



University of
Texas Libraries



e-revist@s



Centro Unversitário Santo Agostinho

revistafsa

www4.fsnet.com.br/revista

Rev. FSA, Teresina, v. 20, n. 3, art. 6, p. 118-144, mar. 2023

ISSN Impresso: 1806-6356 ISSN Eletrônico: 2317-2983

<http://dx.doi.org/10.12819/2023.20.3.6>

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

WZB
Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



MIAR



Avaliação da Eficiência e Produtividade em Unidades da Agricultura Familiar na Região Sul do Brasil

Analysis of Efficiency and Productivity on Family Farms in Southern Brazil

Márcia Cristina da Silva Andrett

Mestrado em Contabilidade pela Universidade Federal de Santa Catarina
Graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Santa Catarina
E-mail: mcsandrett@gmail.com

Rogério João Lunkes

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Professor Titular do Departamento de Ciências Contábeis UFSC
rogeriolunkes@hotmail.com

Endereço: Márcia Cristina da Silva Andrett

Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Reitor
João David Ferreira Lima, s/n, Bairro Trindade CEP
88040-900 – Florianópolis, SC – Brasil

Endereço: Rogério João Lunkes

Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Reitor
João David Ferreira Lima, s/n, Bairro Trindade CEP
88040-900 – Florianópolis, SC – Brasil

**Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar
Rodrigues**

**Artigo recebido em 31/01/2023. Última versão
recebida em 13/02/2023. Aprovado em 14/02/2023.**

**Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review
pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review
(avaliação cega por dois avaliadores da área).**

Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação



RESUMO

Esta pesquisa avalia a eficiência e produtividade de 174 unidades de agricultores familiares situadas no Sul do Brasil, distribuídos em três grupos no período de 2014 a 2017, acerca de um conjunto de variáveis de seu ambiente. A pesquisa fundamentou-se em bases conceituais da contabilidade gerencial, eficiência e produtividade, com o uso de técnicas não-paramétricas de Análise Envoltória de Dados e Índices de Malmquist. Os resultados obtidos com DEA permitiram concluir que entre os três grupos de agricultores familiares ocorreram maior incidência de DMUs que atingiram níveis de eficiência, classificados como bom, regular ou ruim. Isso indica que os gestores dessas unidades, no uso dos recursos de produção, devem reunir mais esforços de gestão desses insumos para que se aproximem da máxima eficiência técnica. Em contraponto, as DMUs que obtiveram a pontuação ótima produziram, em média, o máximo da produção que poderia ser potencialmente produzida usando as quantidades de insumos observadas. Na análise da produtividade sobre o painel de Malmquist, os resultados encontrados mostraram que ocorreram regresso e progresso na produtividade para algumas unidades nos três grupos e em todos os períodos analisados. Concluiu-se que ganhos na tecnologia representam determinante fundamental para ocorrência de progressos na produtividade, resultado que leva ao aumento na renda e à prosperidade do agronegócio familiar.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência da produção. Agricultura Familiar. Análise Envoltória de Dados. Índice de Produtividade de Malmquist.

ABSTRACT

This study analyses the efficiency and productivity of 174 units of family farmers located in Southern Brazil, distributed into three groups in the period from 2014 to 2017, about a set of variables of their environment. The research was based on conceptual bases of management accounting, efficiency and productivity, with the use of non-parametric techniques of Data Envelopment Analysis and Malmquist Indices. The results obtained with DEA allowed us to conclude that among the three groups of family farmers there was a higher incidence of DMUs that attained efficiency levels classified as good, fair or poor. This indicates that the managers of these units in the use of production resources should put more effort into managing these inputs so that they approach maximum technical efficiency. In counterpoint, the DMUs that obtained the optimal score, produced on average, the maximum of the output that could potentially be produced using the quantities of inputs observed. In the productivity analysis on the Malmquist panel, the results found showed that return and progress in productivity occurred for some units in the three groups and in all the periods analysed. It was concluded that gains in technology are a fundamental determinant for the occurrence of progress in productivity, a result that leads to an increase in income and prosperity of family agribusinesses.

KEY WORDS: Production Efficiency. Family Farming. Data Envelopment Analysis. Malmquist Productivity Index.

1 INTRODUÇÃO

A produtividade encontra-se entre um dos pontos mais relevantes a serem explorados nas organizações, pois está associada à eficiência da produção, o que torna a produtividade um importante indicador para a análise comparativa de desempenho, por fornecer medidas que permitem avaliar as unidades produtoras (BAGCHI *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2020; GAO *et al.*, 2022). Tal enfoque leva a refletir sobre o papel que a produtividade desempenha nas unidades de agricultores familiares, ainda mais ao se considerar a importante participação que esse grupo tem na economia do país. A produtividade torna-se relevante para a manutenção e a fixação do agricultor no campo.

Conforme os resultados do último Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, para o ano de 2017, foram registrados 3,9 milhões de estabelecimentos classificados como agricultura familiar, os quais contribuíram para geração de um Valor Bruto da Produção (VBP) agropecuária próximo a R\$ 107 bilhões, equivalente a 23% de toda a produção agropecuária brasileira (IBGE, 2017). Esse panorama traz a indicação de que a continuidade de uma unidade agrícola familiar recai na importância da avaliação de desempenho por meio de indicadores de eficiência e produtividade como um meio de impulsionar e alcançar melhor retorno da produção.

Nesse debate, avaliar a eficiência com a qual uma unidade produtiva opera torna-se relevante por levar em consideração os fins estratégicos (comparação entre unidades produtivas), o planejamento (avaliação dos resultados do uso de diferentes combinações dos fatores de produção) e a tomada de decisão (como melhorar o desempenho atual por meio da análise da distância entre a produção atual e potencial) (GOMES *et al.*, 2005). Por esse lado, a avaliação da eficiência na agricultura familiar promove subsídios para um bom planejamento, que conduz as ações de melhoria na gestão. A gestão de uma unidade rural, na visão de Batalha *et al.* (2005), sobretudo aquela de menor porte, é interpelada de forma fracionada e específica, e as pesquisas nessa área estão quase sempre reservadas à apuração de custos e à análise contábil-financeira do empreendimento rural, limitando-se à apuração de receita, custos e lucros.

Com o mesmo entendimento, Torquato *et al.* (2009) mencionam que os empreendimentos rurais necessitam ser avaliados sob a perspectiva da eficiência que apresentam ao desempenharem essas atividades. Apesar disso, para avaliação dos *inputs* e *outputs* do processo de produção e melhoramento da produtividade das unidades rurais, esses autores indicam o uso de técnicas ou métodos que subsidiem informações mais objetivas e

precisas que as obtidas por meio da análise de rentabilidade e de indicadores financeiros, dado que há outros fatores não financeiros que podem influenciar nos resultados. Todavia, é difícil avaliar o desempenho de uma organização quando há múltiplos insumos e múltiplos produtos a serem considerados na análise de um sistema produtivo (FERREIRA e GOMES, 2009; COSTA JUNIOR, 2018). Os fatores de produção próprios do campo, como dependência do clima, percepção dos produtos e ciclo biológico das culturas e criações, agregados aos riscos de pragas e doenças, conduz alguns agricultores a concluir que, por tratar-se de atividade diretamente ligada à natureza, qualquer tipo de planejamento torna-se dispensável (MARION e SEGATO, 2012).

Nesse contexto, é importante que sejam dedicadas pesquisas que agreguem novos *insights* a respeito de gestão e estratégia em unidades da agricultura familiar. Leva-se em conta que uma gestão mais eficiente nas unidades de agricultores familiar é importante do ponto de vista do crescimento produtivo, o que contribui para sua reprodução social e promover a sua sustentação no setor. Para ter esse alcance, é importante avaliar os resultados obtidos bem como otimizar o uso dos recursos e propor melhorias em todo o sistema produtivo. Em decorrência desse entendimento, observa-se a necessidade de serem realizados estudos sobre desempenho de agricultores familiares em relação ao nível de eficiência produtiva, o que leva este estudo a buscar responder à seguinte questão de pesquisa: como avaliar o desempenho em unidades de agricultores familiares produtoras de fumo? Assim, para responder a essa questão, buscou-se avaliar o desempenho das unidades de agricultores familiares produtoras de fumo na região Sul do Brasil, por meio de indicadores de eficiência e produtividade para um período de 2014 a 2017, com base em informações contábeis financeiras e não financeiras, auxiliados pelas ferramentas de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) e Índice de Malmquist.

O estudo justifica-se, especialmente, por servir como fonte de informação para as unidades de agricultores familiares, ao evidenciar as causas pelas quais uma determinada unidade tomadora de decisão pode operar com baixa ou alta eficiência, avançando em relação aos estudos pregressos que avaliaram a eficiência e a produtividade na área agrícola (ex. LIU *et al.*, 2015; ASMILD *et al.*, 2016; BAGCHI *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2021; GAO *et al.*, 2022). A pesquisa também contribui com a literatura, ao sugerir soluções que visam aumentar a eficiência dos produtores agrícolas, entre as quais o capital de giro, o uso de máquinas e equipamentos, as áreas cultivadas e o trabalho agrícola familiar, entre outras que estão na base dessa previsão. Ainda amplia o escopo de análise, ao avaliar a eficiência de três grupos de propriedade familiar situados em estados distintos da federação, oferecendo evidências que

demonstram o comportamento dos diferentes recursos de produção (capital de giro, o uso de máquinas e equipamentos, as áreas cultivadas e o trabalho agrícola familiar) determinantes da renda dos produtores agrícolas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Agricultura Familiar

Uma série de movimentos trouxe significativos avanços sobre a realidade dos grupos sociais denominados de agricultura familiar, com direções de estudos, ação do Estado, entendimento sobre o lugar e características da agricultura familiar. Esses movimentos foram descritos por vários estudiosos que se dedicaram a dar visibilidade à importância da agricultura familiar no processo de desenvolvimento do país. Assim, a contextualização apresentada por Altafin (2007) caracteriza a agricultura familiar baseada em estudos em que a corrente de pensamento defende que a agricultura familiar brasileira é um conceito em evolução, com significativas raízes históricas.

A utilização do termo “agricultura familiar”, de acordo com Copetti (2008), ganhou destaque em meados da década de 1990, sobretudo pela importância econômico-produtiva bem como por questões como organização, diversidade cultural, mercado de trabalho, entre outras. Schneider e Niederle (2008) discorrem que a agricultura familiar decorre das lutas do movimento sindical por crédito, melhorias de preços, formas de comercialização diferenciadas, implementação da regulamentação constitucional da assistência social rural, dentre outras.

Já o estudo de Navarro (2010) traz a noção de que a agricultura familiar é posta não apenas como um setor da economia brasileira, mas como política real de desenvolvimento que finalmente emancipe o mundo rural e seus cidadãos, apoiando-a à modernidade capitalista enquanto um padrão civilizatório. Nesse entendimento, Marques (2012), apoiado no estudo de Abramovay (1992), aponta que a agricultura familiar se fundamenta no desenvolvimento do capitalismo, comparando a agricultura familiar moderna a uma profissão, sem apresentar qualquer conflito ou contradição em relação ao desenvolvimento capitalista.

Além de tudo, Schneider e Cassol (2013) identificam que a agricultura familiar está sujeita a três fatores igualmente importantes, quais sejam: o primeiro diz respeito à retomada do papel do movimento sindical após o fim da ditadura militar; o segundo é ligado ao papel dos mediadores e intelectuais, especialmente cientistas sociais que discutiram o tema no início

da década de 1990; e o terceiro fator está relacionado ao papel do Estado e das políticas públicas, que passaram a reconhecer o setor da agricultura familiar e dar-lhe visibilidade a partir da criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF.

2.2 Contabilidade como ferramenta de apoio à gestão e avaliação das unidades rurais

Ao mesmo tempo, à medida que a agricultura familiar ganha visibilidade e conquista o segmento de mercado no meio rural, surge a necessidade de pesquisas que analisem aspectos voltados à organização da agricultura familiar, principalmente no âmbito da gestão e avaliação de desempenho.

No ano de 2017, conforme divulgado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA, o ramo da agricultura foi destaque no cenário da economia brasileira, com um crescimento de produção que foi o grande responsável pelo crescimento do PIB nacional (com alta de 1%) e ajudou no controle da inflação. Diante de condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento das safras e investimentos, o segmento primário do agronegócio alcançou patamares recordes de produtividade no campo de produção (CEPEA, 2017). Tendo em vista isso, para fortalecer o desempenho econômico e produtivo, é essencial que o produtor rural exerça uma gestão eficiente das atividades agrícolas, associada à gestão da unidade, de modo a reduzir os custos, diminuir os desperdícios, maximizar o ambiente produtivo e atingir níveis de produtividade cada vez melhores (BAUMGRATZ *et al.*, 2017).

Assim, para que o gestor rural obtenha esse desempenho, é preciso conhecer muito sobre o contexto específico de sua unidade de produção agrícola e tomar decisões considerando esse conhecimento. Nesse sentido, os agricultores familiares precisariam buscar conhecimentos próprios da Contabilidade, para serem utilizados dentro de suas unidades produtivas como ferramenta de controle e apoio à gestão. Isso proporcionaria aos administradores capacidades gerenciais que os apoiariam a desenvolverem de maneira eficiente suas atividades e atenderem aspirações futuras (BEUREN *et al.*, 2019). A contabilidade orientada ao meio rural busca a organização das unidades rurais, gera dados e transforma em informações úteis para preencher as necessidades da empresa e dar respostas às dúvidas do gestor rural.

Dado esse panorama, o futuro dos agricultores familiares está fortemente relacionado com a sua capacidade de gestão, sobre os seus recursos e sobre o reconhecimento de si mesmo como um importante agente para sua preservação no campo. Com esse entendimento,

diagnosticar o grau de eficiência no emprego de seus recursos de produção e a produtividade representam as “matérias-primas” para uma boa gestão do seu negócio e para a melhoria da qualidade de suas decisões (TORESAN *et al.*, 2021). A gestão de unidades rurais é revestida de complexidade e certamente está além do conhecimento do agricultor familiar. No entanto, tomar consciência da necessidade de usar a contabilidade como ferramentas de avaliação que auxiliem a gestão desses agricultores é relevante, uma vez que esses produtores estão cada vez mais inseridos em um mercado globalizado. A seguir, são descritas sínteses de alguns estudos relacionados ao tema, com o propósito de compreender melhor a avaliação de desempenho para a gestão na agricultura e de situar as decisões e estratégias na produção da agricultura familiar.

2.3 Estudos Correlatos

Pesquisas bem desenvolvidas sobre avaliação de desempenho por meio de indicadores de eficiência e produtividade da agricultura têm sido conduzidas na comunidade acadêmica. Nesse meio, com o propósito de examinar os níveis de eficiência em unidades do setor agrícola, Liu *et al.* (2015) aplicaram a técnica de análise DEA para estimar a eficiência de produção agrícola no Nordeste da China, de 2002 a 2012, e o Índice de Malmquist para identificar o crescimento da produtividade. A medida incluiu capital, trabalho, terra, máquinas e fertilizantes como variáveis de *inputs*, e valor bruto de produção como variável *output*. Resultou que a média da eficiência técnica na agricultura foi de 0,79, indicando que existe grande potencial de melhoria no uso eficaz de insumos na produtividade agrícola. Já o Índice Malmquist indicou que o crescimento médio da produtividade foi de 8,0% ao ano, durante todo o período no Nordeste da China, e que a principal fonte de crescimento foi a mudança tecnológica.

Estudos semelhantes conduzidos por Asmild *et al.* (2016) mediram a mudança de produtividade para uma amostra de 10.315 observações de fazendas familiares lituanas, ao longo do período de 2004-2011. Para tal, os autores introduziram uma extensão do Índice de Malmquist, que utiliza a abordagem de Análise de Eficiência Multidirecional. As variáveis de *inputs* utilizadas foram valor da terra, custos de mão de obra, consumo intermediário e depreciação; como *output*, tomou-se a produção agrícola total. Isso lhes permitiu uma análise específica da variável da mudança de produtividade bem como de seus componentes (mudança de eficiência e mudança tecnológica).

Godoy-Durán *et al.* (2017) utilizaram os métodos de Análise Envoltória de Dados e Regressão Truncada na avaliação da ecoeficiência de 327 fazendas familiares no sudeste da Espanha. Para análise DEA, foram usadas 4 entradas: terra, trabalho, custos de produção agrícola e gastos de capital utilizado. Como saídas: todas as culturas individuais produzidas por pelo menos uma fazenda na região e medidas em toneladas. Os achados no estudo apontaram alta ineficiência em aspectos como a gestão de resíduos. Entretanto, uma ineficiência relativamente menor no uso da água e no balanço de nitrogênio. Por outro lado, características como especialização do produto, adoção de certificações de qualidade e pertencimento a uma cooperativa influenciaram positivamente a ecoeficiência dos agricultores familiares.

Para examinar o crescimento da Produtividade, Bagchi *et al.* (2019) usaram um painel de dados de 19 regiões de Bangladesh, cobrindo um período de 23 anos (1987-2009). O método de análise utilizado foi Análise Envoltória de Dados *bootstrapped* e Índice de Malmquist, tendo como variáveis de entrada: terra, trabalho, energia animal, fertilizante e irrigação. E como variáveis de saída: produção (medida em toneladas métricas). Os achados no resultado destacam que a produtividade geral cresceu a uma taxa modesta de 0,03%, impulsionada, principalmente, pelo progresso tecnológico de 0,03% e um declínio insignificante na eficiência técnica de 0,004%, com grandes disparidades entre as regiões.

De maneira semelhante, Zhang *et al.* (2021) mediram a eficiência produtiva de 13 principais regiões produtoras de grãos da China, de 2008 a 2017. Usaram trabalho, área semeada de grãos e Subsídio de grãos como variáveis de *inputs* e quantidade total de grãos produzidos e Lucro líquido dos agricultores como variáveis de *outputs*. O modelo DEA e o Índice de Malmquist foram escolhidos para analisar os fatores influenciadores. As descobertas do estudo mostraram que, de 2008 a 2017, o nível geral de produtividade total dos fatores - PTF da produção de grãos nas principais regiões produtoras de grãos da China foi relativamente alto e flutuou com uma taxa média de crescimento anual de 1,85%. Além disso, foi observado pelo índice de decomposição de Malmquist que a mudança da PTF da produção foi decidida principalmente pela variação do progresso tecnológico e eficiência técnica.

Na mesma linha de pesquisa, Gao *et al.* (2022) examinaram as forças motrizes da produção de arroz de 18 províncias na China e 9 áreas rurais no Japão, ao longo de 2004 a 2018, por meio da abordagem DEA, Índice de Malmquist e estimativa de densidade de kernel. As variáveis formadoras dos *inputs* foram os bioquímicos (incluem o custo de sementes, fertilizantes, esterco de curral e pesticidas), os mecânicos (incluem os gastos com máquinas, energia, irrigação e outros materiais mecânicos) e a mão de obra (incluem o custeio de ambas

as famílias e mão de obra contratada para a produção de arroz), a colheita (medida em toneladas métricas) foi a variável de *output*. Resulta que a Produtividade Total dos Fatores - PTF do arroz no Japão é maior do que na China. Os autores trazem que o progresso tecnológico é um importante impulsionador da PTF e a principal razão para a diferença na PTF do arroz entre os dois países. Na próxima seção, são apresentados os métodos utilizados para calcular a eficiência das unidades de agricultores familiares selecionadas nos três estados do Sul do Brasil.

3 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Dentre as técnicas que podem ser aplicadas para avaliação de desempenho operacional, destacam-se as abordagens de Análise Envoltória de dados - DEA e Índice de Malmquist. Assim, neste estudo, a produtividade total dos fatores (PTF) é medida por meio do método do índice de Malmquist, que utiliza o método de análise envoltória de dados (DEA) para construir uma fronteira linear de produção para cada ano da amostra. O Índice Malmquist será calculado por meio do *software Deap* (versão 2.1) desenvolvido pelo professor Tim Coelli, do Centro de Análises de Eficiência e Produtividade da Universidade de Queensland na Austrália. Uma breve descrição dos métodos DEA e Malmquist é apresentada a seguir, nas seções 3.1 e 3.2, seguida da seção 3.3 que trata da base de dados e universo amostral.

3.1 Análise Envoltória de Dados

O método de Análise Envoltória de Dados (DEA – sigla em inglês de *Data Envelopment Analysis*) é uma ferramenta de análise não-paramétrica desenvolvida com objetivo de avaliar a eficiência técnica entre várias unidades produtivas, denominadas como Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs – sigla em inglês de *Decision Making Units*), comparando unidades que realizam tarefas similares e se diferenciam pela quantidade de recursos utilizados (*inputs*) e de bens produzidos (*outputs*) (SOUZA e WILHELM, 2009).

A fronteira de eficiência proposta no método DEA apresenta dois modelos considerados clássicos pela literatura consultada. O primeiro modelo *Constant Returne to Scales* (CRS), desenvolvido por Charnes *et al.* (1978), leva a hipótese de que qualquer variação nos *inputs* (entradas) produz variação de igual proporção nos *outputs* (saídas) (TOMA *et al.*, 2015). Em contraponto, a suposição CRS só é apropriada quando todas as DMUs estão operando com o ideal de escala. Já o segundo modelo *Variable Returne Scale* (VRS), desenvolvido por Banker *et al.* (1984), surgiu como uma extensão do modelo CRS,

para explicar a situação de retornos variáveis de escala (crescentes e decrescentes) e não espera retornos da mesma proporção entre os *inputs* (entradas) e *outputs* (saídas) (LIU *et al.*, 2015). Com isso, é considerada uma DMU eficiente no modelo CRS, quando melhor aproveitar os *inputs*, sem levar em conta a sua escala de operação. O oposto ocorre com o modelo VRS: aqui uma DMU é considerada eficiente quando melhor aproveitar os *inputs*, considerando a escala de operação (OLIVEIRA, 2014).

Os modelos DEA apresentam dois tipos de abordagens: uma orientada a *input* com objetivo de minimizar entradas mantendo as saídas inalteradas, a outra orientada a *output* com o objetivo de aumentar as saídas, mantendo as entradas inalteradas (NOWAK *et al.*, 2015). Sobre isso, Coelli e Rao (2005) explicam que as duas medidas de orientação fornecem as mesmas pontuações de eficiência técnica quando uma tecnologia de retornos constantes na escala (CRS) se aplica, mas são desiguais quando os retornos variáveis na escala (VRS) são assumidos.

Neste artigo, o modelo CRS é preferido e, portanto, a escolha da orientação não é um problema neste caso. No entanto, para o propósito deste estudo, optou-se por empregar uma orientação para o *output*, pois seria correto supor que, na agricultura, por fatores próprios do campo, como dependência do clima, percepção dos produtos e ciclo biológico das culturas e criações, agregados ao risco de pragas e doenças, os agricultores busquem alcançar uma produção específica e tentem fazer isso com insumos mínimos. Conforme Coelli e Rao (2005), uma vez atribuídos os dados para N DMUs em um determinado período de tempo, o problema de programação linear (PPL) é resolvido para a i -ésima DMU em um modelo de DEA orientado para a produção, conforme expressão matemática 1, a seguir:

$$\begin{aligned}
 & \max_{\theta, \lambda} \theta, \\
 & \text{st} - \theta y_i + y, \lambda, \geq 0, \\
 & x_i - x, \lambda \geq 0, \\
 & \lambda, \geq 0,
 \end{aligned} \tag{1}$$

Onde,

y_i é um vetor $M \times 1$ de quantidades de saída para o i -ésimo DMU;
 x_i é um vetor $K \times 1$ de quantidades de entrada para o i -ésimo DMU;
 y é uma matriz $N \times M$ de quantidades de saída para todas as N DMUs;
 x é uma matriz $N \times K$ de quantidades de entrada para todas as N DMUs;
 λ é um vetor $N \times 1$ de pesos; e
 θ é uma escala.

3.2 Índice de Produtividade de Malmquist

Medir a mudança de produtividade ao longo do tempo para um conjunto de unidades de produção comparáveis tem sido estudado intensamente, tanto teórica quanto empiricamente, nas últimas décadas (ASMILD *et al.*, 2016; LIU *et al.*, 2015). Dessa maneira, pode-se encontrar, na literatura, diversos índices para analisar mudanças de produtividade entre períodos, como, por exemplo, os de Malmquist, os de Fisher e o de Törnqvist (OLIVEIRA, 2014). O índice de Produtividade de Malmquist, ao contrário dos de Törnqvist e Fisher, não requer informações sobre preços (receitas e despesas), o que o torna preferido na análise de mudanças na produtividade total dos fatores (FÄRE *et al.*, 1994; COELLI e RAO, 2005; FERREIRA e GOMES, 2009; LIU *et al.*, 2015). Dentro de uma estrutura não paramétrica, pesquisadores combinaram, principalmente, os programas convencionais de Análise Envoltória de Dados (DEA) com o índice de Malmquist em medidas de produtividade (COELLI e RAO, 2005; OLIVEIRA, 2014; ASMILD *et al.*, 2016).

Inicialmente, o índice de Malmquist foi proposto por Sten Malmquist na análise do comportamento do consumidor (MALMQUIST, 1953; OLIVEIRA, 2014; LIU *et al.*, 2015). Entretanto, Caves *et al.* (1982) introduziram o conceito de índice de Malmquist na análise da produção, e Färe *et al.* (1994) reconheceram que a função distância (representações de tecnologias com múltiplos *inputs* e *outputs*, que podem apenas requerer dados sobre quantidades de *inputs* e de *outputs*), implícita no índice de Malmquist, era recíproca à avaliação da eficiência técnica proposta por Farrell em 1957; e, assim, desenvolveram o modelo “Índice de produtividade de Malmquist” para avaliar a produtividade de DMUs, ao longo do tempo.

O Índice de Produtividade de Malmquist mostra o crescimento da produtividade total dos fatores de produção - PTF ou *total factor productivity* (TFP) das DMUs, na medida em que reflete as modificações em termos de eficiência técnica (EFTE) associadas às mudanças no progresso tecnológico (TEC) entre períodos de tempo distintos, admitindo-se o emprego de múltiplos inputs que geram múltiplos *outputs* (OLIVEIRA, 2014; LIU *et al.*, 2015; ASMILD *et al.*, 2016). Conforme trazem os estudos de Färe *et al.* (1994), o cálculo do índice de Malmquist-DEA (M_g) é feito por meio da média geométrica de dois índices, em que o primeiro utiliza como referência a fronteira do período t e o segundo a fronteira do período $t+1$. Então, um valor de M_g maior que 1 assinala um aumento ou avanço do fator de produtividade total entre os períodos t e $t+1$, já um valor menor que 1 indica um regresso. A

expressão matemática 2 representa a decomposição de Färe *et al.* (1994) para o índice de Malmquist:

$$M_o(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \left[\frac{d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2}, \quad (2)$$

Onde, a notação de x_t e y_t indica, respectivamente, os volumes de *inputs* e *outputs* da DMU no instante t e d_o^t representa a distância na fronteira do instante t medido em termos de eficiência relativa, conforme o cálculo da DEA orientado para output.

Uma forma equivalente de escrever o índice M_o apresentado por Färe *et al.* (1994) é:

$$M_o(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \frac{d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^t(x_t, y_t)} \left[\frac{d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{d_o^t(x_t, y_t)}{d_o^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2}, \quad (3)$$

Para calcular o $M_o(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t)$, devem ser realizados alguns procedimentos matemáticos, e assim ser representado algebricamente pelo Problema de Programação Linear (PPL), descrito a seguir:

$$\begin{aligned} [d_o^t(x_t, y_t)]^{-1} &= \max_{\theta, \lambda} \theta, \\ \text{st } -\theta y_{it} + y_t \lambda_i &\geq 0, \\ x_{it} - x_t \lambda_i &\geq 0, \\ \lambda_i &\geq 0, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} [d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} &= \max_{\theta, \lambda} \theta, \\ \text{st } -\theta y_{i,t+1} + y_{t+1} \lambda_i &\geq 0, \\ x_{i,t+1} - x_{t+1} \lambda_i &\geq 0, \\ \lambda_i &\geq 0, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} [d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} &= \max_{\theta, \lambda} \theta, \\ \text{st } -\theta y_{i,t+1} + y_t \lambda_i &\geq 0, \\ x_{i,t+1} - x_t \lambda_i &\geq 0, \\ \lambda_i &\geq 0, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} [d_o^{t+1}(x_t, y_t)]^{-1} &= \max_{\theta, \lambda} \theta, \\ \text{st } -\theta y_{it} + y_{t+1} \lambda_i &\geq 0, \\ x_{it} - x_{t+1} \lambda_i &\geq 0, \\ \lambda_i &\geq 0, \end{aligned} \quad (7)$$

Conforme os PPL (6) e (7), os pontos de produção são comparados com tecnologias de diferentes períodos de tempo. O parâmetro θ não precisa ser maior ou igual a 1, conforme espera-se do padrão eficiências técnicas no período corrente. O ponto poderia estar acima da fronteira de produção. Isso provavelmente ocorrerá em PPL (6), onde um ponto de produção do período $t+1$ é comparado à tecnologia em um período anterior, t . Notoriamente, uma regressão técnica, ou seja, o parâmetro θ menor que 1, também é possível no PPL (7).

Em resumo, eficiência técnica (EFTE) ou mudança de eficiência técnica – *technical efficiency change (effch)* – com resultado > 1 aponta progresso da eficiência técnica; se < 1

indica diminuição da eficiência técnica; e se = 1 significa que a eficiência técnica permanece a mesma. Para o progresso tecnológico (TEC) ou mudança tecnológica - *technological change* (*techch*) – que trazem valores que resultem > 1 mostra progresso tecnológico; se < 1 aponta regresso tecnológico e se = 1 permanece a mesma tecnologia.

O crescimento da produtividade total dos fatores - PTF ou mudança na produtividade total dos fatores - total *factor productivity change* (*tfpch*) – com resultados > 1 sinaliza que a produtividade evoluiu ao longo do tempo; se < 1 a produtividade piorou; e se o resultado for = 1 a produtividade permaneceu a mesma.

3.3 Base dos dados e Universo amostral

O presente estudo é baseado em dados de planilhas contábeis técnico-financeiras disponibilizadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), no âmbito da parceria estabelecida entre a Secretaria de Estado da Agricultura, da Pesca e do desenvolvimento Rural de Santa Catarina, a empresa Souza Cruz, as Federações dos Trabalhadores na Agricultura dos estados de Santa Catarina, do Paraná e do Rio Grande do Sul.

Assim, a amostra do estudo foi composta por três grupos de agricultores familiares produtores de fumo. Inicialmente, a amostra contava com 74 unidades rurais para o grupo do estado do Paraná, 67 unidades rurais para o grupo do estado de Santa Catarina e 79 para o grupo no estado do Rio Grande do Sul. A região de estudo e as unidades foram escolhidas pela disponibilidade e acessibilidade às informações necessárias ao estudo e, originaram-se de quatro exercícios agrícolas em cada unidade familiar (a partir de então, denominados DMU), correspondentes aos exercícios agrícolas de 2015, 2016 e 2017, completos e disponibilizados pela Epagri, pois anos seguintes ou mais recentes ainda não estavam disponíveis em sua completude nas bases da Epagri, até o momento desta pesquisa.

Sobre a seleção e composição das variáveis para o cálculo da eficiência para esta pesquisa, os estudos de Liu *et al.* (2015), Toma *et al.* (2015), Nowak *et al.* (2015), Silva *et al.*, (2020) e Zhang *et al.*, (2021) serviram de referência. Para calcular as medidas de eficiência, propõe-se, então, a utilização de seis variáveis relacionadas ao input (insumo) e uma variável relacionada ao output (produto) descritas no quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Variáveis de input e de output

Variáveis/Inputs	Descrição	Fonte
Áreas cultivadas (SAU ¹)	Superfície cultivada, área plantada	Epagri/Cepa, 2021.
Trabalho agrícola (UTH ² familiar)	Mão de obra utilizada no plantio	
Terra (Capital/UHT)	Valor do capital fundiário	
Máquinas e equipamentos	Valor dos ativos utilizados no sistema de produção agrícola	
Giro	Valor do capital de trabalho necessário para financiar a continuidade da produção agrícola	
Construções	Valor dos ativos utilizados no sistema de produção agrícola	
Variáveis/Outputs	Descrição	Fonte
Renda operação agrícola /UHT (ROA/UHT)	Diferença entre a Renda Bruta e os Custos Reais	Epagri/Cepa, 2021.

Fonte: Elaborado pelos autores

¹ Superfície Agrícola Útil - Terras de uma empresa rural trabalhadas ou exploradas na produção (Araújo, 2009).

² Unidade de Trabalho Homem – Unidade padrão de mão-de-obra utilizada para medir a disponibilidade bem como remunerar o fator trabalho de uma empresa rural (Araújo, 2009).

Após a realização da coleta dos dados, foram construídas planilhas no *software Microsoft Excel*®, a fim de organizar os dados. Foram excluídas algumas unidades de agricultores familiares da amostra, devido à ausência de alguns dados para essas unidades. Por essa razão, a amostra final do estudo contou com 59 DMUs para o grupo do estado do Paraná, 49 DMUs para o grupo do estado de Santa Catarina e 66 DMUs para o grupo no estado do Rio Grande do Sul. Esses dados foram balanceados para aplicabilidade da técnica de análise de Índice de Produtividade de Malmquist, diante da qual iremos analisar se houve alguma mudança de produtividade para as DMUs avaliadas.

4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta seção, os resultados são discutidos e apresentados aos grupos de produtores agrícolas familiares do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Para o cálculo dos índices de Malmquist, conforme descrito nos procedimentos metodológicos, primeiro alcançaram-se os resultados em DEA da eficiência relativa no modelo de retornos constantes de escala (RCE) – *constant returns to scale* (CRS) – ao longo do tempo. Depois, com base nos resultados desse modelo, foram calculadas as mudanças de eficiência (effch), mudança tecnológica (techch) e mudança de produtividade total dos fatores - TPF (tfpch). Os resultados obtidos por meio do cálculo de DEA e Malmquist serão apresentados em resumo para cada grupo de agricultores em seus respectivos estados, uma vez que existem muitos resultados para descrever.

4.1 Resumo da Eficiência técnica do modelo de retornos constantes de escala (RCE) por grupos de DMUs por meio da Análise Envoltória de Dados

Para melhor visualização e compreensão dos resultados, com base nos escores de eficiência inferiores a uma unidade, foram utilizados critérios de categorização das DMUs, por meio da média e do desvio-padrão, procedimentos esses adotados por Oliveira (2014). Desse modo, as classes para os Grupos foram elaboradas da seguinte forma: a classe 1: índices de eficiência menores que a média menos um desvio padrão (DP); a classe 2: índices de eficiência compreendidos entre a média e a média menos um DP; a classe 3: índices de eficiência compreendidos entre a média e a média mais um DP e menores que um; e a classe 4: índices de eficiência iguais a um. Com essa classificação orientada por Oliveira (2014), apresentam-se as DMUs, com desempenho ruim (classe 1); desempenho regular (classe 2); desempenho bom (classe 3); e, desempenho ótimo (classe 4). Nas Tabelas 1, 2 e 3, é apresentada a categorização das DMUs por ano, os escores de eficiência e o desempenho do grupo de DMUs quanto ao uso dos insumos no sistema de produção agrícola.

Fundamentado no critério de classificação detalhado anteriormente, observa-se dentre as DMUs pertencentes ao grupo do Paraná descritas na Tabela 1, consideradas pela observação de seus scores de eficiência no total dos quatro períodos agrícolas, que 16,1% obtiveram pontuações de desempenho ruim, 26,27% ocuparam desempenho regular; 13,56% desempenho bom; e 44,07% tiveram desempenho ótimo, quanto ao uso dos insumos no sistema de produção agrícola.

Nota-se que a pontuação média de eficiência técnica em 2015 no valor de 0,7938 implica que essas DMUs produziram, em média, 79,4% da produção que poderia ser potencialmente produzida usando as quantidades de insumos observadas. Entre os períodos observados, percebe-se que o ano de 2015 teve o menor percentual de DMUs classificadas com desempenho ruim (11,9%), e o maior percentual de DMUs eficientes (49,2%), ou seja, com percentual de desempenho ótimo.

Tabela 1. Intervalo dos escores de eficiência técnica e classificação das DMUs de agricultores familiares do Paraná entre 2014 e 2017 em relação aos escores de eficiência técnica por ano.

Ano	Classe	Critério de classificação	Número de DMUs	Escores de eficiência técnica	Desempenho
2014	1	Valores inferiores à média	11	< 0,57995	Ruim

	2	menos um desvio-padrão (DP) Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	12	$0,57995 < E < 0,80900$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a média + 1 DP	10	$0,80900 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	26	$E = 1$	Ótimo
2015	1	Valores inferiores à média menos um desvio-padrão (DP)	7	$< 0,56207$	Ruim
	2	Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	19	$0,56207 < E < 0,7938$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a mediana	4	$0,7938 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	29	$E = 1$	Ótimo
2016	1	Valores inferiores à média menos um desvio-padrão (DP)	10	$< 0,58142$	Ruim
	2	Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	11	$0,58142 < E < 0,81605$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a média + 1 DP	13	$0,81605 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	25	$E = 1$	Ótimo
2017	1	Valores inferiores à média menos um desvio-padrão (DP)	10	$< 0,54972$	Ruim
	2	Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	20	$0,54972 < E < 0,88100$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a média + 1 DP	5	$0,88100 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	24	$E = 1$	Ótimo

Fonte: Resultados da pesquisa

Na Tabela 2, são apresentados os escores de eficiência das 49 DMUs que compõem o Grupo de Santa Catarina. Ao analisar os resultados desse grupo, verifica-se que 19,38% das DMUs apresentaram desempenho ruim, 21,94% desempenho regular, 13,76% desempenho bom e 44,92% das DMUs tiveram desempenho considerado ótimo na relação insumo produto comparativamente às outras DMUs desse mesmo período produtivo.

Tabela 2. Intervalo dos escores de eficiência técnica e classificação das DMUs de agricultores familiares de Santa Catarina entre 2014 e 2017 em relação aos escores de eficiência técnica por ano.

Ano	Classe	Critério de classificação	Número de DMUs	Escores de eficiência técnica	Desempenho
2014	1	Valores inferiores à média menos um desvio-padrão (DP)	7	$< 0,5606$	Ruim
	2	Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	12	$0,5606 < E < 0,8129$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a média + 1 DP	5	$0,8129 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	25	$E = 1$	Ótimo
2015	1	Valores inferiores à média menos um desvio-padrão (DP)	10	$< 0,4786$	Ruim

Ano	Classe	Critério de classificação	Número de DMUs	Escores de eficiência técnica	Desempenho
	2	Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	13	$0,4786 < E < 0,7396$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a mediana	8	$0,7396 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	18	$E = 1$	Ótimo
	1	Valores inferiores à média menos um desvio-padrão (DP)	10	$< 0,5930$	Ruim
2016	2	Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	8	$0,5930 < E < 0,8261$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a média + 1 DP	6	$0,8261 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	25	$E = 1$	Ótimo
	1	Valores inferiores à média menos um desvio-padrão (DP)	11	$< 0,6642$	Ruim
2017	2	Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	10	$0,6642 < E < 0,8405$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a média + 1 DP	8	$0,8405 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	20	$E = 1$	Ótimo

Fonte: Resultados da pesquisa

Assim como para o grupo do Paraná e Santa Catarina, houve grande variação de desempenho na eficiência técnica entre os anos analisados para o Rio Grande do Sul (Tabela 3), com concentração de DMUs com ótimo desempenho em 2014 (47%) e 2016 (46%). Entre os quatro períodos da eficiência técnica agrícola analisados, 24,24% tiveram um desempenho ruim; 21,21% ocuparam desempenho regular; 17,05% desempenho bom; e 37,5% alcançaram desempenho ótimo.

Tabela 3. Intervalo dos escores de eficiência técnica e classificação das DMUs de agricultores familiares do Rio Grande do Sul entre 2014 e 2017, em relação aos escores de eficiência técnica por ano.

Ano	Classe	Critério de classificação	Número de DMUs	Escores de eficiência técnica	Desempenho
2014	1	Valores inferiores à média menos um desvio-padrão (DP)	12	$< 0,60209$	Ruim
	2	Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	13	$0,60209 < E < 0,82356$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a média + 1 DP	10	$0,82356 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	31	$E = 1$	Ótimo
2015	1	Valores inferiores à média menos um desvio-padrão (DP)	25	$< 0,56300$	Ruim
	2	Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	8	$0,56300 < E < 0,67800$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a mediana	14	$0,67800 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	19	$E = 1$	Ótimo

2016	1	Valores inferiores à média menos um desvio-padrão (DP)	14	$< 0,62751$	Ruim
	2	Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	12	$0,62751 < E < 0,83298$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a média + 1 DP	10	$0,83298 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	30	$E = 1$	Ótimo
2017	1	Valores inferiores à média menos um desvio-padrão (DP)	13	$< 0,47424$	Ruim
	2	Valores compreendidos entre a média e a média - 1 DP	23	$0,47424 < E < 0,70483$	Regular
	3	Valores compreendidos entre a média e a média + 1 DP	11	$0,70483 < E < 1$	Bom
	4	Valores iguais a um	19	$E = 1$	Ótimo

Fonte: Resultados da pesquisa

Para ter um melhor entendimento sobre o comportamento das DMUs em relação à eficiência técnica, seria preciso avaliar individualmente cada DMU em cada grupo. No entanto, algumas possibilidades podem ter acontecido para, por exemplo, nas DMUs que obtiveram melhor desempenho em comparação com as outras em cada grupo. Sobre isso, um aumento nas DMUs eficientes poderia ser explicado em razão de condições naturais das unidades de produção como: “Condições do solo”, “Quantidade e qualidade da água” e “Condições climáticas”. Conforme mencionado na seção 2.1 desta pesquisa, as condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento das safras e investimentos foram promotores da produção no agronegócio em 2017. Nesse sentido, há que se ter cuidado com a interpretação das tabelas 1, 2 e 3, pois não foram feitas tentativas para ajustar os dados para diferenças de clima, qualidade do solo etc.

De modo a sintetizar os achados, apresenta-se a seleção dos resultados em forma de resumo das médias dos índices por ano de produção agrícola, assim como os demais resultados de uma análise estatística descritiva de cada Grupo são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Estatística dos escores de eficiência técnica por ano das DMUs de agricultores familiares do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

..... Grupo de DMUs de Paraná				
Estatística Descritiva Dos scores de eficiência	2014	2015	2016	2017
Média	0,80900	0,79383	0,81605	0,78836
Mínimo	0,11800	0,2410	0,0780	0,18800
Máximo	1	1	1	1
Desvio Padrão	0,22905	0,23176	0,23463	0,23864
CV (%)	0,28313	0,29195	0,28752	0,30271
% de DMUs eficientes	44,1	49,2	42,4	40,7
..... Grupo de DMUs de Santa Catarina				
Estatística Descritiva Dos scores de eficiência	2014	2015	2016	2017
Média	0,81288	0,73955	0,82606	0,84053

Mínimo	0,19800	0,26600	0,22800	0,46800
Máximo	1	1	1	1
Desvio Padrão	0,25228	0,26100	0,23307	0,17636
CV (%)	0,31036	0,35292	0,28214	0,20982
% de DMUs eficientes	51,0	36,7	51,0	40,8
..... Grupo de DMUs do Rio Grande do Sul				
Estatística Descritiva	2014	2015	2016	2017
Dos scores de eficiência				
Média	0,82356	0,67800	0,83298	0,70483
Mínimo	0,31000	0,11500	0,37600	0,30500
Máximo	1	1	1	1
Desvio Padrão	0,22147	0,27152	0,20547	0,23059
CV (%)	0,26892	0,40047	0,24666	0,32716
% de DMUs eficientes	47,0	28,8	45,5	28,8

Fonte: Resultados da pesquisa

Conforme os resultados já apresentados na Tabela 4, percebe-se que, para o grupo do Paraná, o ano de 2015 indica o maior percentual de DMUs eficientes (49,2%), comparativamente às do mesmo período. Ao se observar o grupo de DMUs de Santa Catarina, observa-se que, para os anos de 2014 e 2016, os percentuais de DMUs eficientes foram os mesmos (51,0%). Entre os períodos observados para as DMUs do Rio Grande do Sul, no ano de 2014, ocorreu o maior percentual de DMUs eficientes (47,0%) comparadas às do mesmo período.

Ao considerar a menor média nas estatísticas descritivas em cada grupo, tem-se a média de 0,78836, no ano de 2017, para o grupo do Paraná; a média de 0,73955, em 2015, para o grupo de Santa Catarina; e a média de 0,67800, no ano de 2015, para o grupo do Rio Grande do Sul. Baseado nessas médias, tem-se que as DMUs precisam melhorar os valores médios em 16,21% comparativamente às do mesmo período para as DMUs no Paraná; 26,05% comparativamente às do mesmo período para as DMUs de Santa Catarina; e 32,2% comparativamente às do mesmo período para as DMUs no Rio Grande do Sul.

4.2 Resumo das Medidas de Variação da Eficiência, por meio do Índice de Malmquist, dos Grupos de Agricultores Familiares do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul

Para capturar as mudanças da eficiência técnica e tecnológica ao longo do tempo, dos grupos de DMUs de agricultores familiares do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, empregou-se o índice de Produtividade Total dos Fatores de produção (PTF), ou Índice de Malmquist. Foram calculadas e analisadas as mudanças de eficiência técnica (effch), mudança tecnológica (techch) e mudança na produtividade total dos fatores - PTF (tfpch), em períodos de tempos diferentes (período de produção agrícola para os exercícios agrícolas de 2014-

2015, 2015-2016 e 2016-2017), para cada grupo de DMUs de produtores da agricultura familiar empregado neste estudo, conforme apresentado nas Tabelas 5, 6 e 7.

A Tabela 5 evidencia as mudanças das médias anuais para as DMUs do grupo do Paraná, classificadas por suas pontuações de variação de mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança da produtividade total dos fatores - PTF.

Tabela 5 – Índices da mudança anual da eficiência técnica, tecnológica e PTF, para as DMUs de agricultores familiares no estado do Paraná.

..... Período 1 - Mudança de 2014 para 2015			
Estatística Descritiva	Mudança de Eficiência Técnica (effch)	Mudança Tecnológica (techch)	Mudança de PTF (tfpch)
Média	1,8278	1,0424	1,6517
Mínimo	0,2850	0,0460	0,0250
Máximo	20,932	6,9280	20,4410
Desvio Padrão	3,5781	1,2922	3,1757
CV (%)	1,9576	1,2397	1,9227
..... Período 2 - Mudança de 2015 para 2016			
Estatística Descritiva	Mudança de Eficiência Técnica (effch)	Mudança Tecnológica (techch)	Mudança de PTF (tfpch)
Média	1,1934	0,7269	0,8925
Mínimo	0,1560	0,2440	0,1340
Máximo	2,9710	1,1630	2,6040
Desvio Padrão	0,5772	0,1718	0,5414
CV (%)	0,4837	0,2363	0,6066
..... Período 3 - Mudança de 2016 para 2017			
Estatística Descritiva	Mudança de Eficiência Técnica (effch)	Mudança Tecnológica (techch)	Mudança de PTF (tfpch)
Média	1,2491	1,6017	2,0555
Mínimo	0,1870	0,4720	0,1890
Máximo	8,3650	3,0740	12,5180
Desvio Padrão	1,2387	0,4240	2,0949
CV (%)	0,9917	0,2647	1,0192

Fonte: Resultados da pesquisa

Sobre o índice Malmquis (Tabela 5) no período 1, pode-se observar pela estatística descritiva que houve progresso ao avaliar os valores máximos nas variações da eficiência técnica (effch) e tecnológica (techch) para os 3 períodos observados. Já para a variação na produtividade total dos fatores (tfpch), no período 1 tem-se um “pico” de 20,4410.

Verifica-se, também, que uma boa parte das DMUs obtiveram ganhos na eficiência técnica (effch) no período 2 e ganhos tecnológicos (techch) no período 3, ao observar os valores máximos e mínimos obtidos nesses períodos observados, com desvio padrão de 0,5772 e 0,4240, respectivamente.

A evolução no aumento médio da produtividade total dos fatores (tfpch) apresentou, para o primeiro e terceiros períodos, as medidas de 1,6517 e 2,0555, com retrocesso no segundo período, em aproximadamente 10,75%. Ocorreram ganhos médios de eficiência

técnica (effch) para os três períodos analisados, com medidas de 1,8278, 1,1934 e 1,2491 nessa ordem. Ocorreu declínio na tecnológica (techch) no período 2, a cerca de 27,31%. Nota-se que, apesar do progresso na eficiência técnica, há uma significativa perda tecnológica, o que leva à queda da produtividade total de dos fatores (tfpch).

A Tabela 6 mostra as variações das médias anuais para o grupo de DMUs de Santa Catarina, classificados por suas pontuações de variação de mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança da PTF. Nesse grupo, verifica-se que houve progresso ao avaliar os valores máximos nas variações da eficiência técnica (effch) e na variação da produtividade total dos fatores (tfpch) em todos os períodos analisados. Houve progresso tecnológico (techch) no período 1. No entanto, ocorreram perdas tecnológicas em 7,6% para o período 2 e 10,3 % para o período 3.

Tabela 6 – Índices da mudança anual da eficiência técnica, tecnológica e PTF, para as DMU's de agricultores familiares no estado de Santa Catarina.

..... Período 1 - Mudança de 2014 para 2015			
Estatística Descritiva	Mudança de Eficiência Técnica (effch)	Mudança Tecnológica (techch)	Mudança de PTF (tfpch)
Média	1,1815	5,7517	7,2897
Mínimo	0,2540	1,1650	0,4060
Máximo	4,7910	59,585	93,524
Desvio Padrão	1,0840	13,191	19,069
CV (%)	0,9174	2,2935	2,6159
..... Período 2 - Mudança de 2015 para 2016			
Estatística Descritiva	Mudança de Eficiência Técnica (effch)	Mudança Tecnológica (techch)	Mudança de PTF (tfpch)
Média	1,4247	0,9294	1,4188
Mínimo	0,3530	0,0350	0,0200
Máximo	3,6160	2,6170	8,2070
Desvio Padrão	0,8821	0,5963	1,4361
CV (%)	0,6191	0,6415	1,0122
..... Período 3 - Mudança de 2016 para 2017			
Estatística Descritiva	Mudança de Eficiência Técnica (effch)	Mudança Tecnológica (techch)	Mudança de PTF (tfpch)
Média	1,1026	0,8970	1,0091
Mínimo	0,4460	0,3910	0,2020
Máximo	2,5210	1,3080	2,5350
Desvio Padrão	0,5271	0,2158	0,5618
CV (%)	0,4781	0,2406	0,5567

Fonte: Resultados da pesquisa

Por meio da estatística descritiva, pode-se inferir que boa parcela das DMUs no período 3 apresentaram ganhos na eficiência técnica (effch), ao serem considerados os valores máximos e mínimos obtidos para esse período, com desvio padrão de 0,5271. Referente à produtividade total dos fatores (tfpch), este apresentou evolução positiva no aumento médio para os três períodos, com medidas de 7,2897, 1,4188 e 1,0091.

Para dar sequência aos resultados, na Tabela 7, são descritas as variações das médias anuais para o grupo de DMUs do Rio Grande do Sul, classificados por suas pontuações de variação de mudança na eficiência técnica, mudança tecnológica e mudança da PTF.

Tabela 7 – Índices da mudança anual da eficiência técnica, tecnológica e PTF, para as DMUs de agricultores familiares no estado do Rio Grande do Sul.

..... Período 1 - Mudança de 2014 para 2015			
Estatística Descritiva	Mudança de Eficiência Técnica (effch)	Mudança Tecnológica (techch)	Mudança de PTF (tfpch)
Média	0,7601	1,4056	1,0577
Mínimo	0,3160	0,7430	0,4240
Máximo	1,3860	2,0980	2,0980
Desvio Padrão	0,2642	0,2307	0,3744
CV (%)	0,3475	0,1641	0,3540
..... Período 2 - Mudança de 2015 para 2016			
Estatística Descritiva	Mudança de Eficiência Técnica (effch)	Mudança Tecnológica (techch)	Mudança de PTF (tfpch)
Média	1,5063	0,9405	1,4017
Mínimo	0,4040	0,6440	0,4430
Máximo	5,4830	1,2740	5,5159
Desvio Padrão	0,7017	0,1297	0,6819
CV (%)	0,4658	0,1379	0,4865
..... Período 3 - Mudança de 2016 para 2017			
Estatística Descritiva	Mudança de Eficiência Técnica (effch)	Mudança Tecnológica (techch)	Mudança de PTF (tfpch)
Média	0,8631	1,1265	0,9267
Mínimo	0,2630	0,5750	0,2550
Máximo	2,3280	1,7370	2,3470
Desvio Padrão	0,4255	0,2827	0,4154
CV (%)	0,4930	0,2509	0,4483

Fonte: Resultados da pesquisa

Uma boa parte das DMUs mostraram-se com ganhos na eficiência técnica (effch) para o período 2, e ganhos tecnológicos (techch) no período 1, ao serem considerados os valores máximos e mínimos obtidos para esse período, com desvio padrão de 0,7017 e 0,2307. Já para a produtividade total dos fatores (tfpch), houve aumento médio de 5,77% para o período 1, aumento de 40,17% para o período 2 e decréscimo médio de 7,33% no período 3.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relevância socioeconômica da agricultura familiar fomentou a proposta de verificar o desempenho de unidades de agricultores familiares na visão do critério da avaliação da eficiência produtiva. Para atender ao objetivo proposto, a pesquisa fundamentou-se em bases conceituais da contabilidade gerencial, eficiência e produtividade. Nessa base literária,

percebeu-se que estudos relacionados à DEA e ao Índices de Malmquist foram preferidos. Esta pesquisa apresenta algumas descobertas sobre os níveis e tendências da produtividade agrícola familiar entre os anos analisados.

Os resultados apresentados neste estudo examinaram o crescimento da produtividade agrícola dos grupos de agricultores familiares localizados nos estados do Paraná, composto por 59 DMUs, em Santa Catarina, formada por 49 DMUs e no Rio grande do Sul, com 66 DMUs, para os períodos de 2014 a 2017, acerca de um conjunto de variáveis de seu ambiente, condicionantes ao fomento de suas estratégias e as suas práticas de gestão.

As análises dos resultados obtidos em DEA revelados por grupo permitiram concluir que, entre os três grupos de agricultores familiares nos períodos analisados, ocorreram maior incidência de DMUs que atingiram níveis de eficiência classificados como: bom (no PR foram 13,56%, em SC 13,76% e no RS 17,05%); regular (no PR 26,27%, em SC 21,94% e no RS 21,21%); ou ruim (no PR 16,1%, em SC 19,38% e no RS 24,24%). Esses resultados sugerem que os gestores dessas unidades, no uso dos fatores de produção (capital de giro, o uso de máquinas e equipamentos, as áreas cultivadas, o trabalho agrícola familiar, valor do capital fundiário e construções), devem reunir maiores esforços na gestão desses insumos para que se aproximem da máxima eficiência técnica.

Em contraponto, as DMUs que obtiveram a pontuação ótima (no PR contaram com 44,07%, em SC foram 44,92% e o RS contou com 37,5% das DMUs), significa que produziram, em média, o máximo da produção que poderia ser potencialmente produzida usando as quantidades de insumos observadas. Vale destacar que, para um melhor entendimento sobre o comportamento das DMUs, seria necessária uma avaliação individual de cada DMU em cada grupo, uma vez que o aumento de DMUs eficientes poderia ser causado por condições econômicas, como o preço de comercialização e os custos envolvidos na produção; e condições naturais das unidades de produção, como: condições do solo, quantidade e qualidade da água e condições climáticas.

O valor da eficiência técnica (effch) apresentou a tendência geral positiva para os três grupos analisados em cada período, indicando que o modo de gestão e o nível técnico dos agricultores familiares foram melhorados após 2014. A visão geral do painel de Malmquist para os três grupos indicou regresso (perda) e progresso (ganho), na produtividade em todos os períodos analisados. A tendência geral do progresso tecnológico (techch) vem variando e aumentando desde 2014, o que indica que a relação insumo-produto dos agricultores atingiu o nível ideal, e a tecnologia de fronteira fez grande progresso. Concluiu-se que os ganhos na tecnologia são determinantes fundamentais para ocorrência de progressos na produtividade,

resultado que leva ao aumento na renda e prosperidade do agronegócio familiar. O entendimento de que o crescimento em tecnologias é um importante impulsionador da Produtividade Total dos Fatores da produção vai ao encontro dos achados nos estudos de Liu *et al.*, (2015); Bagchi, Rahman, e Shunbo, (2019); Zhang, Wang, e Lou, (2021); Gao, Gao, e Lorenc, (2022), ao observarem que os ganhos de produtividade aconteceram, principalmente, de variações positivas nas tecnológicas.

Como em qualquer outro estudo, limitações se fazem presentes, como a delimitação relativa à área de abrangência, uma vez que a pesquisa é direcionada aos produtores da agricultura familiar nos três estados do Sul do Brasil. O período analisado refere-se a outra delimitação do estudo, pois o período de referência do estudo aconteceu pela disponibilidade dos dados fornecidos pela Epagri de Santa Catarina. Por fim, sugerem-se para trabalhos futuros, incluir outras variáveis financeiras e não financeiras que não foram tratadas nesta pesquisa, como preço de comercialização da produção, custos variáveis de produção, fertilizantes, herbicidas, condições do solo, quantidade e qualidade da água, com maior detalhamento da eficiência produtiva de cada unidade que compõe o sistema de produção ou cada unidade tomadora de decisão.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. (2012). **Paradigmas do capitalismo agrário em questão**. Edusp.
- ALTAFIN, I. (2007). Reflexões sobre o conceito de agricultura familiar. **Brasília**: CDS/UnB, 1-23.
- ARAÚJO, L. A. (2009). **Indicadores técnicos e econômicos para a gestão de propriedades rurais produtoras de fumo em Santa Catarina**. Epagri.
- ASMILD, M. *et al.* (2016). Multi-directional productivity change: MEA-Malmquist. **Journal of Productivity Analysis**, 46 (2), 109-119.
- BAGCHI, M. *et al.* (2019); RAHMAN, Sanzidur; SHUNBO, Yao. Growth in agricultural productivity and its components in Bangladeshi regions (1987–2009): an application of bootstrapped data envelopment analysis (DEA). **Economies**, 7 (2), 37.
- BANKER, R. D. *et al.* (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management science**, 30 (9), 1078-1092.
- BATALHA, M. O. *et al.* (2005). Tecnologia de gestão e agricultura familiar. **Gestão Integrada da Agricultura Familiar. São Carlos (Brasil): EDUFSCAR**, 43-66.

BAUMGRATZ, E. I. *et al.* (2017). Produção de trigo A decisão por análise econômico-financeira. **Revista de Política Agrícola**, 26 (3), 8-21.

BEUREN, I. M. *et al.* (2019). Associação do Compartilhamento de Informações com o Risco e o Desempenho da Aliança Estratégica de Cooperativas. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade**, 13 (4), 372-389.

CAVES, D. W. *et al.* (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, 1393-1414.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2017). PIB-AGRO/CEPEA: PIB-volume do agronegócio cresce 7,6% em 2017, eleva PIB nacional e ajuda no controle da inflação. Disponível em: < <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-pib-volume-do-agronegocio-cresce-7-6-em-2017-eleva-pib-nacional-e-ajuda-no-controle-da-inflacao.aspx> >.

CHARNES, A. *et al.* (1978). Measuring the efficiency of decision making units. **European journal of operational research**, 2 (6), 429-444.

COELLI, T. J.; RAO, D. P. (2005). Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980–2000. **Agricultural Economics**, 32, 115-134.

COSTA JUNIOR, C. J. (2018). Impacto das variações no crédito rural e no investimento em pesquisa agrícola na produtividade da agricultura brasileira contemporânea. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 56, 551-564.

COPETTI, L. D. (2008). Fatores que dificultam o acesso dos agricultores familiares às políticas de crédito rural: o caso do Pronaf-Crédito no município de Alegria-RS.

FÄRE, R. *et al.* (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. **The American economic review**, 66-83.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. (2009) Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria. **Modelos e aplicações**. UFV.

GAO, L. *et al.* (2022) Comparison of Total Factor Productivity of Rice in China and Japan. **Sustainability**, 14 (12), 7407.

GODOY-DURÁN, Á. *et al.* (2017). Assessing eco-efficiency and the determinants of horticultural family-farming in southeast Spain. **Journal of environmental management**, 204, 594-604.

GOMES, E. G. *et al.* (2005). 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**, 43, 607-631.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). **Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos 2017**. Rio de Janeiro: IBGE/SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>.

- LIU, S. *et al.* (2015). Efficiency change in North-East China agricultural sector: A DEA approach. **Agricultural Economics**, 61 (11), 522-532.
- MALMQUIST, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. **Trabajos de estadística**, 4 (2), 209-242.
- MARION, J. C.; SEGATTI, S. (2012). Contabilidade da pecuária. 10 ed. Atlas.
- MARQUES, M. I. M. (2012). A atualidade do uso do conceito de camponês. **Revista nera**, 12, 57-67.
- NAVARRO, Z. (2010). A Agricultura familiar no Brasil entre a política e as transformações da vida econômica. In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Org.). **A agricultura brasileira, desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília: IPEA.
- NOWAK, A.; KIJEK, T.; DOMAŃSKA, K. (2015). Technical efficiency and its determinants in the European Union. **Agricultural Economics**, 61 (6), 275-283.
- OLIVEIRA, T. B. A. *et al.* (2014). **Avaliação da eficiência produtiva de fazendas canavicultoras utilizando índices de Malmquist**.
- SCHNEIDER, S.; NIEDERLE, P. A. (2008). Agricultura familiar e teoria social: a diversidade das formas familiares de produção na agricultura. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 989-1014.
- SCHNEIDER, S.; CASSOL, A. (2013). A agricultura familiar no Brasil. **Serie documentos de trabajo**, 145.
- SILVA, E. M *et al.* (2020). Eficiência de cooperativas agrícolas familiares no Brasil e na Espanha. **Custos e agronegócio online**, 16 (4).
- SOUZA, P. C. T.; WILHELM, V. E. (2009). Uma introdução aos modelos DEA de eficiência técnica. **Ciência e Cultura**, 42, 121-139.
- TOMA, E. *et al.* (2015). DEA applicability in assessment of agriculture efficiency on areas with similar geographically patterns. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, 6, 704-711.
- TORESAN, L. (2021). Indicadores de desempenho da agropecuária e do agronegócio de Santa Catarina: 2019-2020. **Boletim Técnico**, (198).
- TORQUATO, S. *et al.* (2009). Cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: eficiência econômica das regionais novas e tradicionais de produção. **Informações Econômicas**, 39 (5), 92-99.
- ZHANG, D. *et al.* (2021). Research on grain production efficiency in China's main grain-producing areas from the perspective of grain subsidy. **Environmental Technology & Innovation**, 22, 101530.

Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:

ANDRETT, M. C. S.; LUKES, R. J. Avaliação da Eficiência e Produtividade em Unidades da Agricultura Familiar na Região Sul do Brasil. **Rev. FSA**, Teresina, v. 20, n. 3, art. 6, p. 118-144, mar. 2023.

Contribuição dos Autores	M. C. S. Andrett	R. J. Lukes
1) concepção e planejamento.	X	X
2) análise e interpretação dos dados.	X	X
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X