



Eficiência na agricultura familiar: um estudo para participantes e não participantes do PNAE no norte cearense

Manoel Alexandre de Lucena^I
Eliane Pinheiro de Souza^{II}

Resumo

O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) é um veículo de comercialização, em que o estado adquire a produção familiar para merenda escolar, promovendo o desenvolvimento rural brasileiro. No norte cearense, os municípios de Ocara e General Sampaio se destacaram com as maiores participações dos valores investidos deste programa na agricultura familiar, sendo considerados como representativos desta mesorregião. Diante da relevância da eficiência de unidades produtivas agrícolas para seu planejamento e tomada de decisão, este estudo analisa a eficiência dos produtores familiares participantes e não participantes do PNAE no norte cearense, considerando os dados coletados em junho e julho de 2019. Para tal, utilizou-se o modelo DEA-SBM com orientação simultânea ao input e ao output, cujos custos anuais com insumo e com mão de obra representaram os inputs e a receita anual o output. Os resultados mostram que a maioria dos produtores dos dois grupos emprega seus fatores produtivos de forma ineficiente, sendo que, dos 48 agricultores entrevistados, apenas dois deles foram eficientes em cada grupo. Em média, verificou-se que os beneficiários do PNAE tiveram menores escores de eficiência dos que os não participantes desta política. Assim, conclui-se que o PNAE não contribuiu para eficiência de tais produtores nesta mesorregião.

Palavras-chave: Agricultura familiar; PNAE; Eficiência; DEA-SBM.

Código JEL: C02, C61, Q18.

^I Economista pela Universidade Regional do Cariri (URCA) e Mestrando em Desenvolvimento Regional Sustentável pela Universidade Federal do Cariri (UFCA).
E-mail: manoelalex123@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5907-9858>

^{II} Professora Associada do Departamento de Economia e do Programa de Pós-Graduação em Economia Regional e Urbana da Universidade Regional do Cariri (URCA).
E-mail: pinheiroeliane@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4088-0754>



Efficiency in family farming: a study for PNAE participants and non-participants in the north of the state of Ceará

Abstract

The Brazilian National School Meals Program (PNAE) is a marketing vehicle, in which the government buys family farmers' production for school meals, promoting Brazilian rural development. In the north of the state of Ceará, the municipalities of Ocara and General Sampaio stood out with the largest shares of the amounts invested in this program in family farming, being considered as representative of this mesoregion. Given the relevance of the efficiency of agricultural production units for their planning and decision-making, this study analyzes the efficiency of family farmers participating and not participating in the PNAE in the north of Ceará, considering data collected in June and July 2019. To this end, the DEA-SBM model was used with simultaneous input and output orientation, whose annual input and labor costs represented the inputs, and the annual revenue represented the output. The results show that the majority of farmers in both groups employ their productive factors inefficiently, and, of the 48 farmers interviewed, only two of them were efficient in each group. On average, it was found that PNAE beneficiaries had lower efficiency scores than those not participating in this policy. Therefore, it is concluded that the PNAE did not contribute to the efficiency of such farmers in this mesoregion.

Keywords: Family farming; PNAE; Efficiency; DEA-SBM.

Introdução

Uma estratégia para o desenvolvimento rural brasileiro tem sido a inclusão econômica dos produtores familiares por meio de políticas como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) (Nunes *et al.*, 2018). Segundo Constanty e Zonin (2016), o PNAE constitui um dos mais antigos programas sociais para a educação e um dos maiores programas de alimentação do Brasil¹. Consiste em um canal no qual o estado compra a produção familiar, observando o disposto na Lei 11.947, de 16 de junho de 2009, em que ao menos 30% do recurso repassado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) deve ser empregado na aquisição de gêneros da agricultura familiar, priorizando assentamentos da reforma agrária e comunidades tradicionais indígenas e quilombolas. Essa política pública atende todos os alunos na educação básica matriculados em escolas públicas, filantrópicas e em entidades comunitárias (conveniadas com o poder público (Brasil, 2009, 2016).

Em conformidade com Sousa, Lucena e Sousa (2021), o PNAE colabora não apenas com o desempenho nutritivo dos estudantes, assim como inclui os agricultores familiares na dinâmica econômica do país, por intermédio da aquisição



de seus produtos. Assim, reconhece-se que as aquisições dos produtos da agricultura familiar pelo PNAE proporcionam a oferta de alimentação saudável para os alunos, valorizam a produção agrícola regional e local, e repercutem no desenvolvimento socioeconômico e cultural de tais regiões (Gomes; Bezerra, 2019).

Em face disso, diversos estudos têm sido realizados com os agricultores familiares participantes do PNAE. No campo da sustentabilidade, destacam-se Constanty e Zonin (2016), Reis (2019) e Marques e Triches (2022), para os agricultores e estabelecimentos aderentes ao programa em Marechal Cândido Rondon (Paraná) e Tupã (São Paulo), respectivamente. Em relação à competitividade, Sousa, Oliveira e Ferreira (2020) avaliaram a competitividade dos agricultores cooperados e não cooperados beneficiários e não beneficiários do PNAE no Ceará.

No que tange à eficiência dos agricultores participantes e não participantes do PNAE, têm-se os estudos desenvolvidos por Sousa, Oliveira e Ferreira (2021) empregando *Data Envelopment Analysis* (DEA) para os Sertões cearenses e mesorregião Sul do Ceará, respectivamente. Ademais, para a mesorregião metropolitana de Fortaleza, Lucena, Oliveira e Sousa (2022) utilizaram *Free Disposal Hull* (FDH) que admite o livre descarte de recursos na fronteira.

É importante relatar que, embora estes estudos tenham avaliado a eficiência de produtores agrícolas familiares em diferentes recortes geográficos do Ceará, todos empregaram modelos com orientação radial, especificamente para o *input*. Em outras palavras, a projeção dos agricultores na fronteira é feita, reduzindo equiproporcionalmente seus *inputs* e mantendo os *outputs* inalterados.

Para preencher esta lacuna, este estudo emprega o modelo de Análise Envoltória de Dados (*DEA – Data Envelopment Analysis*) a partir das folgas (SBM – *Slacks Based Measure*), denominado assim, de DEA-SBM. Além disso, considera-se a mesorregião Norte do Ceará, que ainda não foi objeto de estudo na literatura supracitada. Em 2016, dos 36 municípios desta mesorregião, 30 receberam recursos do PNAE. Deste último quantitativo, 14 superaram os 30% do valor investido na agricultura familiar, sendo que Ocara e General Sampaio apresentaram as maiores cifras de 58% e 49%, respectivamente (Brasil, 2016).

Desta forma, o objetivo deste trabalho é analisar a eficiência dos produtores familiares participantes e não participantes do PNAE na mesorregião Norte do Ceará, representada pelos municípios de Ocara e General Sampaio a luz do modelo DEA-SBM. Especificamente, a partir de dados primários de receitas e gastos com insumos e mão de obra, calcula-se os escores de eficiência dos dois grupos.

Ressalta-se a pertinência de avaliar a eficiência destes grupos de produtores, tendo em vista a necessidade de ferramentas para nortear as decisões dos agricultores em relação às estratégias de produção e comercialização. Ademais, Nakao *et al.* (2020) corroboram essa afirmação enfatizando que a análise da



eficiência de unidades produtivas agrícolas colabora com seu planejamento e tomada de decisão buscando aprimorar o desempenho vigente.

Assim, além desta introdução, este artigo possui quatro seções. Na segunda, apresenta-se uma revisão sistemática da literatura a respeito da eficiência na agricultura familiar; a terceira mostra o percurso metodológico; a quarta se dedica à análise e discussão dos resultados e a quinta se destina às considerações finais desta pesquisa a guisa de conclusões.

Revisão Sistemática de Literatura

A revisão bibliográfica foi elaborada a partir dos estudos disponibilizados no portal de periódicos da CAPES e encontra-se estruturada em duas subseções, sendo que a primeira versa sobre o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), objeto de estudo deste artigo, com foco na agricultura familiar, e a segunda se destina aos trabalhos que aplicaram eficiência técnica na agricultura familiar.

Programa Nacional de Alimentação Escolar no âmbito da agricultura familiar

Ao se realizar a consulta prévia dos trabalhos contendo os descritores “PNAE” e “agricultura familiar”, utilizando os critérios de ser revisados por pares e considerando os últimos cinco anos (2020 a 2024), foram encontrados 77 estudos. Destes, a maioria foi realizada mediante revisão de literatura e pesquisa documental, em que se concentrava a questão da efetividade do programa, uma vez que procurava verificar o cumprimento do percentual mínimo de 30% exigido pela Lei 11.947/2009 dos recursos federais do PNAE para aquisição de alimentos provenientes da agricultura familiar em diferentes espaços brasileiros.

Além de fontes documentais, bibliográficas e dados secundários, 25 fizeram entrevistas com atores sociais envolvidos no PNAE e, ou informantes chaves do município, como gestores municipais, e gestores federais, sendo que cinco deles realizaram levantamento de dados primários diretamente com os agricultores familiares, como ocorrido no presente artigo, em que se destacam os desenvolvidos por Cardoso, Lourenzani e Amorim (2020); Carmo *et al.* (2021); Silva *et al.* (2021); Marques e Triches (2022); e Fanin *et al.* (2023).

Cardoso, Lourenzani e Amorim (2020) avaliaram o impacto da remuneração advinda do PNAE para os agricultores familiares do município paulista de Tupã. Para isso, entrevistou-se uma amostra de 23 agricultores participantes deste programa em tal município, em 2017. Utilizaram estatística descritiva, correlação linear de Pearson e Simulação de Monte Carlo. Os resultados constataram que a participação no PNAE pode representar um crescimento de até 60,45% nos rendimentos totais.



Carmo *et al.* (2021) buscaram descrever os alimentos fornecidos ao PNAE e caracterizar a venda do agricultor familiar, conforme organização produtiva, em 16 municípios paulistas, que forneceram alimentos para o PNAE. Os dados foram colhidos por meio de questionários aplicados com 110 agricultores que venderam para o PNAE em 2012. Utilizaram estatística descritiva e teste de McNemar, sendo que este último para verificar diferenças entre a comercialização antes e depois da Lei Federal 11.947/2009. Os resultados mostraram predominância no fornecimento de alimentos *in natura* pelos agricultores familiares. Após a vigência da Lei 11.947/2009, houve aumento das vendas para mercados institucionais.

Silva *et al.* (2021) identificaram perspectivas, dificuldades e oportunidades de execução do PNAE por parte dos agricultores familiares de dois municípios localizados no Nordeste do Estado do Pará, escolhidos com base na menor e na maior média do percentual de aquisição da agricultura familiar para alimentação escolar, conforme dados fornecidos pelo FNDE, entre os anos de 2011 a 2014. A pesquisa de campo foi realizada com 08 agricultores familiares, fornecedores para o PNAE e representantes de duas cooperativas e uma associação nos dois municípios estudados. Os principais obstáculos apontados foram a falta de articulação entre os atores envolvidos e problemas com a logística, enfatizando principalmente estrutura das estradas, custo para deslocamento e distância dos locais de entrega. Em contrapartida, o mercado do PNAE motiva os agricultores a permanecerem em sua terra, aumentar sua produção e buscar formas de beneficiamento dos produtos, contribuindo para a melhoria de renda.

Marques e Triches (2022) analisaram o papel dos atores envolvidos no PNAE a respeito da relação entre alimentação e sustentabilidade em 11 municípios paranaenses, distribuídos conforme o tamanho da população e o critério de aquisição e não aquisição de alimentos orgânicos da agricultura familiar. A pesquisa de campo foi realizada nos meses de julho e agosto de 2019. Dentre os atores envolvidos, entrevistou-se um representante da organização de agricultores responsável pelo fornecimento de alimentos em cada município. Os resultados revelaram que as principais preocupações apontadas foram o uso de agrotóxicos, o manejo de resíduos e desperdício alimentar, a importância da compra de produtos locais e menos processados e diversidade de produtos.

Fanin *et al.* (2023) verificaram a percepção dos agricultores familiares que acessam o PNAE no município de Capitão Leônidas Marques, Paraná, em relação à Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER). Os resultados apontaram que a falta de ATER foi apontada como um dos principais entraves para a produção e o fornecimento de alimentos ao programa. Mesmo com os entraves, a maioria dos agricultores familiares consegue cumprir as demandas recebidas.



Conforme se confirmam nas evidências empíricas o PNAE fortalece os produtores familiares, possibilitando mais uma alternativa de comercialização, diversificação e geração de renda, contribuindo para o desenvolvimento local.

Eficiência técnica na agricultura familiar

Diante da relevância desempenhada pela eficiência de unidades produtivas agrícolas para seu planejamento e tomada de decisão, esse tema tem sido amplamente discutido na literatura científica em âmbitos nacional e internacional.

Para tal, realizou-se a consulta prévia dos trabalhos contendo os termos em português “eficiência técnica” e “agricultura familiar”, em que foram identificados 85 estudos. Considerando os mesmos critérios estabelecidos na subseção anterior, isto é, que sejam revisados por pares (61 estudos) com publicações de 2020 a 2024 e removendo as repetições, foram encontrados nove estudos, sendo que sete deles não realizaram a análise propriamente dita da eficiência técnica na agricultura familiar, mas abordaram outros assuntos correlatos como viabilidade técnica, orientação técnica, regulamento técnico e indicadores produtivos, não sendo incluídos nesta subseção. Portanto, destacaram-se os estudos nacionais recentes desenvolvidos por Ramos e Vieira Filho (2023) e Bassotto *et al.* (2024).

Ramos e Vieira Filho (2023) avaliaram o impacto de cooperativas e associações na produção agropecuária familiar brasileira por meio de uma fronteira estocástica espacial com o uso de indicadores locais, como também buscaram identificar variáveis explicativas da eficiência técnica produtiva. Para tanto, utilizaram os dados do Censo Agropecuário de 2017, considerando uma amostra de 4.181 municípios brasileiros e 3.199.700 estabelecimentos agropecuários familiares, representando 82% da população de estabelecimentos familiares do Brasil. Os resultados revelaram que a eficiência técnica média dos estabelecimentos familiares foi cerca de 0,87, ou seja, 13% abaixo da fronteira de eficiência ótima. Verificaram também que os municípios do Nordeste possuem escores de eficiência técnica inferiores aos das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e variáveis como escolaridade e assistência técnica contribuíram para ganhos de eficiência.

Bassotto *et al.* (2024) analisaram a eficiência técnica de propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais mediante o uso da Análise Envoltória de Dados (DEA) com modelo BCC orientado a *inputs*. Utilizaram dados secundários provenientes de uma amostra de 48 propriedades familiares e consideraram como *output* a quantidade total de leite produzido, e, como *inputs*, os custos dos insumos com alimentação, mão de obra eventual (apenas contratações temporárias), manutenção de máquinas, implementos e benfeitorias (MIB) e energia. Dentre esses insumos, a alimentação foi o que teve maior representatividade na produção de leite.



Os resultados também apontaram que a escala de produção não influenciou a eficiência técnica das propriedades pesquisadas.

Embora os trabalhos nacionais referenciados utilizem ferramentas analíticas distintas aplicadas em diferentes áreas de estudos, percebe-se que ambos destacam o que influencia a eficiência técnica das unidades produtivas.

Ademais, também se procedeu a pesquisa para os termos correspondentes em inglês “technical efficiency” e “family farming”, em que foram rastreados 238 estudos, sendo 203 revisados por pares, em que 77 foram publicados nos últimos cinco anos (2020 a 2024). Ao se desconsiderar as repetições e os trabalhos que não trataram especificamente a respeito da eficiência técnica na agricultura familiar, obtiveram 27 estudos, sendo que 13 não se encontram disponíveis na íntegra no portal de periódicos da CAPES. Assim, ressaltam-se nesta seção: García-Cornejo *et al.* (2020); Rizwan *et al.* (2020); Alem (2021); Istiyanti, Wulandari e Widowati (2021); Isyanto, Sudrajat e Yusuf (2021); Mdoda *et al.* (2021); Liu, Tveteras e Xie (2021); Oke, Olorunsogo e Akerele (2021); Raimondo *et al.* (2021); Rouf *et al.* (2021); Wei *et al.* (2021); Zhang, Nisar e Mu (2022); Krasachat (2023); e Zhang *et al.* (2023). As principais informações acerca desses estudos estão organizadas no Quadro 1.

Quadro 1: Revisão bibliográfica internacional com estudos recentes sobre eficiência técnica na agricultura familiar

Autoria	Objetivos	Area de estudo	Modelos utilizados	Principais resultados
García-Cornejo <i>et al.</i> (2020)	Estimar a eficiência técnica de fazendas de laticínios.	Norte da Espanha	DEA e Bootstrap duplo	Escores médios de eficiência técnica de 0,56 para CRS e 0,59 para VRS.
Rizwan <i>et al.</i> (2020)	Investigar as características de produção, risco e eficiência dos produtores de arroz com e sem trabalho não agrícola.	Província de Punjab, no Paquistão	Modelos estocásticos de fronteira	Ambos os grupos são tecnicamente ineficientes, mas os envolvidos em trabalho não agrícola foram mais eficientes.
Alem (2021)	Estimar a eficiência regional e a lacuna tecnológica das fazendas de grãos.	Noruega	Metafronteira estocástica	Eficiência técnica média estimada de 0,88 para a região Leste e 0,87 para regiões centrais.
Istiyanti, Wulandari e Widowati (2021)	Analisar a eficiência técnica e fatores que afetam a ineficiência técnica do arroz semiorgânico.	Regência de Sleman, Região Especial de Yogyakarta	Fronteira estocástica de produção	Eficiência técnica média de 0,518.
Isyanto, Sudrajat e Yusuf (2021)	Identificar o nível de eficiência técnica e os fatores de influência da ineficiência técnica.	Subdistrito de Lakbok, Distrito de Ciamis, Indonésia	Fronteira estocástica de produção	Eficiência técnica média de 0,78.

(Continua)



Eficiência na agricultura familiar: um estudo para participantes e não participantes do PNAE no norte cearense

(Continuação)

Mdoda <i>et al.</i> (2021)	Investigar a eficiência técnica dos produtores de milho em sistemas de irrigação de pequena escala.	Província do Cabo Oriental, Sul da África	Fronteira estocástica de produção	Eficiência técnica média de 0,84.
Liu, Tveteras e Xie (2021)	Estimar a eficiência técnica do cultivo de corvina amarela.	Sudeste da China	Fronteira estocástica de produção	Escores de eficiência técnica de 0,829.
Oke, Olorunsogo e Akerele (2021)	Examinar os efeitos das tecnologias de informação e comunicação na eficiência técnica da piscicultura.	Estado de Ogun, na Nigéria	Fronteira estocástica de produção	O acesso à tecnologia de informação e comunicação ainda é majoritariamente convencional.
Raimondo <i>et al.</i> (2021)	Investigar o efeito da agricultura biológica na eficiência técnica em explorações olivícolas.	Itália	Fronteira estocástica de produção	A agricultura biológica aumenta a eficiência técnica em 10%.
Rouf <i>et al.</i> (2021)	Analisar a eficiência de cacau e seus fatores.	Província de Gorontalo, na Indonésia	Fronteira estocástica de produção	Eficiência técnica média de 0,52.
Wei <i>et al.</i> (2021)	Mensurar a eficiência de milho e seus fatores.	Cidade de Zhangye	DEA e Tobit	Os agricultores de maior porte tiveram escores de eficiência superiores aos de pequeno porte.
Zhang, Nisar e Mu (2022)	Analisar a eficiência técnica da policultura de peixes exóticos.	Jammu e Kashmir (Índia)	DEA convencional e Bootstrap e Tobit	Escores de eficiência técnica de 0,9771 e 0,9741.
Krasachat (2023)	Avaliar os efeitos de boas práticas agrícolas de pimentão e seus fatores ambientais	Tailândia	Metafronteira estocástica	Boas práticas agrícolas influenciam a eficiência técnica de forma positiva.
Zhang <i>et al.</i> (2023)	Analisar os efeitos da substituição de fertilizantes químicos por orgânicos sobre a eficiência técnica.	Região de Bohai Rim, China	Fronteira estocástica de produção, DEA e PSM	Eficiência técnica para os que utilizam fertilizantes orgânicos de 0,625, sendo 9,46% superior aos seus congêneres.

Fonte: Elaboração própria.

Com base nas inferências descritas no Quadro 1, verifica-se que maioria das atividades produtivas analisadas não é tecnicamente eficiente.

Conforme se percebe, a maioria dos estudos referenciados utiliza Análise Estocástica de Fronteira (em inglês, *Stochastic Frontier Analysis* - SFA) e Análise Envolvente de Dados (em inglês, *Data Envelopment Analysis* - DEA) e nenhum deles empregou o método de *Data Envelopment Analysis Slacks Based Measure* (DEA-SBM), sendo aplicado neste artigo e detalhado na próxima seção. Portanto, o presente estudo traz essa contribuição metodológica à literatura que debate o tema em tela.



Metodologia

Modelo analítico

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*) é uma técnica não paramétrica para calcular eficiência econômica de um conjunto de Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision Making Units – DMUs*) com múltiplas entradas e saídas. Em particular, a eficiência calculada considera o ótimo de Pareto, em que uma DMU não pode melhorar sua produção se aumentar seus insumos ou piorar a condição das demais DMUs (Gomes; Mangabeira; Mello, 2005).

Particularmente, a DEA nasceu dos estudos de Charnes, Cooper e Rhoades (1978), a partir de Farrel (1956), que desenvolveram o modelo com retornos constantes de escala (*Constant Returns to Scale – CRS*) admitindo a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Em outras palavras, uma variação nas entradas gera uma variação igualmente proporcional nas saídas. Embora seja aplicado, são poucos casos em que as firmas, em economia, operam com retornos constantes. Esta hipótese, porém, foi relaxada pelo modelo de retornos variáveis de escala (*Variable Returns to Scale – VRS*), desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984). Assim, estes últimos autores admitem a hipótese de convexidade entre os insumos e os produtos, em que a fronteira de eficiência é linear por partes (Camoto; Rebelatto; Rocha, 2016).

Ressalta-se que ambos os modelos apresentam orientações radiais. Em outras palavras, o modelo pode ser orientado ao *input*, quando se projeta a fronteira de eficiência minimizando os insumos e mantendo inalterados os produtos. Analogamente, a orientação ao *output* busca aumentar radialmente a produção enquanto as entradas permanecem constantes. Por outro lado, o modelo aditivo, desenvolvido por Charnes *et al.* (1985), não possui orientação radial, ou seja, pode ser orientado simultaneamente, ao *input* e ao *output*. Todavia, uma desvantagem do modelo aditivo é que ele não determina o índice de eficiência da DMU, apenas indicando quais unidades são eficientes e suas metas para as ineficientes (Camoto; Mariano; Rebelatto, 2014; Camoto; Rebelatto; Rocha, 2016).

Para contornar tais problemas, Tone (2001) propôs o modelo SBM (*Slacks Based Measure*), referido neste estudo como DEA-SBM, em que se utilizam as folgas das DMUs para determinar o índice de eficiência que varia de 0 a 1, sem necessariamente apresentar uma orientação radial. Assim, o modelo DEA-SBM considera uma orientação simultânea ao *input* e ao *output*. Neste sentido, o conjunto de equações de (1) a (6) apresenta o modelo DEA-SBM (Tone, 2001).

Sujeito a:

$$\min \tau = t - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{S_j}{x_{j0}} \quad (1)$$

$$1 = t + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i}{x_{i0}} \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k + S_j = t \cdot x_{j0}, \forall j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k - S_i = t \cdot y_{i0}, \forall i = 1, \dots, m \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^z \lambda_k = t \quad (5)$$

$$\lambda_k, S_j, S_i \geq 0, t > 0 \quad (6)$$

Em que, tem-se z DMUs sob análise com m *outputs* e n *inputs*; λ_k representa a participação da DMU k no *target* da DMU sob análise; x_{jk} e y_{ik} dizem respeito aos valores observados do *input* e *output*, respectivamente, da DMU k ; x_{j0} e y_{i0} representam os valores observados do *input* e *output*, respectivamente, da DMU sob análise; S_i é a variável de folga do *output* i ; S_j capta a folga do *input* j ; t é uma variável introduzida para ajuste linear do modelo.

Desta forma, aplicou-se o modelo DEA-SBM sem orientação radial, ou seja, para atingir a fronteira de eficiência dos beneficiários e não beneficiários do PNAE na região Norte do Ceará, considerou-se a orientação simultânea da minimização dos *inputs* e maximização dos *outputs*.

Área de estudo, seleção da amostra e variáveis

A área de estudo deste trabalho consiste nos municípios de Ocara e General Sampaio, representativos da região Norte do Ceará. A seleção dos agricultores participantes e não participantes do PNAE nos municípios supracitados foi realizada por amostragem aleatória simples (Fonseca; Martins, 2010), em que foram selecionados 18 beneficiários e 30 não beneficiários para a região Norte. A coleta de dados primários foi realizada no período de junho e julho de 2019, cujos questionários



foram aplicados após o trâmite e aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa, sob CAAE 88738318.5.0000.5055. O questionário incluiu perguntas sobre o perfil socioeconômico dos agricultores familiares, características da propriedade e atividade agrícola, assim como produção, mercados e custos, com a especificação dos produtos agrícolas, área, produtividade (kg/ha.), preços, renda bruta e custos com insumos agrícolas (sementes, defensivos agrícolas, adubos químico e orgânico e outros insumos) e mão de obra (familiar e diarista).

A amostra dos agricultores familiares beneficiários e não beneficiários do PNAE foi determinada mediante a equação (1), indicada por Fonseca e Martins (2010), para populações finitas por meio da amostragem aleatória simples:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{d^2(N - 1) + z^2 p \cdot q} \quad (1)$$

em que n diz respeito ao tamanho da amostra; z , abscissa da normal padrão; p , estimativa da proporção da característica pesquisada no universo; $q = 1 - p$; N , número total de beneficiários (ou não beneficiários) do PNAE; e d , erro amostral.

Considerando um erro de estimação de 10% ($d = 0,10$), abscissa da normal padrão $z = 1,64$, ao nível de confiança de 90% e $p = q = 0,5$ (na hipótese de se admitir o maior tamanho da amostra), 15 produtores familiares em Ocara destinaram sua produção agrícola para merenda escolar, em 2018, e substituindo-os na equação (1), obteve-se uma amostra de 12 beneficiários do PNAE. Replicando os dados do erro de estimação e do nível de confiança adotados, $p = q = 0,5$ e que, no município de General Sampaio, sete produtores familiares venderam os gêneros alimentícios para merenda escolar, em 2018, obteve-se uma amostra de 6 beneficiários do PNAE.

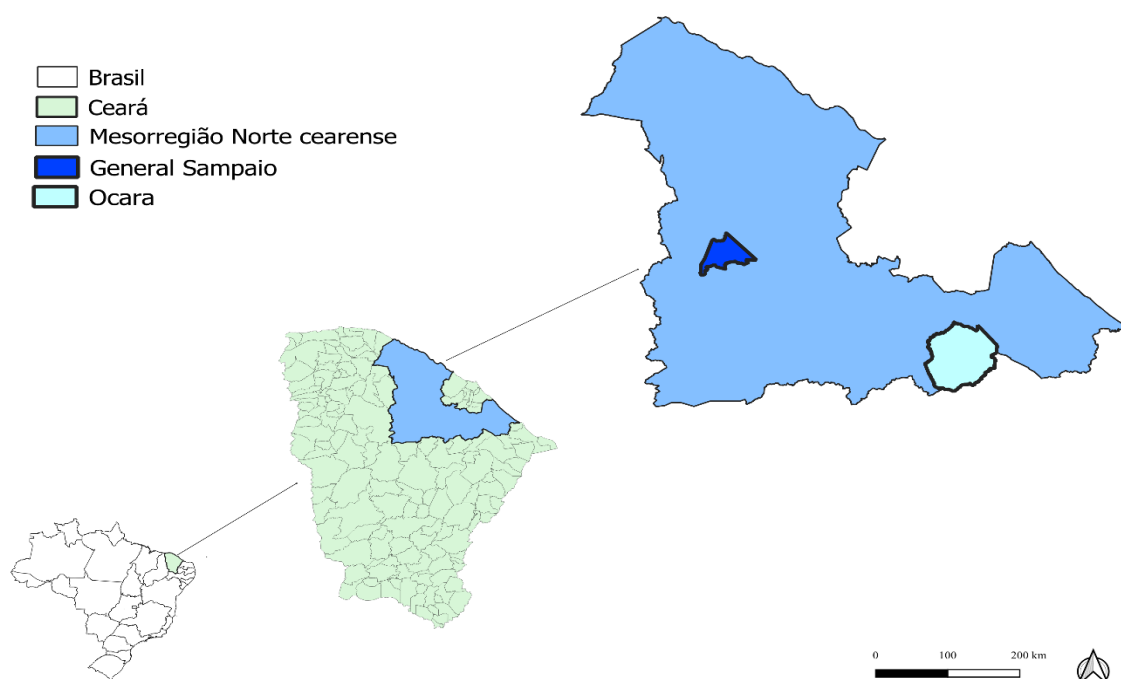
Admitindo que o município de Ocara tinha 1.897 Declarações de Aptidão ao PRONAF ativas, segundo dados do Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar e retirando os 15 agricultores familiares que venderam alimentos para merenda escolar, resultou em 1.882 agricultores familiares não beneficiários desta política pública. Considerando um erro de estimação de 10% ($d = 0,10$), abscissa da normal padrão $z = 1,64$, ao nível de confiança de 90% e $p = 0,1$ e $q = 0,9$, supondo que cerca de 90% dos agricultores familiares não participaram desse programa, obteve-se uma amostra de 24 não beneficiários do PNAE, todavia quatro desses não responderam ao questionário completo, logo foram desconsiderados, ficando uma amostra de 20 não beneficiários do PNAE em Ocara.

Em relação à General Sampaio, com base nos dados do Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar, o município possuía 509 Declarações de Aptidão ao PRONAF ativas e subtraindo os sete que destinaram alimentos para merenda escolar, obteve-se que 502 produtores familiares não

participaram do PNAE. Admitindo um erro de estimação de 10% ($d = 0,10$), abscissa da normal padrão $z = 1,64$, ao nível de confiança de 90% e $p = 0,05$ e $q = 0,95$, supondo que cerca de 95% dos agricultores familiares não foram beneficiários deste programa, obteve-se uma amostra de 12 não beneficiários do PNAE, porém se considerou neste estudo a amostra de 10, visto que dois deixaram algumas perguntas sem resposta.

Assim, na Figura 1 apresenta-se a mesorregião Norte do Ceará, destacando os municípios de Ocara e General Sampaio.

Figura 1: Localização geográfica Ocara e General Sampaio na mesorregião Norte do Ceará, Brasil



Fonte: Os autores.

Em relação às variáveis para operacionalização do modelo DEA-SBM, seguindo a literatura acerca da eficiência de produtores rurais familiares (Bassotto *et al.*, 2024; Lucena; Oliveira; Sousa, 2022; Sousa; Oliveira; Ferreira, 2021), foram considerados como *inputs* os custos anuais com insumo e com mão de obra e o *output* corresponde à receita anual, em valores monetários expressos em reais (R\$) referentes ao ano de 2018. Ademais, para a tabulação dos dados, utilizou-se o Excel e a operacionalização do modelo DEA-SBM foi realizada com o pacote *nonpareff* na linguagem de programação R do ambiente *R Studio Cloud*.



Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis selecionadas para os dois grupos de agricultores familiares. Registra-se, inicialmente, que, em todas as variáveis, os beneficiários apresentam maiores cifras, porém é relevante ressaltar que os agricultores familiares (participantes e não participantes do PNAE) oferecem os mesmos produtos agropecuários, como frutas (banana, mamão, maracujá), batata doce, macaxeira, peixe, carne bovina e galinha caipira. Em particular, em média, os beneficiários atingem receitas cerca de quatro vezes maiores que os não beneficiários. Em relação aos custos, os agricultores que vendem seus produtos para o PNAE gastam, em média, cinco vezes mais com insumos. A proporção de custos com mão de obra é menor, em que, em média, para cada R\$ 1,00 gasto pelos não beneficiários, o outro grupo incorre em aproximadamente R\$ 4,00. Com efeito, o grupo dos beneficiários apresenta maiores desvios padrões, sinalizando que suas receitas e custos são mais dispersas entre os agricultores.

Tabela 1: Estatísticas descritivas das variáveis selecionadas para a mensuração da eficiência dos produtores familiares participantes e não participantes do PNAE na mesorregião Norte cearense em 2019

Variáveis (R\$ anual)	Beneficiários do PNAE				Não beneficiários do PNAE			
	Mín.	Máx.	Média	Desvio padrão	Mín.	Máx.	Média	Desvio padrão
Receita	2.640	166.680	40.774,13	40.192,04	615	50.200	10.529,65	14.994,66
Custo c/insumos	340	36.600	11.657,98	11.274,82	192	10.500	2.274,17	2.652,36
Custo c/mão de obra	600	19.200	6.853,89	6.337,94	300	13.140	1.658	2.571,08

Fonte: Os autores.

Na literatura, estudos corroboram essas informações, ou seja, os beneficiários do PNAE apresentam maiores receitas, bem como, maiores volumes de custos (Sousa; Oliveira; Ferreira, 2021). Em consonância com a teoria econômica, o aumento da produção requer maiores custos com insumos e mão de obra, *Coeteris paribus*.

Na Tabela 2 são apresentadas as estatísticas descritivas dos escores de eficiência dos beneficiários e não beneficiários do PNAE na região Norte do Ceará. Algumas comparações podem ser estabelecidas entre os dois grupos de produtores familiares. Em particular, os não beneficiários do Programa se sobressaem em termos de valores médios dos escores de eficiência. Destaca-se a mediana, em que metade dos beneficiários apresentam escores de eficiência inferior ou igual a 0,2348, contra 0,2651 dos grupos de não beneficiários do PNAE.



Tabela 2: Estatísticas descritivas dos escores de eficiência dos produtores familiares participantes e não participantes do PNAE na mesorregião Norte cearense em 2019

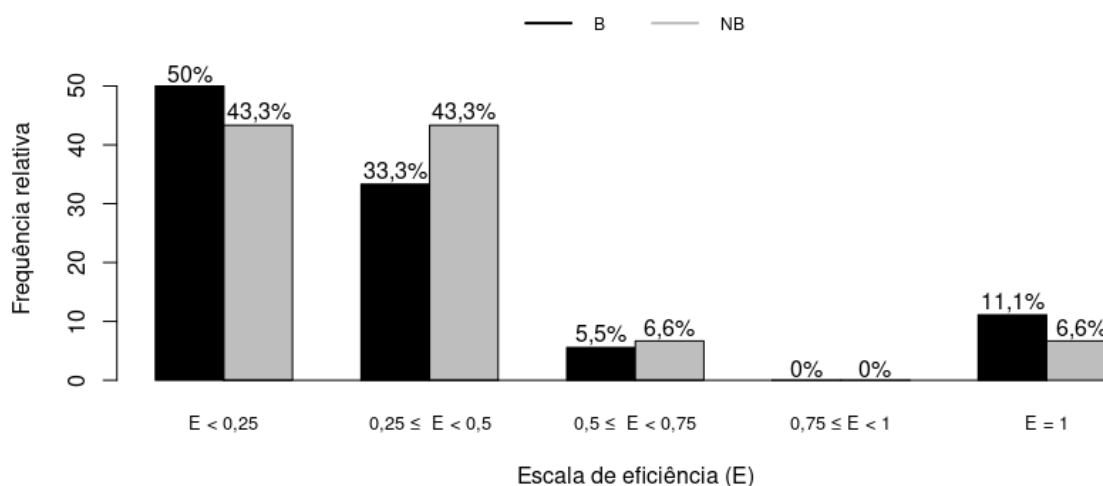
Estatística	Beneficiários	Não beneficiários
Mínimo	0,0824	0,1351
Média	0,3142	0,3407
1º quartil	0,1047	0,1955
Mediana	0,2348	0,2651
3º quartil	0,3474	0,4139
Máximo	1,0000	1,0000
Desvio padrão	0,2875	0,2167
Coeficiente de variação	0,9150	0,6362
Número de participantes	18	30

Fonte: Os autores.

As diferenças, sobretudo, pequenas, persistem entre os dois grupos de agricultores do Norte cearense. Assim, 75% dos agricultores não beneficiários apresentam escore de eficiência menor que ou igual a 0,4139. Por outro lado, neste quartil, os beneficiários apresentaram cifra igual a 0,3474. Ademais, ressalta-se que os beneficiários do PNAE apresentam maior coeficiente de variação, ou seja, maior dispersão do desvio padrão em relação à média.

A partir da distribuição de frequência relativa dos escores de eficiência dos beneficiários e não beneficiários do PNAE no Norte do Ceará, apresentada na Figura 2, observa-se que maioria dos produtores dos dois grupos se mostrou ineficiente, ou seja, não estão empregando de forma ótima os seus insumos na produção agrícola familiar. Os percentuais de ineficiência somam 88,8% dos beneficiários e 93,4% dos agricultores não participantes do PNAE. Esses percentuais estão muito acima do verificado por Ramos e Vieira Filho (2023), que foi 13% abaixo da fronteira de eficiência ótima. Entretanto, conforme esses autores, tais ineficiências foram mais evidentes no Nordeste brasileiro, onde se encontra a área de estudo deste presente artigo.

Figura 2: Distribuição de frequência relativa dos escores de eficiência dos produtores familiares participantes e não participantes do PNAE na mesorregião Norte cearense em 2019



Fonte: Os autores. **Notas:** B: Beneficiários do PNAE; NB: não beneficiários do PNAE.

Particularmente, quando se observa a distribuição da ineficiência para os dois grupos, os maiores percentuais apresentam escores até 0,5. Nesta faixa, registra-se que 50% e 43,3% dos beneficiários e não beneficiários, respectivamente, apresentam eficiência inferior a 0,25. Esta estatística revela, portanto, que a maior parte dos agricultores familiares está distante da fronteira ótima formada pelo DEA-SBM. Na literatura, com efeito, para modelo DEA, especialmente, CRS e VRS, o estudo de Sousa, Oliveira e Ferreira (2021) e verificou que a maioria dos produtores familiares aderentes e não aderentes ao PNAE nos Sertões cearense possuem eficiência inferior a 0,5.

Por outro, em termos de percentuais de produtores, observa-se que 11,11% dos participantes do PNAE foram eficientes, ao passo que apenas 6,67% dos não participantes se situam na fronteira construída pelo modelo DEA-SBM. Em outras palavras, tais agricultores familiares são capazes de reduzir os custos com insumos e mão de obra e, simultaneamente, aumentar suas receitas. Tecnicamente, supõe-se, para os agricultores eficientes que, aumentando os *inputs*, é possível gerar maior receita. Alguns estudos para as mesorregiões cearenses, com os modelos DEA tradicionais (Sousa; Oliveira; Ferreira, 2021) e FDH (Lucena; Oliveira; Sousa, 2022) têm mostrado que os produtores que destinam os gêneros alimentícios para o PNAE se sobressaíram em termos de produção agrícola eficientes.

É importante destacar que as dissonâncias entre os resultados encontrados na literatura, em que os beneficiários do PNAE se sobressaem em eficiência, ocorre por alguns fatores. Em primeiro lugar, empregou-se DEA-SBM, sem orientação radial



definida, ou seja, orientada simultaneamente ao *input* e o *output*. Neste caso, a projeção do agricultor na fronteira é feita diante da redução dos seus gastos com mão de obra e insumos, simultaneamente com o aumento de suas receitas. Por esta razão, um número menor de agricultores é eficiente, pois, torna-se mais difícil otimizar o processo de produção de forma a minimizar custos e maximizar receitas.

Este desafio, portanto, está ligado à adequação e profissionalização dos agricultores para melhor gerenciamento e otimização dos recursos investidos na produção agrícola. Neste sentido, Souza, Campos e Chaves (2020), em análise acerca da produtividade agrícola das mesorregiões cearense, enfatizam a necessidade de investimentos e custeios na qualificação do capital humano. Tais autores endossam que regiões com melhores produtividade normalmente estão associadas aos centros de pesquisas e institutos que qualificam a mão de obra.

Considerações Finais

Dada a relevância do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) para a produção agrícola familiar, o objetivo geral deste artigo consistiu em avaliar a eficiência dos produtores familiares participantes e não participantes do PNAE na mesorregião Norte do Ceará, representada pelos municípios de Ocara e General Sampaio. Com dados primários acerca dos gastos com insumos e mão de obra e com as receitas, estimou-se um modelo DEA-SBM sem orientação radial para os dois grupos.

À luz das estimações do modelo DEA-SBM para os beneficiários e não beneficiários do PNAE na região Norte do Ceará, em 2019, constatou-se que apenas dois produtores de cada grupo foram eficientes. Em outras palavras, tais produtores são *benchmarks*, à medida que conseguem empregar de forma racional seus insumos na produção familiar. Na contramão, mesmo os beneficiários obtendo maiores receitas do que o grupo que não vende sua produção para as escolas, verificou-se que seus escores de eficiência foram relativamente menores. Tratando-se da distribuição dos escores de eficiência dos beneficiários, constataram-se menores média e mediana para este grupo.

As diferenças entre as inferências obtidas neste estudo e a literatura revela dificuldades dos agricultores familiares em gerenciar seus insumos na produção rural. Neste sentido, muitas vezes, os produtores familiares, especialmente beneficiários do PNAE, não possuem acesso ao conhecimento técnico para otimização da produção. Em outras palavras, mesmo com lucros maiores, alguns produtores familiares ainda são, sobretudo, tradicionais, cuja produção é baseada em técnicas familiares geracionais, não tendo aderido ao conhecimento da tecnologia. Assim, tais produtores podem, em muitos casos, operar com baixa eficiência, especialmente no uso dos insumos, existindo margem para otimização do processo produtivo. Neste



caso, políticas direcionadas para a qualificação do capital humano no meio rural são necessárias. Soma-se a isso, o fomento de pesquisas regionais que possam contribuir para a eficiência na agricultura familiar.

Por estas razões, são necessários outros estudos para avaliar potenciais causas de tais dissonâncias. Neste sentido, são relevantes pesquisas que buscam explicar os determinantes dos níveis de eficiência dos produtores. Adicionalmente, o controle de fatores que influenciam os grupos de estudos, utilizando, por exemplo, o *Propensity Score Matching* (PSM), pode contribuir para obtenção de inferências mais robustas. Por fim, reconhecendo as diversas externalidades do PNAE, são relevantes estudos que busquem verificar as repercussões desta política pública no aumento do emprego, no investimento em capital pelos empreendimentos dos beneficiários, assim como na oferta de alimentos de boa qualidade.

Referências

ALEM, H. A metafrontier analysis on the performance of grain-producing regions in Norway. **Economies**, Basel, v. 9, n. 10, p. 1-10, 2021.

DOI:10.3390/economies901001.

BANKER, R. D.; CHARNES, H.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, Linthicum, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BASSOTTO, L. C.; BENEDICTO, G. C.; LIMA, A. L. R.; LOPES, M. A.; MERLO, F. A. Eficiência técnica em propriedades leiteiras familiares no Estado de Minas Gerais em 2021. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 62, n. 1, p. 1-21, 2024. DOI 10.1590/1806-9479.2022.261483

BRASIL. Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as Leis nºs 10.880, de 9 de junho de 2004, 11.273, de 6 de fevereiro de 2006, 11.507, de 20 de julho de 2007; revoga dispositivos da Medida Provisória nº 2.178-36, de 24 de agosto de 2001, e a Lei nº 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 2, 17 jun. 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação **Dados da agricultura familiar**. Brasília, DF: MEC, 2016. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/pnae/pnae-consultas/pnae-dados-daagricultura-familiar>. Acesso em: 4 set. 2021.

CAMIOTO, F. C.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. N. Efficiency in Brazil's industrial sectors in terms of energy and sustainable development. **Environmental**



Science & Policy, Exeter, v. 37, p. 50-60, Mar. 2014. DOI 10.1016/j.envsci.2013.08.007

CAMIOTO, F. C.; REBELATTO, D. A. N.; ROCHA, R. T. Análise da eficiência energética nos países do BRICS: um estudo envolvendo a análise por envoltória de dados. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 23, n. 1, p. 192-203, 2016. DOI: 10.1590/0104-530X1567-13

CARDOSO, V. A.; LOURENZANI, A. E. B. S.; AMORIM, F. R. A importância do PNAE para a renda dos agricultores familiares no Município de Tupã-SP. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 8, p. 1-19, 2020. DOI <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6178>.

CARMO, A. P. C. F.; VILLAR, B. S.; BICALHO, D.; MIGUEL, F. S.; SCHWARTZMAN, F.; NOGUEIRA, R. M. Modos de organização e desafios da participação dos agricultores familiares no Programa Nacional de Alimentação Escolar. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 28, p. 1-14. 2021. DOI 10.20396/san.v28i00.8659189.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; GOLANY, B.; SEIFORD, L.; STUTZ, J. Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions. **Journal of Econometrics**, Amsterdam, v. 30, n. 1-2, p. 91-107, 1985. DOI 10.1016/0304-4076(85)90133-2.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978. DOI 10.1016/0377-2217(78)90138-8.

CONSTANTY, H. F. P-H; ZONIN, W. J. Programa nacional de alimentação escolar (PNAE) e sustentabilidade: o caso do município de Marechal Cândido Rondon. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 36, p. 371-392, abr. 2016. DOI 10.5380/dma.v36i0.39688.

FANIN, É. L. B. B.; LOPES, M. R. C. A.; MARQUES, A. B. G. M.; SANTOS, T.; FERREIRA, R. S.; ZONIN, W. J. Percepção dos agricultores familiares inclusos no PNAE em relação à ATER em Capitão Leônidas Marques, Paraná. Revista Macambira. **Revista Macambira**, Serrinha (BA), v. 7, n. 1, p. 1-21, jan/dez. 2023. DOI 10.35642/rm.v7i1.797.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 331 p.

GARCÍA-CORNEJO, B.; PÉREZ-MÉNDEZ, J. A.; ROIBÁS, D.; WALL, A. Efficiency and sustainability in farm diversification initiatives in Northern Spain. **Sustainability**, [s. n.], 12, n. 10, p. 1-18, May 2020. DOI 10.3390/su12103983



GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. C.; MELLO, J. C. C. B. S. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, p. 607-631, 2005.

GOMES, L. S.; BEZERRA, J. A. B. Alimentação escolar e desenvolvimento social local: o caso da aquisição de gêneros da agricultura familiar. **Educação & Formação**, Fortaleza, v. 4, n. 11, p. 97-116, maio/ago. 2019. DOI 10.25053/redufor.v4i11.899.

ISTIYANTI, E.; WULANDARI, R.; WIDOWATI, I. Technical efficiency of semi organic rice farming. in Sleman Regency, Special Region of Yogyakarta. **E3S Web of Conferences**, [s. n.], v. 316, p. 1-10, 2021. DOI 10.1051/e3sconf/202131602047.

ISYANTO, A. Y.; SUDRAJAT, S.; YUSUF, M. N. Determinants of technical inefficiencies in swamp rice farming - Ciamis District, Indonesia. **E3S Web of Conferences**, [s. n.], v. 226, p. 1-5, 2021. DOI 10.1051/e3sconf/202122600005.

KRASACHAT, W. The effect of good agricultural practices on the technical efficiency of chili production in Thailand. **Sustainability**, [s. n.], v. 15, n. 1, p. 1-25, 2023. DOI 10.3390/su15010866.

LIU, Y.; TVETERAS, S.; XIE, J. Efficiency in chinese large yellow croaker aquaculture: implication for sustainable aquaculture in China. **Sustainability**, [s. n.], 13, n. 24, p. 1-13, 2021. DOI 10.3390/su132413952.

LUCENA, M. A.; OLIVEIRA, R. B.; SOUSA, E. P. Eficiência dos agricultores familiares beneficiários e não beneficiários do PNAE na mesorregião Metropolitana de Fortaleza: uma aplicação do modelo FDH. **Revista Eletrônica Documento/Monumento**, Cuiabá, v. 32, p. 354-367, 2022.

MARQUES, A. B. G. M.; TRICHES, R. M. Sustentabilidade na alimentação escolar: o papel dos atores sociais. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 17, n. 3, p. 193-200, 2022. DOI 10.18378/rvads.v17i3.9335.

MDODA, L., AJURUCHUKWU, O., MZUYANDA, C., PHIWE, J. Technical efficiency of maize-based farm irrigators in the Eastern Cape province: a stochastic frontier model approach. **Journal of Agribusiness and Rural Development**, [s. n.], v. 4, n. 62, p. 371-381, 2021. DOI 10.17306/J. JARD.2021.01421.

NAKAO, D. C. C.; SABBAG, O. J.; SILVA, D. P.; OLIVEIRA, F. A. S.; PAULA, G. L. C. M. C.; VARGAS, P. F. Análise de eficiência técnica na produção de batata doce na região de Presidente Prudente – SP. **Custos e @gronegócio on line**, Recife, v. 16, n. 1, p. 202-221, 2020.



NUNES, E. M.; MORAIS, A. C.; AQUINO, J. R.; GURGEL, I. A. O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) como política de inclusão na agricultura familiar do Nordeste do Brasil. **Grifos**, Chapecó, v. 27, n. 45, p. 114-139, 2018. DOI: 10.22295/grifos.v27i45.4454.

OKE, F. O.; OLORUNSOGO, G.; AKERELE, D. Impact of Information Communication Technology (ICT) and mass media usage on technical efficiency of fish farming in Ogun State, Nigeria. **Journal of Agribusiness and Rural Development**, [S. l.], v. 60, n. 2, p. 143-150, 2021. DOI 10.17306/J.JARD.2021.01378.

RAIMONDO, M.; CARACCIOLO, F.; NAZZARO, C.; MAROTTA, G. Organic farming increases the technical efficiency of olive farms in Italy. **Agriculture**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 1-15, 2021. DOI 10.3390/agriculture11030209.

RAMOS, É. B. T.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Desenvolvimento regional da agricultura familiar: cooperativismo e associativismo. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 77, n. 1, p. 1-23, jan./ mar. 2023. DOI: 10.5935/0034-7140.20230005

REIS, T. **Avaliação da sustentabilidade de estabelecimentos agropecuários participantes do PNAE no município de Tupã-SP**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, 2019.

RIZWAN, M.; QING, P.; SABOOR, A.; IQBAL, M. A.; NAZIR, A. Production risk and competency among categorized rice peasants: cross-sectional evidence from an emerging country. **Sustainability**, [s. n.], v. 12, n. 9, p. 1-15, 2020. DOI 10.3390/su12093770.

ROUF, A. A.; RETNAWATI, E.; ROHMADI, D.; MUNAWAROH, S.; HIPI, A. Technical efficiency of cocoa farming in Gorontalo Province. **E3S Web of Conferences**, v. 232, p. 2-18, 2021. DOI 10.1051/e3sconf/202123201027.

SILVA, E. R. F.; HESPANHOL, R. A. M. O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE): origem, mudanças e impactos. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 17, n. 43, p. 44-58, 2023.

SILVA, I. R. P.; FRAZÃO, A. G. F.; DIAS, I. A. DUTRA, C. D. T.; LEÃO, P. V.; ANDRADE, M. A. Alimentação escolar e agricultura familiar: limitações e potencialidades de sua operacionalização no nordeste paraense. **Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento**, Belém, v. 15, n. 1, p. 75-91, 2021.

SOUSA, E. P.; LUCENA, M. A.; SOUSA, Y. E. L. Desempenho do Programa Nacional de Alimentação Escolar-PNAE nos estados do Nordeste brasileiro no período de 2011 a 2017. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 52, n. 4, p. 85-103, 2021.



SOUSA, E. P.; OLIVEIRA, R. B.; FERREIRA, F. D. G. Competitividade dos produtores familiares cooperados e beneficiários do PNAE vis-à-vis os que não são: uma análise para o Ceará: uma análise para o Ceará. **REUNIR: Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade**, Sousa, PB, v. 10, n. 3, p. 107-118, 2020. DOI 10.18696/reunir.v10i3.1024.

SOUSA, E. P.; OLIVEIRA, R. B.; FERREIRA, F. D. G. Eficiência técnica e de escala dos produtores rurais beneficiários e não beneficiários do Programa Nacional de Alimentação Escolar nos Sertões cearense. **Custos e @gronegócio on line**, Recife, v. 17, n. 1, p. 1-24, jan./mar. 2021.

SOUZA, H. G.; CAMPOS, K. C.; CHAVES, F. A. H. Análise da eficiência da produtividade agrícola nas mesorregiões do Estado do Ceará. **Revista Expressão Católica**, Quixadá, v. 9, n. 2, p. 8-21, jul./dez. 2020. DOI 10.25190/rec.v9i2.3744.

TONE, K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 130, n. 3, p. 498-509, 2001. DOI 10.1016/S0377-2217(99)00407-5.

WEI, Y.; ZHONG, F.; LUO, X.; WANG, P. Ways to improve the productivity of oasis agriculture: increasing the scale of household production and human capital? a case study on seed maize production in Northwest China. **Agriculture**, [S. l.], v. 11, n. 12, p. 1-18, 2021. DOI 10.3390/agriculture11121218.

ZHANG, L.; MENG, T.; ZHANG, Z.; MU, Y. Effects of organic fertilizer substitution on the technical efficiency among farmers: evidence from Bohai Rim Region in China. **Agronomy**, [Basel], v. 13, n. 3, p. 1-19, 2023. DOI 10.3390/agronomy13030761.

ZHANG, H.; NISAR, U.; MU, Y. Evaluation of technical efficiency in exotic carp polyculture in northern India: conventional DEA vs. Bootstrapping methods. **Fishes**, [Basel], v. 7, n. 4, p. 1-15, 2022. DOI 10.3390/fishes7040168.

Nota

- ¹ Maiores detalhes sobre a origem, mudanças e impactos do PNAE, ver Silva e Hespanhol (2023).

Recebido em: 18/04/2024

Aprovado em: 18/07/2024