica da produção agrícola dos países da América Latina e do Caribe. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.58, e219416, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.219416>.
- SANTOS, M.R. da S.; VITORINO, M.I.; PIMENTEL, M.A. da S. Contribuição da precipitação na produção agropecuária no Nordeste Paraense: um estudo na Amazônia Brasileira. **Revista Espacios**, v.38, p.1, 2017.

SILVA, C.S. de S.; BRAGAGNOLO, C. Eficiência técnica e ambiental da pecuária leiteira na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.16, p.242-261, 2018. DOI: <https://doi.org/10.25070/rea.v16i2.593>.

SILVA, F.C.T. da. Pecuária e formação do mercado interno no Brasil-colônia. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v.8, p.119-156, 1997.

SILVA, F.D.V. da; CARVALHO, R.M.; CAMPOS, R.T. Análise da eficiência técnica dos produtores de leite do estado do Ceará. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina. **Conhecimentos para a agricultura do futuro: anais**. Brasília: Sober, 2007.

SILVA, F.P. da; ARAUJO, J.A.; COSTA, E.M.; VIEIRA FILHO, J.E.R. Eficiência técnica e heterogeneidade tecnológica na agropecuária das regiões semiárida e não semiárida do Nordeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.57, p.379-395, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.177355>.

SILVA, L.A.C. da. **A função de produção da agropecuária brasileira: diferenças regionais e evolução no período 1975-1985**. 1996. 157p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOARES, P.; SPOLADOR, H.F.S. Eficiência técnica da produção de milho no estado de São Paulo: uma abordagem por metafronteira estocástica. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.57, p.545-558, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.183710>.

SOUZA, J.T.; HENRIQUE, I.N.; LEITE, V.D.; LOPES, W.W. Tratamento de águas residuárias: uma proposta para a sustentabilidade ambiental. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, n.1, p.90-97, 2006. Suplemento especial.

TIAN, X.; SUN, F.; ZHOU, Y. Technical efficiency and its determinants in China's hog production. **Journal of Integrative Agriculture**, v.14, p.1057-1068, 2015. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60989-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60989-8).

VALVERDE, O. Geografia da pecuária no Brasil. **Finisterra**, v.2, p.244-261, 1967. DOI : <https://doi.org/10.18055/Finis2524>.

VENTURIERI, A.; HOMMA, A.K.O.; MENEZES, A.J.E.A. de; ARAÚJO, E.C.E.; NUNES, G.M.V.C.; NASCIMENTO JUNIOR, J. de D.B.; FRAZÃO, J.M.F.; SILVA, L.G.T.; TOLEDO, M.M.; VALENTE, M.A.; BUOSI, T. **Potencialidade agrícola de municípios ao longo da ferrovia Carajás-Itaqui, entre Santa Inês e São Luís, MA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2017. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 433).