

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
UNESP - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA, TECNOLOGIA DE ALIMENTOS E
SOCIOECONOMIA**

**ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA AVALIAÇÃO DA
EFICIÊNCIA DA TILAPICULTURA BRASILEIRA**

OMAR JORGE SABBAG

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-FEIS, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), como parte das exigências para obtenção do título de livre-docente em Administração Rural.

ILHA SOLTEIRA/SP

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S114a	Sabbag, Omar Jorge Análise envoltória de dados para avaliação da eficiência da tilapicultura brasileira / Omar Jorge Sabbag -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019 87f. Livre Docência - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2019 Inclui bibliografia 1. Desempenho produtivo. 2. Gestão rural. 3. Tilápia. 4. Tilapicultura. CDU 639.3
-------	---

Aos meus pais Assef Sabbag (*in memoriam*) e Miraci, minha “mana”
Sandra, à querida companheira Jô e ao meu filho Vinícius.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela força divina que me faz lutar e vencer até este instante.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, pela minha formação acadêmica e oportunidade profissional que me faz crescer de forma constante.

Ao Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socioeconomia, em especial à Prof.^a Maria Aparecida Anselmo Tarsitano (Cidinha), pelos conselhos e orientações de uma amiga e “mãe” profissional que me fez conduzir no início de minha trajetória acadêmica.

A todos os docentes e demais colaboradores da FEIS-UNESP, pelos ensinamentos e amizade adquiridos desde a época da graduação até os dias atuais.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta tese.

Ao município de Ilha Solteira/SP, pela receptividade das pessoas com o calor humano que me receberam desde o momento que cheguei por aqui, há 23 anos.

RESUMO

A tilapicultura apresenta um importante segmento de desenvolvimento social e econômico, considerando a potencialidade de recursos naturais no Brasil. A principal contribuição da presente tese está relacionada ao processo de gestão nas principais regiões produtoras de tilápia do país, que não se resume apenas gerar indicadores econômicos. Dentro desta temática, como proposta de mensurar uma avaliação de eficiência, por meio da Análise Envoltória de Dados (análise DEA), objetivou-se avaliar o desempenho dos principais polos produtores de tilápia no Brasil, de forma a gerar informações que contribuam efetivamente para ações que visem ganhos de eficiência e competitividade no setor produtivo, bem como encontrar os fatores determinantes da ineficiência, por meio do modelo econométrico Tobit. Observou-se que entre os polos houve uma variação entre 41 e 85% de eficiência global, em razão das características de cada região, bem como a gestão dos fatores de produção. Dentre as variáveis que influenciaram positivamente na eficiência, destacaram-se a organização coletiva, assistência técnica e tecnologia adotada; da mesma forma, ausência de tecnologia, assistência, bem como endividamento foram apontados como variáveis negativas ao desempenho produtivo. Concluiu-se que em um futuro próximo, o bom gestor será representado pela maior eficiência produtiva, gerando uma redução de seus custos e melhorando seus lucros em contratempos de mercado no qual o produtor é um agente tomador de preços, considerando um cenário competitivo e crescente para a tilapicultura nacional.

Palavras-chave: Análise DEA. Desempenho. Gestão. Modelo Tobit. Tilápia.

ABSTRACT

Tilapicultura presents an important segment of social and economic development, considering the potential of natural resources in Brazil. The main contribution of this thesis is related to the management process in the main tilapia producing regions of the country, which is not just a question of generating economic indicators. Within this theme, as a proposal to measure an efficiency evaluation, through Data Envelopment Analysis (DEA analysis), the objective of this study was to evaluate the performance of the main poles producing tilapia in Brazil, in order to generate information that effectively contributes to actions aimed at efficiency gains and competitiveness in the productive sector, as well as to find the determinants of inefficiency through the Tobit econometric model. It observed that between the poles there was a variation between 41 and 85% of global efficiency, due to the characteristics of each region, as well as the management of the factors of production. Among the variables that had a positive influence on efficiency were the collective organization, technical assistance and technology adopted; in the same way, absence of technology, assistance, as well as indebtedness were pointed as negative variables to productive performance. It concluded that in the near future, the good manager would be represented by the greater productive efficiency, generating a reduction of its costs and improving its profits in market mishaps in which the producer is a price-taking agent, considering a competitive and growing scenario for national tilapia farming.

Keywords: DEA analysis. Performance. Management. Tobit Model. Tilapia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais polos produtores de tilápia no Brasil.....	23
Figura 2. Fronteira de produção (eficiência).....	30
Figura 3. Eficiência nos modelos CCR e BCC.....	31
Figura 4. Distribuição da eficiência técnica, Ilha Solteira e Médio Paranapanema (Canoas I e II), 2017.....	49
Figura 5. Unidades piscícolas do polo de Ilha Solteira/SP, 2017.....	49
Figura 6. Unidades piscícolas do polo do Médio Paranapanema/SP (Canoas I e II), 2017.....	50
Figura 7. Área do reservatório de Castanhão (Nova Jaguaribe/CE), prejudicada pela seca.....	54
Figura 8. Unidades piscícolas do polo do SBSF (BA/PE), 2017.....	55
Figura 9. Lucratividade e eficiência em polos produtores de tilápia, 2017.....	59
Figura 10. Unidades piscícolas do polo Oeste do Paraná, 2017.....	62
Figura 11. Localização do reservatório Três Marias/MG.....	65
Figura 12. Unidades piscícolas da região de Três Marias/MG, 2018.....	65
Figura 13. Número de pisciculturas por município no reservatório de Três Marias/MG.....	66
Figura 14. Escores de eficiência global dos principais polos de tilápia, 2018.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis de estudo, Ilha Solteira e Médio Paranapanema (Canoas I e II), 2017.....	47
Tabela 2. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos constantes, Ilha Solteira e Médio Paranapanema (Canoas I e II), 2017.....	48
Tabela 3. Alteração dos valores atuais das variáveis com menor eficiência obtida das DMU's (Ilha Solteira e Médio Paranapanema – Canoas I e II), para que se tornem eficientes, 2017.....	51
Tabela 4. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos variáveis de escala e de eficiência de escala da piscicultura, Ilha Solteira e Médio Paranapanema (Canoas I e II), 2017.....	53
Tabela 5. Estatística descritiva das variáveis de estudo, Castanhão (Nova Jaguaribe) e SBSF (Paulo Afonso/Glória/Jatobá), 2017.....	55
Tabela 6. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos constantes, Castanhão (Nova Jaguaribe) e SBSF (Paulo Afonso/Glória/Jatobá), 2017.....	56
Tabela 7. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos variáveis de escala e de eficiência de escala da piscicultura, Castanhão (Nova Jaguaribe) e SBSF (Paulo Afonso/Glória/Jatobá), 2017.....	58
Tabela 8. Estatística descritiva das variáveis de estudo, Oeste do Paraná, 2017.....	63
Tabela 9. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos constantes, Oeste do Paraná, 2017.....	64
Tabela 10. Estatística descritiva das variáveis de estudo, Três Marias/MG, 2018.....	67
Tabela 11. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos constantes, Três Marias/MG, 2018.....	67
Tabela 12. Resultados do modelo Tobit aplicados às variáveis explicativas de eficiência das unidades piscícolas, Ilha Solteira e Médio Paranapanema (Canoas I e II), 2017.....	73
Tabela 13. Resultados do modelo Tobit aplicados às variáveis explicativas de eficiência das unidades piscícolas, Castanhão e SBSF, 2016.....	75
Tabela 14. Resultados do modelo Tobit aplicados às variáveis explicativas de eficiência das unidades piscícolas, Oeste do Paraná, 2017.....	77
Tabela 15. Resultados do modelo Tobit aplicados às variáveis explicativas de eficiência das unidades piscícolas, Três Marias/MG, 2018.....	78
Tabela 16. Indicadores técnicos dos piscicultores dos principais polos de tilapicultura, 2018.....	80

LISTA DE SIGLAS

ADECE - Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará

AQUIMAP - Associação do Aquicultores de Maripá

BCC ou VRS (derivado do acrônimo Banker, Charles e Cooper, que significa *variable return to scale* – retorno variável de escala)

CCR ou CRS (derivado do acrônimo Charles, Cooper e Rhodes, que significa *constant return to scale* – retorno constante de escala)

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

COOPEIXE – Cooperativa dos Piscicultores do Alto e Médio São Francisco

DEA (*data envelopment analysis*) – Análise Envoltória de Dados

DEAP (*data envelopment analysis program*) – *software* para compilação de dados DEA

DMU (*decision making units*) – Unidades Tomadoras de Decisão

EE – Eficiência de Escala

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETRC – Eficiência Técnica com Retornos Constantes

ETRV – Eficiência Técnica com Retornos Variáveis

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico

SBSF - Submédio e Baixo São Francisco

SDA - Secretaria do Desenvolvimento Agrário

SEAP - Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SPL - Sistemas Produtivos Locais

TOBIT – modelo de regressão econométrica

UNEB – Universidade do Estado da Bahia

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO 1. SISTEMAS PRODUTIVOS LOCAIS E EFICIÊNCIA	14
1.1 Aspectos conceituais	14
1.2 Sistemas produtivos, eficiência e produtividade	15
1.3 Avaliação metodológica de eficiência por método não paramétrico	17
CAPÍTULO 2. PRODUÇÃO PISCÍCOLA NO BRASIL E ANÁLISE DEA APLICADA	22
2.1 Principais polos produtores de tilápia	22
2.2 Análise por envoltória de dados aplicados no setor agropecuário	26
CAPÍTULO 3. APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA E AVALIAÇÃO DA TILAPICULTURA NACIONAL	37
3.1 Planejamento e tipologia da pesquisa	37
3.2 Seleção de variáveis para aplicação ao modelo DEA	39
3.3 Construção dos modelos	41
3.4 Análise dos resultados	47
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	85
REFERÊNCIAS	87

INTRODUÇÃO

O Brasil é o 5º maior país do mundo; possui 1,7% do território do globo terrestre e ocupa 47% do território da América do Sul. Possui uma área de 8.514.876,599 km², 7.367 km de costa oceânica, e 3,5 milhões de km² de Zona Econômica Exclusiva, em território que envolve 5.563 municípios, localizados em 26 Estados e mais o Distrito Federal. O país ainda possui características regionais bastante específicas no campo social, econômico e geográfico. A população brasileira foi estimada em pouco mais de 209 milhões de habitantes (IBGE, 2019).

Este conjunto de atributos revela o imenso potencial para produtos provenientes da aquicultura, o que poderá ocupar posição de destaque para o mercado consumidor, bem como produtor de produtos de exportação por excelência, com vistas ao aproveitamento das potencialidades naturais de cada região.

A tilapicultura desponta no Brasil desde o final da década de 90, com a produção intensiva em viveiros de terra, principalmente nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste. Mais especificamente, o crescimento do segmento acelerou nos últimos anos, graças a adoção do sistema de criação intensiva em tanques-redes nas águas públicas, crescendo aproximadamente 386% entre os anos de 2005 e 2015 (BARROSO et al., 2017).

Estudos para cultivo em tanques-rede com espécies nativas de valor comercial estão sendo conduzidos para gerar pacotes tecnológicos economicamente viáveis. No entanto, a tilápia tem sido responsável por 87,3% de todas as solicitações de cessão de uso de águas da União (MPA, 2015).

Com a evolução da tecnologia e a busca por adquirir produtos de melhor qualidade, o produtor necessita desenvolver cada vez mais técnicas tanto na área de produção, como também no gerenciamento financeiro das unidades produtivas (SEGALA; SILVA, 2007). Ademais, de forma complementar, a melhoria da eficiência nos sistemas de produção pode ser obtida de

diversas formas, dentre elas o manejo racional dos fatores de produção, como ração e mão de obra empregada. Para qualquer situação, a utilização de tecnologia é responsável por incrementos importantes nos índices zootécnicos de produção (EUCLIDES FILHO, 2000).

O problema da pesquisa caracteriza-se em analisar a tilapicultura brasileira em suas diferentes regiões produtoras, que supostamente existem diferenças no nível de desenvolvimento das atividades e crescimento. Com o intuito de verificar essa disparidade entre os principais polos produtores, utiliza-se a eficiência técnica para visualização e para identificação das causas pelas quais isso acontece, motivos para os quais algumas são eficientes e outras ineficientes.

Desta forma, a análise da eficiência torna-se um instrumento importante para avaliar o sistema produtivo presente e poder identificar falhas, e com isso poder apontar mudanças no processo de produção, a fim de diminuir possíveis perdas decorrentes do mau uso dos recursos. Esta tese pode contribuir para futuras mudanças no sistema produtivo da atividade piscícola, com objetivo de maior competitividade do setor.

Desta forma, além de mensurar o desempenho organizacional, as medições de desempenho propiciam condições de melhoria para a tilapicultura, no tocante às mudanças sociais relativas aos sistemas produtivos e aos mercados, principalmente no que concerne à natureza mutável da competição e a criação de valor para o cliente (MACEDO, 2004).

Convém destacar que a baixa produtividade pode ser decorrente de combinações inadequadas no uso de fatores produtivos, o que causaria elevação de custos e, conseqüentemente, redução da competitividade em relação a outras atividades, ou quanto à capacidade de competir com produtos oriundos de outras regiões ou países (BRUNETTA, 2004).

Assim, acredita-se que os produtores que não dispuserem de investimentos, mão de obra e capacidade de gerenciamento no ciclo produtivo, fatores essenciais para crescerem e serem

competitivos, serão excluídos da atividade. Diante do exposto, surge a seguinte indagação: A tilapicultura brasileira está sendo eficiente na produção? Assim, este trabalho propôs uma análise da eficiência dos principais polos produtores no país, por meio de indicadores e estratégias que podem impulsionar a atividade.

Segundo Macedo (2007), não existe nenhum método ou modelo de avaliação de desempenho organizacional que seja único para toda e qualquer variável do mundo empresarial. Contudo, os métodos que consideram aspectos diversificados tendem a assumir uma importância especial, já que o desempenho acaba por ser afetado por variáveis de diferentes naturezas. Este tipo de metodologia multicriterial é normalmente entendido como crucial num processo de avaliação. Porém, com esta multiplicidade de fatores de decisão, faz-se necessário o uso de métodos e técnicas que possam proporcionar aos gestores uma melhor percepção de desempenho organizacional.

Ainda assim, a principal contribuição científica desta tese justifica-se pelo fato de que o processo de gestão nos principais polos produtores de tilápia do país não deve-se apenas resumir em indicadores econômicos para análise. Dentro desta temática, como proposta de mensurar uma avaliação de eficiência nos polos em questão, a Análise Envoltória de Dados (ou DEA - *Data Envelopment Analysis*) pode proporcionar melhores condições de competitividade aos produtores, principalmente quando interpretadas e usadas com os conhecimentos e julgamentos próprios destes sobre suas operações.

A importância dos estudos de eficiência são também reforçados por Pindyck e Rubinfeld (2006), no sentido de definir padrões relacionados com gestão e melhoria na competitividade. Sob a ótica econômica, a eficiência refere-se à alocação ótima dos recursos e à ausência de desperdícios, ou seja, a capacidade que uma firma possui de combinar as proporções ótimas de recursos que a possibilite obter maior volume de produto.

Diante do exposto, esta tese teve por objetivo geral avaliar o desempenho dos principais polos produtores de tilápia no Brasil, com vistas a verificar o grau de eficiência produtiva. Especificamente, pretendeu-se mensurar a eficiência técnica e de escala, bem como quantificar os retornos à escala, em cada polo de produção por meio da análise DEA; encontrar os fatores determinantes da eficiência, por meio do modelo Tobit, buscando-se investigar as variáveis que afetam a eficiência destes produtores; bem como propor medidas visando o uso mais eficiente dos recursos nas unidades analisadas.

Esta tese está organizada na seguinte forma: no capítulo 1 será discutida a eficiência para sistemas produtivos locais; no capítulo 2 será abordada a produção piscícola nacional com destaque à tilapicultura, bem como a aplicação da análise envoltória de dados para o segmento agropecuário e aquícola; no capítulo 3 será exposta a apresentação da metodologia proposta com as respectivas ferramentas (e modelos) de análise, com a análise dos principais resultados obtidos. E, por último, estão dispostas as principais conclusões e recomendações referentes ao presente estudo. O objetivo não é o de apresentar uma revisão sobre os avanços nessa área, mas apresentar de forma ordenada as minhas contribuições dentro de uma área temática aplicada à gestão de unidades produtoras de tilápias.

CAPÍTULO 1 - SISTEMAS PRODUTIVOS LOCAIS E EFICIÊNCIA

1.1 Aspectos conceituais

Sistemas produtivos locais (SPL) podem ser inicialmente caracterizados como estruturas de produção geograficamente aglomeradas, compostas por diversas organizações e com relações de cooperação em torno de uma cadeia produtiva. Um dos pontos que se torna interessante a abordagem de sistemas produtivos locais é o fato de que muitos negócios necessitam de organizarem para que se possam competir com maior força (CASAROTTO FILHO; PIRES, 1999), sendo que muitas empresas, incluindo também no segmento agropecuário, são consideradas vetores estratégicos para a promoção do desenvolvimento sustentável e a geração de emprego e renda, como é o caso da tilapicultura.

Segundo Macedo (2004), um dos benefícios potenciais dos SPL reflete o caráter de inovação, que por si só requerem maior qualidade e eficiência (desempenho), podendo ser consideradas maneiras de criar valor às transações. Além de mensurar o desempenho organizacional, as medições de desempenho propiciam condições de melhoria às atividades agropecuárias, no tocante às mudanças ambientais relativas aos sistemas produtivos e aos mercados, principalmente no que concerne à natureza da competição e a criação de valor para o cliente.

Uma unidade dentro de um sistema produtivo pode ser definida como toda organização que realiza a transformação de um conjunto de entradas (*inputs*) em um conjunto de saídas (*outputs*). Segundo essa ótica, esta unidade pode ser um grupo empresarial, uma empresa individual ou uma unidade administrativa, pertencente ao setor produtivo, de serviço ou até mesmo ao setor público, podendo ou não visar lucro (CASA NOVA, 2002).

Neste contexto, a análise de eficiência de unidades produtivas possui importância tanto para fins estratégicos (comparação entre unidades produtivas), quanto para o planejamento (avaliação dos resultados de diferentes combinações de fatores) e para a tomada de decisão

(como melhorar o desempenho atual), devendo ser factível para a aplicação no segmento agropecuário, pelo uso de análise envoltória de dados para medir a eficiência relativa de unidades produtivas.

1.2 Sistemas produtivos, eficiência e produtividade

A discussão sobre sistemas produtivos locais vem adquirindo uma crescente relevância na literatura econômica, incorporando contribuições da economia da inovação, economia industrial e geografia econômica. Este interesse origina-se das mudanças ocorridas a partir da década dos 70 no ambiente competitivo das empresas. Tais mudanças ocorreram simultaneamente à emergência de um novo paradigma tecnológico, o qual tem imposto um processo produtivo mais intensivo em conhecimento (SANTOS; CROCCO; LEMOS, 2002).

A predominância de pequenas organizações em ambientes locais, organizadas como sistemas produtivos, pode ser afetada por incertezas dinâmicas, que requerem o exercício de funções estratégicas muito acima da capacidade individual de cada uma destas firmas (CAMAGNI, 1991), dentre as quais destacado por Lawson (1999), à complexidade da informação e à dificuldade em se identificar informações úteis, as quais requerem uma “*searching function*” (função de busca), o que as tornam diferenciais competitivos.

Segundo Ferreira e Gomes (2009), os conceitos de eficiência técnica, produtividade e eficácia, embora tenham pontos comuns, têm peculiaridades que os distinguem nos sistemas produtivos. A eficácia está relacionada ao objetivo que visa atingir, sem levar em conta os recursos que serão utilizados nos sistemas produtivos. A produtividade está relacionada à forma da utilização dos recursos para realizar a produção, expressa pela razão produção/insumo, por exemplo, em toneladas por área plantada. Já a eficiência técnica é um conceito relativo que compara o que foi produzido por unidade de insumo utilizado com o que poderia ser produzido, da forma mais adequada, numa forma de comparação entre unidades.

Por outro lado, avaliações de produtividade e eficiência são muito focadas apenas na produtividade como indicador, e segundo Gomes, Soares de Mello e Biondi (2003), podem ser equivocados, por não considerarem outros recursos para a medida de eficiência, como mão de obra e alimentação, obtidos como um dos principais itens do custo operacional efetivo nos sistemas de produção agropecuários.

Madalozzo (2003) afirma que produtores que tiverem a visão da importância da gestão aplicada aos recursos produtivos, baseadas na visão global da organização, terão maiores possibilidades de obter, além de produtividade mais alta, uma maior rentabilidade. Em suma, a propriedade agrícola nada mais é que uma empresa, e quando discute-se o desempenho de uma empresa é comum descrevê-la como sendo mais ou menos eficiente ou mais ou menos produtiva.

Para mensurar a eficiência, a técnica DEA baseada em um modelo de programação fracionária (razão da soma ponderada dos produtos pela soma ponderada dos insumos), é capaz de avaliar o grau de eficiência relativa de unidades produtivas que realizam uma mesma atividade, quanto à utilização dos seus recursos, permitindo analisar a eficiência de unidades produtivas (DMU's – *decision making units*) com múltiplos insumos (inputs) e múltiplos produtos (outputs) através da construção de uma fronteira de eficiência.

Conforme Tupy e Yamaguchi (2002), o emprego de modelos DEA em agricultura pode apoiar as decisões de quem produz, ao indicar as fontes de ineficiência e as unidades que podem servir de referência às práticas adotadas (*benchmarks*). Apenas para recorrer a alguns trabalhos agropecuários, a eficiência de 40 produtores de leite no Estado do Ceará foi avaliada por Magalhães (2006), com o uso do software DEAP v. 2.1, e observou-se que houve o predomínio do grupo de produtores ineficientes, representando 67,5% da amostra, confirmada pela desvantajosa relação entre o preço de venda do produto e o custo médio de produção. Santos, Vieira e Baptista (2005) também avaliaram a eficiência técnica em propriedades leiteiras na região de Viçosa/MG. Reforçaram a importância de atenção dos técnicos na averiguação de

"desperdícios" no uso de recursos em propriedades ineficientes, visando melhorar as condições dos produtores. Para a aquicultura, a técnica também é muito bem empregada, considerando a importância dada pela literatura, que será abordada ao longo desta tese.

1.3 Avaliação metodológica de eficiência por método não paramétrico

O estudo da análise de desempenho de unidades agropecuárias vem se tornando cada vez mais comum, principalmente com a utilização de métodos com base em análise não paramétrica¹. Para estruturar um modelo DEA, torna-se necessário definir as unidades a serem avaliadas, as variáveis de avaliação (*inputs/outputs*) e o tipo modelo adotado, bem como a orientação ao modelo. Neste contexto, o conjunto de DMU's a ser avaliado deve ser homogêneo, devendo ter em comum a utilização dos mesmos inputs e outputs, realizarem as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos, trabalhar nas mesmas condições de mercado e ter autonomia na tomada de decisões (LINS; MEZA, 2000).

Para que análise tenha resultados satisfatórios, de acordo com Ali e Seiford (1993), é necessário que o número de unidades seja, pelos menos, duas vezes o número de insumos (*inputs* - X) e produtos (*outputs* - Y), ou seja, para que o modelo possa ser validado para um conjunto de análise.

A análise DEA foi proposta inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), para avaliação de unidades homogêneas que possuam autonomia no processo de tomada de decisão. A abordagem por DEA utiliza programação linear para estimar a fronteira eficiente (linear por partes), sendo capaz de incorporar diversos *inputs* (fatores de produção, como capital e trabalho) e *outputs* (saídas, como produção obtida) para o cálculo da eficiência destas DMU's (GOMES; MANGABEIRA, 2004).

¹ A vantagem de utilizar um método não paramétrico (técnica de programação linear, que mede a variabilidade dos resultados de forma indireta) deve-se a simplificação deste, em relação às exigências e pressuposições com relação aos paramétricos, viabilizando assim, pesquisas de temas relevantes para as unidades agropecuárias.

Segundo Marinho (2001), as vantagens do DEA em relação a outras técnicas de análise de eficiência se justificam pelas suas características, dentre as quais: a) a de caracterizar cada DMU como eficiente ou ineficiente através de uma única medida resumo de eficiência; b) não fazer julgamentos *a priori* sobre os valores das ponderações de *inputs* e *outputs* que levariam as DMU's ao melhor nível de eficiência possível; c) basear-se em observações individuais e não em valores médios; e d) permitir a observação de unidades eficientes de referência (*benchmarking*) para aquelas que forem assinaladas como ineficientes.

Existem dois modelos básicos DEA, geralmente usados nos estudos de análise de eficiência. Inicialmente, o modelo CCR, também conhecido como CRS (*Constant Returns to Scale*), no qual avalia a eficiência total, identifica as DMU's eficientes e ineficientes e determina a que distância da fronteira de eficiência estão às unidades ineficientes (fora da reta de 45°), assumindo a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*; e o segundo, chamado de modelo BCC, também conhecido como VRS (*Variable Returns to Scale*).

O modelo DEA-CCR (CRS) variável constante de escala (relação linear entre *inputs* e *outputs*, de modo que um incremento ou uma redução de *input* resulte em um incremento ou uma diminuição proporcional de *outputs*), apresenta mais discriminante em relação às DMU's eficientes e não eficientes. Neste caso, o modelo CRS maximiza o quociente entre a combinação linear dos *outputs* e a combinação linear dos *inputs*, com a restrição de que, para qualquer DMU, esse quociente não pode ser maior que 1.

Já para o modelo DEA-BCC (VRS), considerando-se retornos variáveis de escala, isto é, substitui o axioma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* pelo axioma da convexidade. Ao obrigar que a fronteira seja convexa, o modelo BCC permite que DMU's que operam com baixos valores de *inputs* tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala (SOARES DE MELO et al, 2005). Vale destacar que

as equações oriundas da programação matemática de ambos modelos serão discutidos posteriormente na metodologia da referida tese.

Existem ainda duas formas de orientação aplicadas ao modelo DEA. A orientação insumo visa minimizar a utilização de insumos, mantendo-se constante o volume produzido. Por outro lado, existe a orientação produto, visando neste caso maximizar a produção, dado o conjunto de insumos existentes. Segundo Kassai (2002), por meio da programação matemática, define-se uma superfície não paramétrica com o desempenho das unidades produtivas de um dado grupo observado, nas quais as DMU's que estejam sobre essa superfície são consideradas *benchmarks* para as demais unidades.

Convém destacar que para utilizar ambos os modelos e forma de orientação, são necessárias estabelecer duas matrizes de dados, uma contendo os insumos utilizados pelos produtores (matriz X) e outra relacionada com produto (matriz Y).

Após a organização das matrizes de dados aplicar-se-ão os modelos, para obter as medidas de eficiência técnica para cada produtor, pressupondo inicialmente os retornos constantes à escala. Em seguida, essa medida de eficiência técnica deverá ser decomposta em uma medida de pura eficiência e uma medida de eficiência de escala, pressupondo-se retornos variáveis, quando, então será identificada as faixas de retornos de escala em que os produtores estarão operando.

Tal abordagem resultará na equação $EE = ETRC/ETRV$ em que EE é a medida de eficiência de escala; ETRC é a medida de eficiência técnica no modelo com retornos constantes, e ETRV é a medida de eficiência técnica no modelo com retornos variáveis. As ineficiências de escala ocorrerão quando os produtores operam nas faixas de retornos crescentes ou decrescentes, ou seja, fora da escala de produção correta (RODRIGUES et al, 2010).

Em outras palavras, se o produtor está na faixa de retornos decrescentes à escala, operando acima da escala ótima, gera desperdícios no uso de insumos; por outro lado, se está

na faixa de retornos crescentes à escala, operando abaixo da escala ótima produtiva, deve maximizar o que é produzido, dado o conjunto de recursos que possui. Neste sentido, com a análise dos alvos (metas) calculados pelos diferentes *softwares* aplicados ao DEA, serão dispostos ajustes para que a taxa de utilização dos insumos tornem eficientes, mediante o conjunto de DMU's analisado.

Em suma, para medir a eficiência das empresas, é preciso identificar quais os itens a considerar (aqueles que melhor representam o desempenho da atividade), e quais ferramentas serão utilizadas, tendo esses itens como parâmetros na busca pela identificação do grau de eficiência que a empresa possui.

Referências

- ALI, A. I., SEIFORD, L. M. The mathematical programming approach to efficiency analysis. In: FRIED, H. O., LOVELL, C. A. K., SCHIMIDT, S. S. (Orgs.). **The measurement of productive efficiency: Techniques and Application**. New York: Oxford University Press, 1993, p. 120-159.
- CAMAGNI, R. **Local milieu, uncertainty and innovation networks: towards a new dynamic theory of economic space**, in Camagni, R. (ed), *Innovation Networks: Spatial Perspectives*, London, Belhaven Press, 1991.
- CASA NOVA, S. P. C. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 350 f. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
- CASAROTTO FILHO, M; PIRES, L. H. **Redes de pequenas e médias empresas e desenvolvimento local: estratégias para a conquista da competitividade global com base na experiência italiana**. São Paulo: Atlas, 1999.
- CHARNES, A., COOPER, W. W; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v.2, 1978, p.429-444.
- FERREIRA, C. M. C; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa: UFV, 2009. 389 p.
- GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; BIONDI, L. N. **Avaliação de Eficiência por Análise de Envoltória de Dados: conceitos, aplicações à agricultura e integração com sistemas de informação geográfica**. - Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. 39 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 28).

GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. C. Uso de Análise Envoltória de Dados em Agricultura: o caso de Holambra. **Engevista**. v. 6, n. 1, 2004, p. 19-27.

KASSAI, S. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 2002. 318 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LAWSON, C. Towards a competence theory of the region. **Cambridge Journal of Economics**, 23 151-166, 1999.

LINS, M.P.E., MEZA, L.A. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente do Apoio à Decisão**. UFRJ - RJ, 2000.

MACEDO, M. A. S. Indicadores de Desempenho: uma contribuição para o monitoramento estratégico através do uso de análise envoltória de dados (DEA). In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 7, São Paulo. **Anais do VII SIMPOI**. São Paulo: FGV-SP, 2004.

MADALOZZO, I. A. **A utilização de recursos e capacidades na gestão de propriedades rurais em diferentes faixas de lucratividade: uma abordagem sistêmica**. 2003. 163 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MAGALHÃES, K. A.; CAMPOS, R. T. Eficiência Técnica e Desempenho Econômico de Produtores de Leite no Estado do Ceará, Brasil. **RER**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 04, p. 695-711, 2006.

MARINHO, A. **Estudo de eficiência em alguns hospitais públicos e privados com a geração de rankings**. Texto para discussão n. 794. Rio de Janeiro: IPEA, 2001.

SANTOS, F; CROCCO, M; LEMOS, M. B. **Arranjos e sistemas produtivos locais em “espaços industriais” periféricos: estudo comparativo de dois casos brasileiros**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2002. 27p. (Texto para discussão 182).

SANTOS, J.A; VIEIRA, W.C; BAPTISTA, A.J.M.S. Eficiência técnica em propriedades leiteiras da microrregião de viçosa-mg: uma análise não-paramétrica. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 2, 2005, p. 162-172.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B. et al. Fronteiras DEA difusas. **Investigação Operacional**, v. 25, n. 1, p. 85-103, 2005.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L.C.T. Identificando benchmarks na produção de leite. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 40, n. 1, p. 81-96, 2002.

CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO PISCÍCOLA NO BRASIL E ANÁLISE DEA APLICADA

2.1 Principais polos produtores de tilápia

A produção brasileira de tilápia foi de 357.639 toneladas em 2017, destacando o país entre os quatro maiores produtores do mundo, atrás da China, Indonésia e Egito (PEIXE BR, 2018).

Assumindo-se as estimativas de produção aquícola com a estimativa do volume de pesca publicado pelo IBAMA, é possível projetar a oferta de pescados para 850.000 t de pescado oriundo da pesca extrativa (IBAMA, 2009); 650.000 t de pescado oriundo da aquicultura (IBGE, 2016) e 500.000 t de pescado importado (MDIC – ALICEWEB, 2017). Assim, tem-se aproximadamente 2 milhões de toneladas de pescado consumidos no Brasil, cuja população em 2015 foi estimada em 203 milhões de habitantes, resultando em consumo anual per capita aproximado de 10 kg/hab/ano. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO/ONU), o Brasil, apesar do alto potencial de produção, ainda registra um consumo bem inferior à média mundial (20 kg/hab/ano) (BRASIL RURAL, 2017).

Neste cenário, o grande destaque na produção mundial de pescados é para a aquicultura, atividade zootécnica que nos últimos anos vem se desenvolvendo de forma crescente e sustentável como o segmento mais importante do setor pesqueiro mundial, representando a alternativa de maior viabilidade para o suprimento da crescente demanda por pescados, tanto de origem marinha, como de água doce.

A composição da produção da aquicultura brasileira em 2007, a exemplo da aquicultura mundial, foi majoritariamente formada por peixes (72,59%), exclusivamente representados pela piscicultura de água doce (209.812 t); perfil da aquicultura brasileira em termos da representatividade das espécies cultivadas, tendo como liderança a participação da tilápia (32,90%) (IBAMA, 2007).

Comparativamente a outros setores ligados à produção animal, Kubitza (2015) destaca que o Brasil, apesar de ser um grande produtor de frango, bovinos e suínos, a aquicultura foi o setor que apresentou maior incremento percentual em produção entre 2004 e 2014, com crescimento anual médio de quase 8%, contra 5,1% para bovinos, 4,1% para o frango e 2,9% para suínos. De forma contributiva, a expansão da aquicultura foi consequente dos múltiplos usos dos reservatórios hidrelétricos no país, por meio da Política Nacional de Recursos Hídricos, sancionada em 1997 (ROUBACH et al., 2015).

Como foco de pesquisa para os principais polos produtores de tilápia (Figura 1), as unidades piscícolas encontram-se na região nordeste e centro-sul do país, com mais expressividade para os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Ceará, Pernambuco e Bahia.

Figura 1. Principais polos produtores de tilápia no Brasil.



Fonte: adaptado de Embrapa, 2015.

Em São Paulo, no reservatório da Ilha Solteira, os cultivos são realizados nos braços do reservatório, que engloba uma região de tríplice fronteira entre os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, onde o rio Grande e Paranaíba se encontram para formar o rio Paraná. Os chamados “braços” são córregos ou rios cuja foz foi inundada na formação do reservatório. Dessa forma, a maior ou menor contribuição hídrica dos braços do reservatório por essas fontes hídricas podem influenciar na qualidade da água nas produções locais. Esse fator torna-se crítico com a baixa do nível ocasionada pela estiagem dos últimos anos. Apesar das chuvas do verão de 2015, os níveis ainda permanecem baixos. Por outro lado, a cadeia da tilápia está razoavelmente bem estruturada na região.

Nas áreas do reservatório, a implantação de um suposto parque aquícola poderá produzir, segundo o Ministério da Pesca e Aquicultura, 450 mil toneladas/ano, com uma produtividade de 150 kg/ha, caso seja aproveitado o potencial de 1% da lâmina de água no reservatório, que inclui sete municípios da região de Santa Fé do Sul – dentre eles Ilha Solteira/SP - com a produção de pescados em sistemas de tanques-rede (SEAP, 2006).

Ainda em São Paulo, na região do Médio Paranapanema, existem disponíveis cerca de 150 mil hectares de área alagada, em águas dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Jurumirim e Chavantes, onde a criação de peixes no sistema de tanque-rede encontra-se em pleno desenvolvimento (AYROZA et. al., 2005).

A região é apontada como destaque em produtividade e produção de peixes criados no Estado de São Paulo (AYROZA et al., 2002). Segundo os autores, destaca-se ainda que o Médio Paranapanema apresenta uma boa malha viária, interligando os Estados de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná, facilitando a aquisição de insumos, de equipamentos e acessórios para instalação das estruturas de produção, bem como o escoamento da produção.

No Paraná, a tilápia representa mais de 80% do volume de peixes produzidos no Estado. Mais precisamente na região oeste, os principais polos produtores são Toledo, Assis

Chateaubriand e Marechal Cândido Rondon, em que o cooperativismo representa o ponto forte para comercialização em maiores escalas (HESS, 2015). Ressalta-se ainda que a região oeste do Paraná apresenta a maior quantidade de frigoríficos voltados para a piscicultura, o que caracteriza um potencial para a cadeia da piscicultura no Estado.

Em Minas Gerais, de acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM, 2013), o reservatório de Furnas é um dos maiores do Brasil, com 1.442 km² de área e 3.500 km de perímetro na sua cota máxima, banhando 34 municípios e uma população total de aproximadamente 800.000 habitantes. Dentre as diversas atividades econômicas desenvolvidas nesta área, a piscicultura constituiu-se em um importante elemento de sustentação econômica de famílias existentes nos municípios no entorno do lago.

Por outro lado, o vale do rio São Francisco em Minas Gerais está se destacando no cenário nacional como um dos principais polos produtores de tilápia em tanques-rede. Em 2014, foram 7,4 mil toneladas produzidas somente na região do lago de Três Marias, local em que se concentra parte significativa da produção desse pescado no estado (PORTAL BRASIL, 2015).

Já na região nordeste, a região do Castanhão é considerada o maior açude de uso múltiplo da América Latina, em que prevalece uma grande dificuldade de comunicação e diferença de opinião entre os produtores que têm origem na região e os produtores que vieram de outras áreas para produzir tilápia no Castanhão. Existem relatos de produtores buscando áreas em PE, BA, PI e MA, pois poucos produtores possuem assistência técnica, e por consequência a maioria não aplica medidas de boas práticas em seus cultivos.

Já para o polo de tilapicultura do Submédio e Baixo São Francisco (SBSF), formado pelos reservatórios de Itaparica, Moxotó e Xingó, cujas margens abrangem os estados de Alagoas, Bahia e Pernambuco, teve uma estimativa de produção no ano de 2014 de 32.988 toneladas de tilápia, uma das maiores do Brasil (RIBEIRO et al., 2015).

A longa estiagem em 2015 também afetou as pisciculturas do reservatório de Itaparica, devido à redução do seu volume útil, que chegou a 1.739 hm³ no mês de outubro de 2014 (ONS, 2015), tendo como consequência a diminuição da densidade de estocagem nos tanques-rede. É importante entender que a estiagem afetou o reservatório, mas ainda tem capacidade de aumentar a sua produção. No entanto, novos projetos devem considerar o efeito da estiagem e o aumento da eutrofização no reservatório, entre outros fatores.

Um diferencial que existe no SBSF, em relação a outros polos de tilapicultura, é a disposição dos reservatórios hidrelétricos em forma de cascata, funcionando como grandes *raceways*, com vazão superior a 1.300 m³/s, provocando a renovação das águas dos reservatórios de Xingó, Moxotó e Itaparica a cada cinco, 16 e 232 dias respectivamente em períodos não críticos (TEIXEIRA, 2006). Isto permite altas produtividades de tilápias, favorecidas ainda pelo clima tropical, que contribui na redução do ciclo de produção.

2.2 Análise por envoltória de dados aplicados no setor agropecuário

O conceito de eficiência descreve o desempenho de uma unidade de produção. O estudo da análise de desempenho de unidades agropecuária vem se tornando cada vez mais comum, principalmente com a utilização de métodos com base em análise não paramétrica.

Para mensurar a eficiência aplicada à agropecuária, aplica-se a técnica de Análise Envoltória de Dados, baseada em um modelo de programação fracionária (razão da soma ponderada dos produtos, pela soma ponderada dos insumos), sendo capaz de avaliar o grau de eficiência relativa de unidades produtivas que realizam uma mesma atividade, quanto à utilização dos seus recursos, permitindo analisar a eficiência de unidades produtivas (DMU's) com múltiplos insumos (*inputs*) e múltiplos produtos (*outputs*), por meio da construção de uma fronteira de eficiência.

A técnica DEA vem sendo difundida mundialmente com diversos trabalhos, avaliando o desempenho de instituições e organizações do segmento agropecuário. No Brasil, Helfand (2003) teve como objetivo identificar a eficiência técnica na agricultura no Centro-Oeste do Brasil. Ele concluiu que a eficiência está ligada ao acesso a serviços públicos e tamanhos das propriedades, sendo relevantes para técnicas de eficiência.

Na literatura internacional específica para a aquicultura relacionada à eficiência e modelos correlatos, existem vários autores, dentre os quais Bozoglu et al. (2006); Cinemre et al. (2006) e Kaliba, Engle e Dorman (2007), que utilizam modelos de fronteira de produção com análise envoltória de dados.

Já para a pesquisa de Sharma et al (1999) *apud* Macedo (2007), aplica-se a técnica DEA em múltiplos *outputs* e *inputs*, para analisar a eficiência de criadores de peixe na China. Neste caso, discutiu-se a melhor composição do *mix* de criação, já que as unidades criam uma variedade de espécies de peixe selecionadas.

No Brasil, Sabbag e Costa (2015) analisaram o desempenho de sistemas de produção de tilápia em Ilha Solteira/SP, com inferências sobre o desperdício de insumos relacionado em grande proporcionalidade à ineficiência das unidades produtivas. Torres et al. (2017) avaliaram a produção piscícola para 60 produtores em Dourados/MS, concluindo que apenas 11,6% alcançaram a máxima eficiência, relacionado à insustentabilidade da atividade e aos custos de produção.

Sendo assim, para medir a eficiência dos principais polos de tilápia no país, é preciso identificar quais os itens a considerar (aqueles que melhor representam o desempenho da atividade), e quais ferramentas serão utilizadas, tendo esses itens como parâmetros, na busca pela identificação do grau de eficiência em que cada polo possui.

Além de alguns trabalhos já mencionados no referido capítulo acerca da aplicação da DEA na aquicultura, destacam-se alguns trabalhos em literatura dos demais segmentos

pertencentes à agropecuária. Gomes, Mangabeira e Mello (2004), analisando 71 agricultores no município de Holambra, mediram a eficiência relativa de agricultores com perfil de floricultores, citricultores e agropecuaristas. Os autores sugeriram que os resultados sirvam de apoio à decisão na produção agrícola, ao indicar as fontes de ineficiência e as unidades que podem servir de referência às práticas adotadas.

Salgado Júnior, Bonacim e Pacagnella Júnior (2009) analisaram a relação entre o tamanho e a eficiência operacional de usinas de açúcar e álcool da região Nordeste do Estado de São Paulo. Indicaram assim a não existência de uma relação direta entre tamanho e eficiência operacional, o que pode ser explicado por aspectos técnicos associados aos recursos utilizados. Os resultados obtidos forneceram subsídios para que os gestores das usinas da região estudada - que não foram eficientes - possam melhor estruturar suas estratégias operacionais.

Medindo a sustentabilidade de produtores agrícolas, com base na valorização dos recursos internos dos sistemas agrícolas produtivos, Gomes, Soares de Mello e Mangabeira (2009) estudaram um município amazônico, explorando um modelo no qual se avalia o desempenho econômico-ambiental (variáveis: área total, mão de obra, custo, receita bruta, área com mata), para dois períodos de tempo. Os autores identificaram que a variável área com mata é limitante para a sustentabilidade dos agricultores e recomendaram uma forte revisão das políticas públicas para a região.

Freire et al. (2012) buscaram avaliar a eficiência econômica da alocação dos recursos produtivos da cafeicultura no Sul de Minas Gerais. Analisaram os três maiores produtores do sul do Estado e inferiram que os agricultores possuem o uso ineficiente dos recursos produtivos na maioria dos casos, tanto técnica quanto economicamente.

De acordo com Farrell (1957), existem duas abordagens tradicionais para a determinação da eficiência de uma unidade produtiva: a abordagem paramétrica e a abordagem

não paramétrica. Os modelos paramétricos podem ser definidos como modelos descritos a partir da equação linear, dados seus coeficientes (SOARES DE MELLO et al., 2005).

Já os modelos não paramétricos podem ser definidos como modelos que não apresentam coeficientes e só apresentam dados após a resolução do problema, sendo baseados na programação matemática e têm o objetivo de construir fronteira de produção (SENGUPTA, 1989). A vantagem do método não paramétrico é a sua flexibilidade, já que se adapta a sistemas com múltiplos insumos e produtos e impõe menos restrições quanto à tecnologia de produção, evitando restrições desnecessárias sobre a função de produção, o que poderia afetar a análise e distorcer as estimativas da eficiência.

Ainda assim, os modelos não paramétricos apresentam características que são peculiares comparativamente aos modelos paramétricos, tais como: podem analisar vários insumos e produtos; o tamanho da amostra deve ser pequeno para interpretações melhores; e a seleção da amostra deve estar altamente correlacionada para obter informações mais precisas.

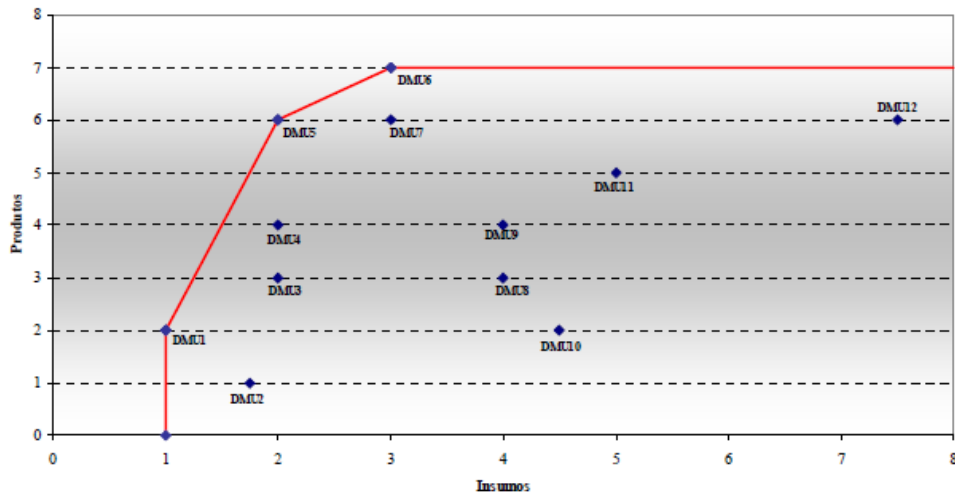
Para mensurar índices da eficiência técnica, com um auxílio de programação linear matemática não paramétrica, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) formularam a *Data Envelopment Analysis*, constituindo-se da geração envoltória dos planos de produção observados, pertencentes a uma fronteira de produção, que são eficientes tecnicamente e seus níveis de consumo e de produção são ótimos.

A técnica DEA verifica se cada unidade opera de maneira adequada ou não, relativamente a um elenco específico de recursos utilizados e de resultados obtidos, em comparação com unidades consideradas similares por seus administradores, sem a necessidade de conhecer a priori qualquer relação de importância (pesos) entre as variáveis consideradas.

Segundo Banker, Charnes e Cooper (1984), a característica fundamental da abordagem do DEA é a construção de uma fronteira com segmentos lineares – fronteira de melhor prática – usando firmas “reais” em seus pontos extremos e firmas virtuais ou compostas por suas

combinações convexas. Esta fronteira de produção deve ser tal que as firmas eficientes estejam sobre ela, enquanto as ineficientes fiquem abaixo da linha de fronteira, conforme expõe a Figura 2.

Figura 2. Fronteira de produção (eficiência).



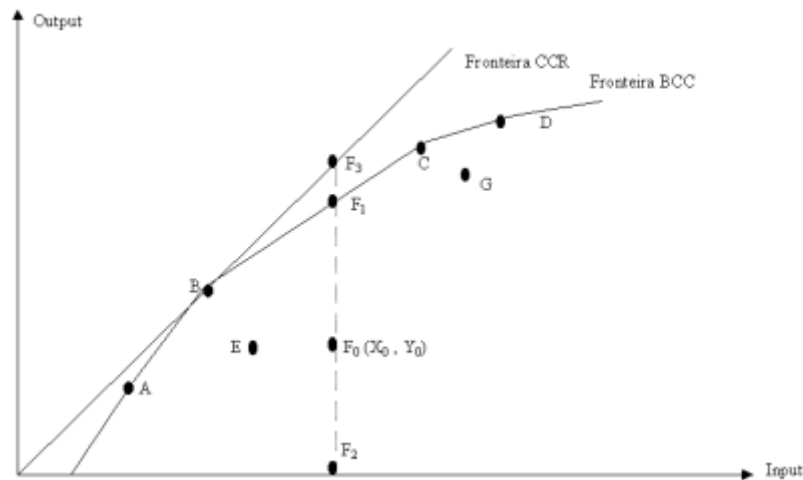
Fonte: adaptado de Gomes, Soares de Mello e Biondi (2003).

A Figura 3 ilustra um exemplo hipotético de construção de fronteiras de eficiência utilizando dois modelos de DEA. O modelo CCR admite uma fronteira de eficiência com retornos constantes de escala, ou seja, uma reta passando pela origem dos eixos cartesianos, e o modelo BCC admite retornos variáveis de escala. As supostas unidades A, B, C, D e F1, localizadas sobre a fronteira do modelo BCC, são eficientes nesse modelo. Entretanto, a unidade F3 é eficiente no modelo CCR, mas não faria parte da amostra analisada no modelo BCC, pois nenhuma unidade pode estar localizada acima da fronteira de eficiência de nenhum modelo. Já as unidades E, F0, F2 e G não são eficientes em nenhum dos dois modelos, pois estão localizadas abaixo das fronteiras.

Assim, de acordo com o modelo CCR, a unidade F_0 poderia expandir a sua produção (*output*) até o nível de produção da suposta unidade F3, sem aumentar o uso de recursos (inputs) fixado no mesmo nível da unidade F2. No modelo BCC, a mesma unidade F_0 poderia expandir

a sua produção até o nível de produção da unidade F1, gastando apenas os recursos despendidos por F2.

Figura 3. Eficiência nos modelos CCR e BCC.



Fonte: Adaptado de Banker (1984).

O uso do DEA para medir a eficiência relativa de unidades produtivas, tem-se mostrado bastante atrativo em diversos setores de aplicação. O emprego de modelos DEA em agricultura pode apoiar as decisões dos agricultores, ao indicar as fontes de ineficiência e as unidades que podem servir de referência às práticas adotadas (*benchmarks*) (GOMES; SOARES DE MELLO; BIONDI, 2003).

Entretanto, de acordo com Dyson et al. (2001), vale ressaltar que para a avaliação das unidades (DMU's), existem inúmeras questões que dificultam a aplicabilidade do DEA, apresentando “ciladas” que devem ser identificadas, obtendo-se assim protocolos para melhor aplicação e interpretação da técnica.

Neste sentido, algumas limitações da técnica DEA podem ser listadas, dentre as quais: à medida que cresce o número de variáveis, aumenta também a chance de mais unidades alcançarem o desempenho máximo; por constituir de uma técnica não paramétrica, torna-se difícil formular hipóteses estatísticas; e o DEA apenas analisa o desempenho “relativo”,

convergindo muito vagarosamente para o desempenho “absoluto”, pelo fato de estar baseado em dados observados e não no ótimo ou no desejável (DYSON et al., 2001).

Gomes et al. (2001) inferem que o objetivo primário de DEA consiste em comparar um certo número de unidades que realizam tarefas similares e se diferenciam nas quantidades de *inputs* que consomem e de *outputs* que produzem. Destaca-se também a identificação de DMU's eficientes, mensura e localizar a ineficiência; determinando sua respectiva eficiência relativa; subsidia estratégias de produção que maximizem a eficiência das unidades avaliadas, corrigindo as ineficientes através da determinação de alvos, permitindo a tomada de decisões gerenciais.

Com base nessas informações, pode-se dizer que o uso de DEA para medir eficiência relativa de unidades produtivas tem-se mostrando bastante atrativo em diversos setores de aplicação. Aplicações dessa abordagem no setor agropecuário podem apoiar as decisões de produtores, ao indicar as fontes de ineficiência e as unidades que podem servir de referências às práticas adotadas (GOMES; SOARES DE MELLO; BIONDI, 2003).

Vale ressaltar que isso facilita muito o processo decisório, pois, ao invés de considerar vários índices para concluir a respeito do desempenho da empresa ou da unidade em análise, o gestor se utiliza apenas da medida de eficiência da DEA. Além disso, existem outras informações oriundas desta metodologia que podem ser utilizadas para auxiliar a empresa na busca pela excelência (RODRIGUES et al., 2011), como se propõe na presente tese, de forma a analisar algumas variáveis que interferem na ineficiência de quem produz.

Referências

- AYROZA, L.M.S.; FURLANETO, F.P.B; AYROZA, D.M.M.R; SUSSEL, F.R. Piscicultura no médio Paranapanema: situação e perspectivas. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 2, n.2, 2005.
- AYROZA, L.M.S.; ROMAGOSA, E.; SCORVO FILHO, J.D.; FRASCA FILHO, C.M. 2002. Desempenho da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede, em represa rural. In: XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 2002. *Anais...* Goiânia, 2002.
- BANKER, R. D. Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 17, 1984, p. 35-44.
- BANKER, R.D; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, 1984, p. 1078-1092.
- BOZOGLU, M.; CEYHAN, V.; CINEMRE, A.H.; DEMIRYÜREK, K.; KILIC, O. Evaluation of different trout farming systems some policy issues in the Black Sea Region Turkey. **Journal of Applied Sciences**, v. 6, n. 14, 2006, p. 2882- 2888.
- BRASIL RURAL. **FAO**: Consumo de pescado no Brasil está no patamar mundial de 1960. 2017. Disponível em: <<http://radios.ebc.com.br/cotidiano/2017/04/brasil-consome-anualmente-14-kg-de-peixe-por-pessoa>>. Acesso em: 05 Abr. 2018.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v.2, n.6, 429-444, 1978.
- CINEMRE, H.A.; CEYHAN, V.; BOZOĞLU, M.; DEMIRYÜREK, K.; KILIÇ, O. The cost efficiency of trout farms in the Black Sea Region, Turkey. **Aquaculture**, v. 251, n. 2-4, 2006, p. 324-332.
- DYSON, R. G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A. S.; PODINOVSKI, V. V.; SARRICO, C. S.; SHALE, E. A. Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, vol. 132(2), 2001, pages 245-259.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. BARROSO, R.M. (coord). **Governança da cadeia produtiva da tilápia no Brasil e seus indicadores socioeconômicos**, 2015. Projeto SEG Embrapa.
- FARRELL, M. J.; The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A, Part 3, p. 253-290, 1957.
- FREIRE, A. H. et al. Eficiência econômica da cafeicultura no Sul de Minas Gerais: uma abordagem pela análise envoltória de dados. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 14 n. 1, p. 60-75, 2012.
- GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; BIONDI, L. N. **Avaliação de Eficiência por Análise de Envoltória de Dados**: conceitos, aplicações à agricultura e integração com sistemas de informação geográfica. - Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. 39 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 28).

GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. E.; BIONDI, L. N. **Avaliação de eficiência de companhias aéreas brasileiras: uma abordagem por Análise de Envoltória de Dados**. In: Setti, J. R. A; Lima Júnior, O. F. (eds.). *Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes*, 2001, v. 2, p. 125-133.

GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. C.; MELLO, J. C. C. B. S. Eficiência técnica dos agricultores de Holambra. In: CONGRESSO NACIONAL DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42, 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SOBER, 2004. 1 CD-ROM.

GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; MANGABEIRA, J. A. C. Estudo da Sustentabilidade Agrícola em um Município Amazônico com Análise Envoltória de Dados. **Pesquisa Operacional**, v. 29 (1), p.23-42, 2009.

HELFAND, S. Os **Determinantes da Eficiência Técnica no Centro-Oeste Brasileiro**. In: HELFAND, S.; REZENDE, G.C. (eds.) *Região e Espaço no Desenvolvimento Agrícola Brasileiro*, Rio de Janeiro: IPEA/NEMESIS. 2003.

HESS, J. **Atividade de piscicultura no Paraná**. 2015. Disponível em: <<http://www.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2015/06/AtividadesdepisciculturanoParana1.pdf>>. Acesso em: 04 Mai 2018.

IBAMA. **Anuário estatístico da produção aquícola brasileira, 2007**. Brasília, 2008.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. **Estatística da pesca no Brasil no ano de 2007: grandes regiões e unidades das federações**. Brasília (DF): IBAMA. 2009, 176 p.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=21>. Acesso em: 03 Abr 2018.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Entorno do Lago de Furnas**. 2013. Disponível em: <<http://www.alago.org.br/imagens/image/PDRH%20GD3%20.pdf>>. Acesso em: 04 Mai 2018.

KALIBA, A.R.; ENGLE, C.R.; DORMAN, L. Efficiency change and technological progress in the U.S. catfish-processing sector, 1986 to 2005. **Aquaculture Economics & Management**, v. 11, n. 1, 2007, p. 53-72.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 150, jul./ago. 2015.

MACEDO, M. A. S, M. STEFFANELLO E C. A. OLIVEIRA. Eficiência combinada dos fatores de produção: aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) à produção leiteira. **Revista Custos e Agronegócios on line**. v. 3, n. 2, 2007, p.59-86.

MDIC – **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior Via Internet do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior** (Sistema AliceWeb). 2017. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em 05 de junho de 2017.

ONS (Brasil) Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Situação dos Principais Reservatórios do Brasil**. 2015. Disponível em <http://www.ons.org.br/historico/percentual_volume_util.aspx> Acesso em: 14 Dez. 2017.

PEIXE BR. **Anuário brasileiro da piscicultura**. 2018. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 138 p.

PORTAL BRASIL. **Piscicultores mineiros produzem 7,4 mil toneladas no semiárido**. 2015. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2015/04/piscicultores-mineiros-produzem-7-4-mil-toneladas-no-semiarido>>. Acesso em: 04 Mai 2018.

RIBEIRO, M. R. F. et al. A piscicultura nos reservatórios hidrelétricos do Submédio e Baixo São Francisco, região semiárida do Nordeste do Brasil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 3, n. 1, 2015, p. 91-108.

RODRIGUES, M. H. S.; SOUZA, M. P.; RODRÍGUEZ, T. D. M.; AGUIAR, I. S.; RODRIGUES, E. F. S. Análise de eficiência dos produtores de leite do município de Rolim de Moura, no estado de Rondônia. **Gestão & Regionalidade**, Vol. 27, n. 79, 2011.

ROUBACH, R. et al. Aquaculture planning, development in Brazilian federal waters. **Global Aquaculture Advocate**, July/Aug. 2015. p. 40-43.

SABBAG, O.J; COSTA, S.M.A.L. eficiência técnica da produção de tilápias em Ilha Solteira, SP: uma análise não paramétrica. **Boletim da Indústria Animal**, v.72, n.2, 2015, p.155-162.

SALGADO JÚNIOR, A. P.; BONACIM. C. A. G.; PACAGNELLA JÚNIOR. A. C. Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliação de eficiência de usinas de açúcar e álcool da região Nordeste do estado de São Paulo. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 11, n.3, p. 494-513, 2009.

SEAP- SECRETARIA ESPECIAL DA AQUICULTURA E PESCA. **São Paulo dá salto na produção de pescados em cativeiro**. Brasília: SEAP, 2006. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/seap>>. Acesso em: 27 Out. 2018.

SENGUPTA, J. K. **Efficiency analysis by production frontiers: the nonparametric approach**. Kluwe Academics Publishers. 246 p., 1989.

SILVA, J. L. M. A eficiência técnica na produção de uva e manga na região do vale do São Francisco: uma aplicação de funções fronteiras de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 40, 2002, Passo Fundo. **Anais...** Brasília: SOBER, 2002.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B; MEZA, L.A.; GOMES, E.G. Curso de Análise de Envoltória de Dados. In: XXXVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL. Gramado, **Anais...** Gramado: SBPO, 2005.

TEIXEIRA, A. L. C. M. **Estudo da viabilidade técnica e econômica do cultivo de tilápia do nilo *Oreochromis niloticus*, linhagem chitralada, em tanques-rede com duas densidades de estocagem**. 74 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2006, Recife/PE.

TORRES, S. M; PEREIRA, F. A. R; SOUZA, C. C; FERREIRA, M. B. Análise da eficiência da produção da piscicultura na região de Dourados - MS. **Espacios**, v. 38, p. 26-41, 2017.

CAPÍTULO 3 - APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA E AVALIAÇÃO DA TILAPICULTURA NACIONAL

3.1 Planejamento e tipologia da pesquisa

A partir do panorama apresentado nos capítulos anteriores, pode-se observar como a atividade piscícola – com maior especificidade à tilapicultura - está em pleno desenvolvimento, reconhecendo que tem potencial enorme a ser descoberto, possibilitando melhor resultado em produtividade, qualidade, escala de produção e conseqüentemente expansão de níveis econômicos e sociais, a partir de incorporação de técnicas voltadas a atividade e utilização dos insumos de maneira mais eficiente.

Entende-se por eficiência como objeto de estudo da presente tese, a qual avalia a comparação entre valores observados e valores ótimos de insumos e produtos, relacionando-se o que foi produzido com recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos (TUPY; YAMAGUCHI, 1998). Assim, para mensurar a eficiência das unidades piscícolas contidos nos principais polos de produção no país, foi preciso identificar quais os itens a considerar (aqueles que melhor representam o desempenho da atividade), e quais ferramentas serão utilizadas, tendo esses itens como parâmetros na busca pela identificação do grau de eficiência que cada propriedade produtora de tilápias possui.

Quanto a abordagem esta pesquisa, caracterizou-se por ser quantitativa e qualitativa, pois ela não se preocupa apenas com a representatividade numérica, mas com o aprofundamento da compreensão do grupo sobre o objetivo da pesquisa, no qual serão produzidas informações aprofundadas e ilustrativas, que possam ser capazes de produzir novas informações (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Com relação à natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, pois envolve uma aplicação prática, direcionada à solução de um problema específico, respeitando conceitos e interesses locais.

Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, pelo fato de que aplicações semelhantes ainda não foram utilizadas dentro do local de estudo e respectivo grupo amostral, busca-se analisar os aspectos comportamentais dos produtores rurais no que envolve o uso de insumos para obter o produto final, um assunto com pouca incidência de estudos. Também é descritiva, à medida que descreve as características de uma população, bem como o estabelecimento de algumas variáveis e fatos (MARTINS, 1994).

Quanto aos procedimentos, caracteriza-se por pesquisa de campo, pois de acordo com Fonseca (2002), esta caracteriza-se pelas investigações em que, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se realiza coleta de dados junto aos piscicultores, podendo utilizar recursos de diferentes tipos de pesquisa (pesquisa-ação, pesquisa participante, dentre outras).

Ainda neste sentido, a presente tese foi trabalhada com amostragem do tipo intencional, sendo escolhida intencionalmente pelo pesquisador (MARCONI; LAKATOS, 1996), como um conjunto de polos produtores que exploram a produção de tilápias no Brasil. Assim, por meio da observação direta, foram aplicados formulários com questões adaptadas ao objeto de investigação (MARCONI; LAKATOS, 2003), junto aos piscicultores, constituídos por uma série ordenada de perguntas, que foram devidamente respondidas por escrito na presença do entrevistador.

Logo, foi obtida a amostragem de forma não aleatória, em que “o pesquisador se defronta com um subconjunto de elementos da população obtido de forma não aleatória” (BÊRNI, 2002, p. 162). Para que o piscicultor estivesse enquadrado na amostra, era condição *sine qua non* ser produtor de tilápia, mesmo tendo outras espécies em seu ambiente de cultivo.

Anteriormente à aplicação destes em forma presencial, foi comunicada por e-mail ou contatos telefônicos a natureza da pesquisa, sua importância e a necessidade de obter respostas, de forma a despertar o interesse do recebedor.

3.2 Seleção de variáveis para aplicação ao modelo DEA

Para estruturar um modelo DEA, tornou-se necessário definir as unidades a serem avaliadas, as variáveis de avaliação (*inputs/outputs*) e o modelo adotado (CCR/BCC), bem como a orientação ao modelo, considerando ainda a aplicação de uma ferramenta econométrica para determinação das principais variáveis que influenciam a eficiência obtida.

A escolha dos principais polos produtivos, com suas respectivas unidades, para composição da amostragem, foi baseada na metodologia descrita por Wunsch (1995), afirmando que a escolha deve levar em consideração a proposta do trabalho (problema específico), de maneira a fornecer ao pesquisador um panorama geral de orientação de desenvolvimento correspondente às análises de cada região. Portanto, as unidades piscícolas do sistema analisado foram definidas pelo pesquisador, em função lógica dos dados que se procura obter.

Neste contexto, foram estudadas durante o período 2017-2018 seis principais regiões produtivas e a composição amostral foi constituída de 59 unidades distribuídas entre os principais polos produtivos de tilápias do país, dentre os quais: Oeste do Paraná; Noroeste de São Paulo; Nordeste do Brasil, região de Paulo Afonso/BA; Nordeste do Brasil, região de Castanhão/CE; Médio Paranapanema/SP e Reservatório de Três Marias/MG.

Em um primeiro momento, avaliou-se a eficiência de cada polo e posteriormente, considerou-se a eficiência geral dos polos, a partir das unidades mais eficientes. Desta forma, para que análise possua resultados satisfatórios, de acordo com Ali e Seiford (1993), é necessário que o número de unidades seja, pelos menos $2(X + Y)$, sendo X os *inputs* e Y os

outputs, considerando os polos existentes nos principais estados produtores (PR, SP, MG, BA, PE e CE). Na presente pesquisa, por trabalhar especificamente com cinco variáveis *input-output* correspondentes aos principais fatores de produção, a amostragem mostrou-se amplamente suficiente para aplicação do método DEA.

Assim, foram utilizadas cinco variáveis, correspondentes aos insumos e uma relacionada com produtos, sendo:

Inputs:

- a) Tamanho das propriedades (lâmina d'água), em ha (Fator de produção Terra);
- b) Número de pessoas envolvidas na atividade/unidade (Fator de Produção Mão de obra);
- c) Salários pagos na atividade (R\$) – (Fator de Produção Capital);
- d) Número de tanques em operação (Fator de Produção Capital).

Output:

- a) Quantidade produzida (toneladas).

Ainda assim, deve-se constituir de certa homogeneidade entre as unidades de análise, por utilizarem insumos semelhantes para produzirem os mesmos e terem certa autonomia na tomada de decisão, encaixando-se perfeitamente nas definições de DMU's a serem analisadas pela técnica DEA. De acordo com Lins e Moreira (2000), há dois tipos de seleção de variáveis: por meio da opinião dos interessados, usuários e ou especialistas ou com apoio da análise de correlação. Foi utilizado o primeiro tipo, considerando a experiência do pesquisador e demais trabalhos de literatura para definição das variáveis mais representativas do sistema produtivo.

O desenvolvimento do trabalho pautou-se em uma caracterização de medida de eficiência, que faz com que a decisão fique orientada por um único indicador, construído a partir de abordagens de desempenho diferentes (análise multicriterial), facilitando o processo

decisório. Ao invés de considerar vários índices para concluir a respeito do desempenho da empresa ou da unidade sob análise do gestor, o referencial adotado utilizou-se da medida de eficiência do DEA, por meio de um método não paramétrico, com o auxílio do *software* DEAP 2.1 (*Data Envelopment Analysis Program*), apresentado por Coelli (1996).

3.3 Construção dos modelos

A presente pesquisa foi dividida em dois momentos: o primeiro deles foram aplicados os modelos CCR e BCC. O modelo CRS (*Constant Returns to Scale*), avalia a eficiência total dos principais polos de tilápia, identificando as DMU's eficientes e ineficientes, assumindo a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Estes modelos são aplicados na abordagem DEA, na qual esta ferramenta pode ser conceituada como uma técnica de pesquisa operacional de unidades de produção.

Segundo Carmo (2012), tais modelos clássicos estão compreendidos na Análise Envoltória de Dados, explicitados a seguir:

- i) CCR (ou CRS – *constant returns to scale*), desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), que apresenta retornos constantes de escala; este pressupõe que qualquer variação na quantidade de *inputs* provoca uma variação proporcional na quantidade de *outputs*, ou seja, retornos constantes de escala. Esse modelo pode ser subdividido em CCR orientado a *inputs* (divisão entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs*), com o objetivo de minimizar a utilização de insumos mantendo a produção no mesmo nível ou ainda com o objetivo de maximizar os *outputs* do modelo com o mesmo nível de *inputs*, sendo utilizadas as mesmas variáveis do modelo DEA-CCR orientado a *output*;

- ii) BCC (ou VRS – *variable returns to scale*), desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), que apresenta retornos variáveis de escala, permitindo que DMU's que operam com baixos valores de *inputs* tenham retornos crescentes de escala. Esse modelo também pode ter orientação a insumo e a produto, semelhante ao anterior.

A principal diferença entre o modelo BCC e o CCR são os retornos de escala da produção, ou seja, enquanto o modelo BCC utiliza retornos variáveis de escala, o modelo CCR utiliza retornos constantes de escala (CARMO, 2012). Ainda neste sentido, a DEA fornece um indicador de eficiência que varia entre 0 e 1, ou seja, de 0% a 100%, tanto no modelo BCC, como no modelo CCR. Os produtores que obtiveram índice de eficiência igual a 1 serão considerados efetivamente eficientes.

Gomes e Mangabeira (2004) ressaltam que na construção do modelo DEA deve-se atentar para quais variáveis serão consideradas *inputs* e quais serão *outputs*. Isto porque muitas vezes uma variável representa algo que é produzido, mas a quantidade deve ser minimizada (por exemplo, mão de obra). Nestes casos, a variável será, na realidade, tratada como um *input*.

Na presente tese, por meio do uso da programação linear matemática, para cada DMU obtém-se a proporção de todos os produtos em relação a todos os insumos, tal como, $u' y_i / v' x_i$, onde u é um vetor $M \times 1$ de pesos de produtos (y_i) e v é um vetor $K \times 1$ de pesos dos insumos (x_i). Para estimar os pesos ótimos especifica-se o problema de programação linear, conforme equação 1.

$$\begin{aligned} & \text{Max } (u' y_i / v' x_i), \text{ sujeito a} \\ & u' y_j / v' x_i \leq 1, j=1,2,\dots,N, \text{ em que } u, v \geq 0 \text{ e } v' x_i > 0 \quad (\text{equação 1}) \end{aligned}$$

Isto envolve obter valores para u e v , tais que, a medida de eficiência da i -ésima DMU seja maximizada, sujeita à restrição de que todas as medidas de eficiência sejam menores ou iguais a 1. Um problema com este tipo particular de proporção é que ele tem um número infinito de soluções. Para evitar isto, pode-se impor a restrição $v'x_i=1$, que recorre à equação 2:

$$\begin{aligned} & \text{Max } u, v (\mu' y), \text{ sujeito a } v' x_i = 1, \\ & \mu' y_j - v' x_j \leq 0, j=1, 2, \dots, N, \text{ em que } u, v \geq 0 \quad (\text{equação 2}) \end{aligned}$$

sendo que a mudança de notação de u e v para μ e ν reflete a transformação. Esta forma é conhecida como a forma do multiplicador do problema de programação linear. Desta forma, pode-se chegar a um modelo dual da formulação linearizada (forma envelope) da seguinte forma, para o modelo CCR, expresso pela equação 3:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta \\ & \text{sujeito a:} \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0; \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0; \text{ e } \lambda \geq 0. \quad (\text{equação 3}) \end{aligned}$$

sendo que θ é um escalar (score de eficiência da orientação insumo), cujo valor é a medida de eficiência da i -ésima DMU. Se for igual a um, a DMU será eficiente; caso contrário, ineficiente. O λ é um vetor ($n \times 1$), cujos valores são calculados de maneira que se obtenha a solução ótima. Para um polo eficiente, os valores são iguais a zero; para um ineficiente, indica os pesos dos polos produtores que são *benchmarks* (GOMES, 1999).

Adicionalmente, o modelo chamado de BCC (Retornos Variáveis à Escala), representado pela equação 4, no qual se inclui uma restrição no modelo CCR (Retorno Constante à Escala). É importante apresentar o modelo BCC junto com o modelo CCR para que se determine a eficiência de escala.

$$\begin{aligned}
& \min_{\theta, \lambda} \theta \\
& \text{sujeito a:} \\
& -y_i + Y\lambda \geq 0; \\
& \theta x_i - X\lambda \geq 0; \\
& N_1' \lambda = 1; e \lambda \geq 0. \quad (\text{equação 4})
\end{aligned}$$

sendo que N_1 é um vetor ($n \times 1$) de números uns, e que as demais variáveis já foram definidas anteriormente.

Desta forma, foi utilizada a orientação *input* (minimização de insumos disponíveis, sem alteração no nível de produção), tendo-se quatro *inputs* e um *output*, de forma a reduzir no processo de gestão da atividade os gastos com insumos correspondentes aos principais fatores de produção da atividade, mantendo constante o produto, em que os dados econômicos serão levantados *in loco* para cada polo abordado. A orientação previamente selecionada priorizou verificar se a produção obtida justifica a quantidade de recursos alocados.

Em consonância, Belloni (2000) retrata que o critério de eficiência na produção está associado aos conceitos de racionalidade econômica e de produtividade material, revelando ainda a capacidade da organização de produzir um máximo de resultados com o mínimo de recursos disponíveis para tal.

Após a organização dos dados aplicaram-se os modelos, para obter as medidas de eficiência técnica, pressupondo inicialmente os retornos constantes à escala. Sequencialmente, a eficiência técnica foi decomposta em uma medida de pura eficiência e uma medida de eficiência de escala, pressupondo-se retornos variáveis, quando, então serão identificadas as faixas de retornos de escala em que os polos produtores estarão operando.

Tal abordagem resulta na equação $EE = ETRC/ETRV$, sendo EE a medida de eficiência de escala; $ETRC$ a medida de eficiência técnica no modelo com retornos constantes, e $ETRV$ a medida de eficiência técnica no modelo com retornos variáveis. As ineficiências de escala

ocorrerão quando os piscicultores operam nas faixas de retornos crescentes ou decrescentes (RODRIGUES et al, 2010). De outra forma, para a eficiência de escala, o CCR tem que ser igual ao BCC ($CCR=BCC$); caso não sejam iguais, a DMU apresenta ineficiência de escala; neste caso, tem-se mais alternativas: se CCR é igual ao BCC não crescentes tem-se retornos crescentes; caso contrário, decrescentes.

Finalmente, para a identificação de quais variáveis discriminam a variação da eficiência, foi utilizado o modelo econométrico Tobit, também utilizado por Conceição e Araújo (2000), o qual se aplica à obtenção da probabilidade de que uma observação pertença a um conjunto determinado, em função do comportamento das variáveis independentes.

Segundo Greene (2012), o modelo Tobit padrão pode ser definido pela equação 5:

$$\begin{aligned} y_i^* &= \beta' x_i + \varepsilon_i \\ y_i &= y_i^* \text{ se } y_i^* > 0, \\ y_i &= 0 \text{ caso contrário} \quad (\text{equação 5}) \end{aligned}$$

em que ε_i é normalmente distribuído, com média zero e variância constante de σ^2 , isto é, $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$; y_i^* é a variável-índice ou variável latente; y_i é escore DEA; x_i é o vetor das variáveis explicativas; β é o vetor dos parâmetros a serem estimados; e ε_i o termo de erro.

Assim, para Santos et. al. (2009) tendo escore da DMU de eficiência igual a 1 transformado para zero, os escores menores que 1 tornam-se valores positivos. Portanto, a equação estimada revela quais as variáveis que reduzem a ineficiência.

Apesar do escore de eficiência possuir limite superior igual a um, Fethi et al (2000) indicam usar a truncagem em zero. Assim, o escore de eficiência da DEA é transformado e o valor truncado é concentrado em zero, expresso por $y_i = (1/\theta) - 1$.

De acordo com Greene (2012), a estimativa de parâmetros do modelo *Tobit* é geralmente feito por máxima verossimilhança, que fornecem estimadores consistentes e assintoticamente

eficientes para os parâmetros e variância. Diante disto, o modelo *Tobit* é estimado por meio das equações 6 e 7:

$$\ln L = \sum_{y_i > 0} -\frac{1}{2} \left[\log(2\pi) + \ln \sigma^2 + \frac{(y_i - x'_i \beta)^2}{\sigma^2} \right] + \sum_{y_i = 0} \ln \left[1 - \Phi \left(\frac{x'_i \beta}{\sigma} \right) \right] \quad (\text{equação 6})$$

Com $\gamma = \frac{\beta}{\sigma}$ e $\theta = \frac{1}{\sigma}$ tem-se a seguinte função de log-verossimilhança:

$$\ln L = \sum_{y_i > 0} -\frac{1}{2} [\ln(2\pi) - \ln \theta^2 + (\theta y_i - x'_i \gamma)^2] + \sum_{y_i = 0} \ln [1 - \Phi(x'_i \gamma)] \quad (\text{equação 7})$$

Finalmente, para determinação dos condicionantes da eficiência da tilapicultura brasileira entre os polos de produção, foi empregada como variável dependente (Y) os escores de eficiência obtida por meio da Análise Envoltória de Dados, contidos no modelo CCR. Já as variáveis explicativas (X) foram determinadas com base no levantamento de dados da pesquisa, estando representadas por:

- 1- Assistência técnica,
- 2- Produtividade terra (produção/área),
- 3- Participação em treinamentos,
- 4- Nível de endividamento da atividade,
- 5- Tempo de atividade (nº anos de experiência),
- 6- Participação em associação.

Ressalta-se que para encontrar os fatores explanatórios da eficiência, por meio do modelo de regressão Tobit, foi empregado o software Gretl (COTTRELL; LUCCHETTI, 2013).

3.4 Análise dos resultados

Inicialmente, em São Paulo, os resultados mostram alta variabilidade entre as variáveis abordadas, sugerindo que possivelmente existem diferentes níveis de eficiência entre as unidades de produção do polo de Ilha Solteira e do Médio Paranapanema. Destaca-se ainda que o diferencial de produtividade média em favor do polo do médio Paranapanema (66 toneladas acima da produtividade média de Ilha Solteira) não pode ser interpretado necessariamente como indicador de melhor eficiência (Tabela 1); segundo Gomes et al. (2003), avaliações de produtividade como indicador podem ser equivocados, por não considerarem outros indicadores, dentre os quais os requerimentos de mão de obra exigidos nos sistemas produtivos.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis de estudo, Ilha Solteira e Médio Paranapanema (Canoas I e II), 2017.

Variáveis	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Ilha Solteira					
Tamanho (I1)	ha	6,59	4,31	2	14,5
Nº pessoas (I2)	Nº	8,6	5,6	3	20
Custo (I3)	R\$/kg	4,13	0,27	3,50	4,40
Salário (I4)	R\$/mês	1.472,73	219,50	1.200,00	1.800,00
Produtividade (O1)	t/ciclo	57	38	20	130
Médio Paranapanema					
Tamanho (I1)	ha	3,23	2,19	1	8
Nº pessoas (I2)	Nº	3,4	1,17	2	6
Custo (I3)	R\$/kg	4,36	0,31	3,80	4,75
Salário (I4)	R\$/mês	1.460,00	298,88	1.100,00	2.000,00
Produtividade (O1)	t/ciclo	123,1	93,59	20	267

Sendo: I1, I2, I3 = Inputs e O1 = Output

Fonte: dados da pesquisa.

Os escores de eficiência pelo modelo CCR estão apresentados na Tabela 2, em que pode-se observar, considerando a média, que os piscicultores de Ilha Solteira podem reduzir em 19,6% o uso de seus recursos aplicados, sem comprometer a produtividade presente na produção de

tilápias. Segundo o mesmo parâmetro, e com maior expressividade, pode-se indicar para os produtores do Médio Paranapanema a redução de 42,1% para alcançarem a eficiência máxima. Uma revisão na intensidade de uso de insumos possivelmente indicará que ajustes neste sentido envolverão reduções no número de colaboradores atuantes (fator mão de obra).

Destaca-se que este modelo em questão permite uma avaliação objetiva a eficiência global e identifica as fontes e estimativas das ineficiências identificadas (KASSAI, 2002). Ainda assim, uma alta dispersão dos dados (alto coeficiente de variação) mostrada na região do médio Paranapanema infere na maior amplitude entre os níveis de eficiência detectados para o polo em questão.

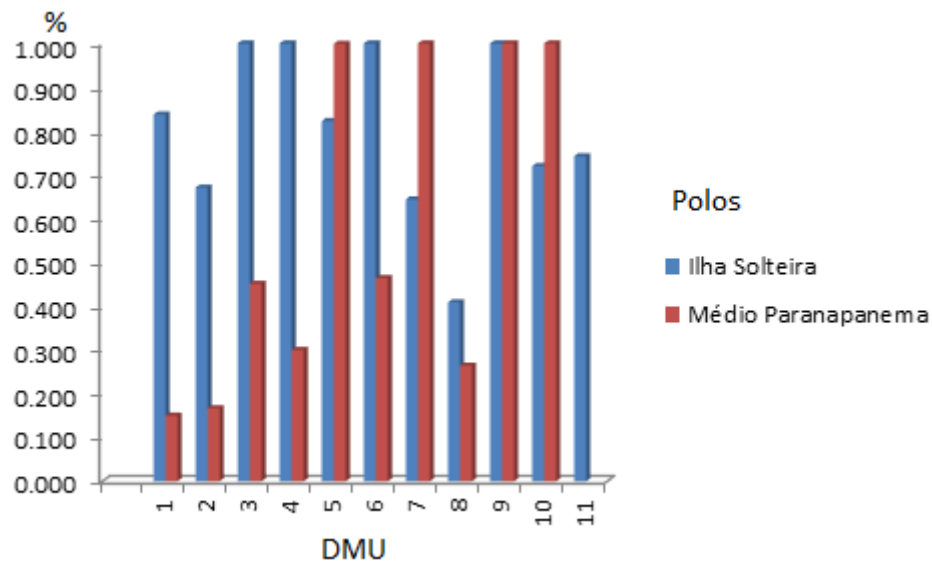
Tabela 2. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos constantes, Ilha Solteira e Médio Paranapanema (Canoas I e II), 2017.

Estatísticas descritivas	Eficiência técnica	
	Ilha Solteira	Médio Paranapanema
	CCR	
Mínimo	0,409	0,150
Máximo	1,000	1,000
Média	0,804	0,579
Desvio Padrão	0,190	0,375
Coeficiente de Variação (%)	23,76	64,78

Fonte: dados da pesquisa.

De acordo com a Figura 4, a distribuição por DMU no modelo CCR-*input* é expressa por percentuais de eficiência técnica das unidades de produção, podendo-se classificar como eficientes os produtores que tiveram melhor racionalização dos gastos, mantendo-se constante a produção obtida para cada unidade.

Figura 4. Distribuição da eficiência técnica, Ilha Solteira e Médio Paranapanema (Canoas I e II), 2017.



Fonte: dados da pesquisa.

Na análise de *benchmark* (unidades de referência) para as unidades analisadas, identifica-se respectivamente que as DMU's 3, 4, 6 e 9 são pares de excelência para o reservatório de Ilha Solteira (36,3% da amostragem), assim como as DMU's 5, 9 e 10 são para o reservatório do Médio Paranapanema – Canoas I e II (30%), e com a DMU 7 em 99%, em função da representatividade dos pesos atribuídos de cada DMU eficiente à distância da curva de fronteira de eficiência. De maneira geral, a média foi de 80% entre as unidades piscícolas para Ilha Solteira (Figura 5) e de 58% para o Médio Paranapanema (Figura 6).

Figura 5. Unidades piscícolas do polo de Ilha Solteira/SP, 2017.



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 6. Unidades piscícolas do polo do Médio Paranapanema/SP (Canoas I e II), 2017.



Fonte: dados da pesquisa.

A Tabela 3 resume as diferenças entre os dados atuais e os alvos a serem atingidos, considerando-se os menores valores obtidos para os indicadores. Essa informação explica a diferença de desempenho entre as unidades piscícolas de menor desempenho atribuído entre as regiões paulistas, para que o gestor tenha referências na busca por formas de adequação e alcance dos objetivos necessários à cada DMU.

Convém destacar que o alvo consiste no valores de entradas e saídas das variáveis que uma DMU ineficiente deve atingir para que ela se torne eficiente (HAYNES; DINC, 2005).

Por exemplo, a DMU 8, com menor eficiência global no polo de Ilha Solteira, deve reorientar seu planejamento para reduzir o uso de insumos de maneira proporcional à produção obtida, em aproximadamente 59% para o conjunto de *inputs* considerados.

Desta forma, os alvos indicam para a DMU 8 (Ilha Solteira) uma projeção para área de produção em 0,82 ha; redução de mão de obra para 4 pessoas; o enxugamento da área produtiva em espelho d'água permitirá reduções proporcionais no custo de produção por unidade (kg de pescado produzido) com potencial de reduções nas despesas com salários.

Este conjunto de indicadores podem ser interpretados como indícios de que a produção piscícola nesta unidade não se enquadra na faixa de retornos constantes, inferindo que o

problema não está associado à utilização excessiva de insumos, mas sim à escala inadequada de produção.

Tabela 3. Alteração dos valores atuais das variáveis com menor eficiência obtida das DMU's (Ilha Solteira e Médio Paranapanema – Canoas I e II), para que se tornem eficientes, 2017.

DMU	Variáveis (<i>Inputs</i>)	Valor Atual	Folgas	Alvo	$\Delta\%$
Ilha Solteira					
8 (0,409)	Tamanho (ha) - I1	2	-	0,819	59,1
	Nº pessoas - I2	10	-	4,094	
	Custo (R\$/kg) - I3	4,1	0,441	1,23	
	Salário (R\$/mês) - I4	1.500,00	191,194	422,977	
Médio Paranapanema					
1 (0,150)	Tamanho (ha) - I1	3	0,360	0,090	85
	Nº pessoas - I2	2	-	0,3	
	Custo (R\$/kg) - I3	4,00	0,227	0,322	
	Salário (R\$/mês) - I4	1.300,00	59,925	134,831	

Fonte: dados da pesquisa.

Já para a DMU 1, com a menor eficiência global para a região do Médio Paranapanema, o produtor em questão deve otimizar seus recursos ou fatores de produção em 85%, de forma a alcançar a eficiência máxima, considerando a mesma lógica de raciocínio para redução de cada variável input abordada de forma a atingir o alvo. Este fato em particular foi devido à menor produtividade obtida (20 t/ciclo), comparativamente à média do polo em 123 toneladas, no qual o produtor obteve altas taxas de mortalidade aliado à problemas decorrentes de conversão alimentar, influenciado diretamente pelo padrão de qualidade da ração consumida no sistema de cultivo.

Na mesma Tabela 3, as folgas referem-se às quantidades extras a serem reduzidas nos insumos (SURCO, 2004) após todos os insumos terem sido minimizados de maneira

proporcional, refletindo maior expressividade às variáveis em questão, referentes ao descarte forte de insumos. Vale destacar que, na prática os sistemas produtivos embutem rigidez para reduções de componentes alguns itens de custos como salários; entretanto, o modelo reflete a projeção de acordo com a eficiência obtida, ou seja, caso aumentasse a produção mantendo os mesmos valores atuais das variáveis *inputs* do referido estudo, proporcionalmente alcançaria o nível de eficiência desejado.

Estes resultados são relevantes sinalizar pontos a serem observados para a mudança das práticas de gestão das propriedades. Neste contexto, para um conjunto de atividades rotineiras de processo, algumas estratégias podem ser adotadas nas unidades piscícolas para contribuição na redução de custos operacionais, dentre as quais a capacitação e melhor aproveitamento de mão de obra nas etapas de cultivo de engorda de tilápias e melhor aproveitamento da área de cultivo das propriedades em questão, de forma a otimizar a produção frente aos principais fatores de produção utilizados, dentre os quais terra e trabalho.

Já para o modelo com retornos variáveis de escala, para que as unidades ineficientes de Ilha Solteira possam fazer parte da fronteira, é necessário que se reduza em apenas 1,5% a utilização de tais recursos, assim como na região do médio Paranapanema. No tocante à eficiência média de escala, nota-se que há a possibilidade dos produtores de Ilha Solteira aumentarem suas escalas de produção em 18,3% (Tabela 4), bem como no médio Paranapanema, com maior expressividade (41,4%), considerando a otimização dos principais fatores de produção aplicados à atividade piscícola.

De acordo com Cooper, Seiford e Tone (2007), a ineficiência de escala se deve ao aumento ou à redução dos retornos de escala, o que pode ser determinado inspecionando a soma dos pesos de acordo com as especificações do modelo CCR. Se essa soma é igual a 1, a lei de retornos constantes de escala prevalece, mas, se a soma for inferior ou superior a 1,

respectivamente, retornos crescentes de escala e retornos decrescentes de escala prevalecem, considerando-se um modelo orientado a *inputs*, como o adotado na referida tese.

Tabela 4. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos variáveis de escala e de eficiência de escala da piscicultura, Ilha Solteira e Médio Paranapanema (Canoas I e II), 2017.

Estatísticas descritivas	Eficiência técnica		Eficiência de Escala	
	BCC (Ilha Solteira)	BCC (M.Paranapanema)	Ilha Solteira	M. Paranapanema
Mínimo	0,903	0,889	0,409	0,15
Máximo	1,000	1,000	1,000	1,000
Média	0,985	0,985	0,817	0,586
Desvio Padrão	0,034	0,036	0,190	0,373
Coef. Variação (%)	3,50	3,66	23,31	63,64

Fonte: dados da pesquisa.

Neste sentido, em média 70% das unidades piscícolas de Ilha Solteira e Médio Paranapanema apresentaram rendimentos crescentes de escala (após compilação dos dados em *software*), inferindo que necessitam de ajustes no sistema produtivo, de forma a manter-se as variáveis *input* consideradas. Nestas condições, as DMU's operam abaixo da escala ótima, necessitando expandir a produção, significando que a DMU pode aumentar a produção a custos decrescentes.

Já na região Nordeste do Brasil, no polo do Castanhão, a 250 km de Fortaleza, a cidade de Nova Jaguaribara foi a primeira do Estado a ser planejada com toda uma infraestrutura. A cidade nova recebeu os habitantes da “velha” Jaguaribara, devido à construção do Açude Castanhão, a maior obra hídrica do Estado do Ceará. Deve-se destacar que esta nova cidade surgiu no sertão semi-árido cearense com a proposta de assegurar uma melhor qualidade de vida para seus habitantes, incluindo-se a atividade de piscicultura. Entretanto, devido à seca que

se estendeu em grande parte da região do Nordeste neste ano, conforme a Figura 7, os dados foram extraídos da última safra da produção de tilápias.

Figura 7. Área do reservatório de Castanhão (Nova Jaguaribe/CE), prejudicada pela seca.



Fonte: dados da pesquisa.

Por outro lado, no bioma Caatinga, região Semiárida do Nordeste, encontra-se um dos maiores polos de tilapicultura do Brasil, o Polo do Submédio e Baixo São Francisco (SBSF), sendo formado pelas pisciculturas praticadas nos reservatórios hidrelétricos Itaparica, Moxotó e Xingó, área que compreende 12 municípios dos estados de Alagoas, Bahia e Pernambuco (Figura 8). Nesta região, a piscicultura em tanques-rede iniciou-se no município de Paulo Afonso (BA) e consolidou-se nos municípios vizinhos de Glória (BA), que apresenta a maior produção de tilápia do Brasil; e de Jatobá (PE), também com destaque na produção nacional. Considerando a experiência e a diversidade das formas de piscicultura presentes na região, a tilápia tem mantido o sustento de várias comunidades, caracterizando uma importância social, bem como prospecção à exportação do país.

Figura 8. Unidades piscícolas do polo do SBSF (BA/PE), 2017.



Fonte: dados da pesquisa.

Desta forma, as principais variáveis de estudo comparativas entre estas duas importantes regiões nordestinas encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Estatística descritiva das variáveis de estudo, Castanhão (Nova Jaguaribe) e SBSF (Paulo Afonso/Glória/Jatobá), 2017.

Variáveis	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Castanhão					
Tamanho (I1)	ha	1,68	1,35	0,125	4
Custo (I2)	R\$/kg	5,25	0,70	4,00	6,00
Salário (I3)	R\$/mês	1.037,50	106,06	900,00	1.200,00
Produtividade (O1)	t/ciclo	306,5	343,69	12	840
SBSF					
Tamanho (I1)	ha	2,26	3,17	0,65	11
Nº pessoas (I2)	Nº	10,6	3,09	6	17
Custo (I3)	R\$/kg	4,42	0,43	3,60	5,00
Salário (I4)	R\$/mês	1.297,80	433,32	937,00	1.800,00
Produtividade (O1)	t/ciclo	54	73,94	12	240

* em particular para a região do Castanhão, devido à amostragem limitada de produtores, optou-se trabalhar com apenas 4 variáveis, de forma a validar a técnica DEA.

Fonte: dados da pesquisa.

Destaca-se que de maneira geral, a região do SBSF, embora com uma produtividade bem menos expressiva em relação à região do Castanhão. Entretanto, por questões relacionadas à organização produtiva, acompanhada de assessoria de engenheiros de pesca e até pela igreja católica no município vizinho de Jatobá/PE, procura otimizar o sistema produtivo, perfazendo em média uma redução de 15% nos custos de produção, bem como uma projeção de aumento médio de 25% para o salário pago na região, o que não se justifica uma melhor eficiência no processo de produção.

Assim, de acordo com a Tabela 6, o polo do Castanhão necessita reduzir em média 57% do conjunto de *inputs*, de forma a potencializar a produção, assim como o SBSF reduzir em 59% respectivamente.

Entretanto vale reforçar que a região do Castanhão, conforme a divisão em níveis de eficiência, obteve 25% de suas unidades eficientes, sendo estas com nível de eficiência igual a um, caracterizando pares de excelência para as demais unidades da região; e a região do SBSF apresentou 20% das unidades piscícolas com níveis de eficiência superiores a 80%, sendo 10% da amostragem caracterizadas como *benchmark* para as demais unidades de análise.

Tabela 6. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos constantes, Castanhão (Nova Jaguaribe) e SBSF (Paulo Afonso/Glória/Jatobá), 2017.

Estatísticas descritivas	Eficiência técnica	
	Castanhão	SBSF
	CCR	
Mínimo	0,112	0,125
Máximo	1,000	1,000
Média	0,429	0,411
Desvio Padrão	0,367	0,311
Coefficiente de Variação (%)	85,5	75,87

Fonte: dados da pesquisa.

Para avaliar a eficiência de acordo com os retornos variáveis de escala (Tabela 7), é necessário que se reduza em 7% a utilização dos insumos para o Castanhão, bem como em apenas 0,7% para a região do SBSF. No tocante à eficiência média de escala, nota-se que há a possibilidade dos produtores de ambas regiões aumentarem a escala produtiva média em 57%, inferindo que as unidades piscícolas da região operam abaixo da escala ótima, ou seja, conseguem expandir a produção, dado o conjunto de variáveis *inputs* consideradas.

Com especificidade à região do Castanhão, 75% das unidades (DMU's) apresentaram escala crescente, de tal forma que poderiam melhor aproveitar os fatores de produção. Entretanto, com a seca que atingiu grande parte do sertão, reduziu consideravelmente o volume do reservatório, fazendo com que muitos produtores migrassem para outras regiões de cultivo.

Segundo dados da pesquisa abordados *in loco* na ADECE (Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará), para a região do Castanhão o reservatório em condições normais opera com 50% de sua capacidade, atualmente limitada em aproximadamente 6%, o que os torna a atividade insustentável, destacando que em 2013 o Ceará caracterizou como terceiro maior produtor do Brasil em seus 6 polos divididos em 55 municípios, dentre os quais o de Castanhão, com grande expressividade na produção.

Já com relação à região do SBSF, 90% das unidades apresentaram retorno crescente, reforçando que os municípios pertencentes à região de Paulo Afonso, como Glória e Jatobá, necessitam aumentar seus níveis de eficiência por meio de maiores investimentos nos fatores de produção, reforçados por órgãos institucionais como a Bahia Pesca e a UNEB (Universidade do Estado da Bahia), de forma a melhor capacitar no tocante à gestão da atividade – muito limitada - que representa um potencial econômico nesta região, não limitada pelo volume de água contido nos reservatórios, dentre os quais Itaparica, Moxotó e Xingó, área que compreende os Estados de Alagoas, Bahia e Pernambuco.

Tabela 7. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos variáveis de escala e de eficiência de escala da piscicultura, Castanhão (Nova Jaguaribe) e SBSF (Paulo Afonso/Glória/Jatobá), 2017.

Estatísticas descritivas	Eficiência técnica		Eficiência de Escala	
	BCC (Castanhão)	BCC (SBSF)	Castanhão	SBSF
Mínimo	0,762	0,937	0,123	0,125
Máximo	1,000	1,000	1,000	1,000
Média	0,931	0,993	0,446	0,411
Desvio Padrão	0,091	0,019	0,357	0,310
Coef. Variação (%)	9,71	2,01	80,08	75,48

Fonte: dados da pesquisa.

Neste sentido, vale reforçar ainda que o polo do SBSF possui uma das melhores margens de comercialização, com índices de lucratividade superiores a 30% por quilo de tilápia, o que propicia melhores incentivos para a ampliação da produção na região, sobretudo para o município de Glória/BA.

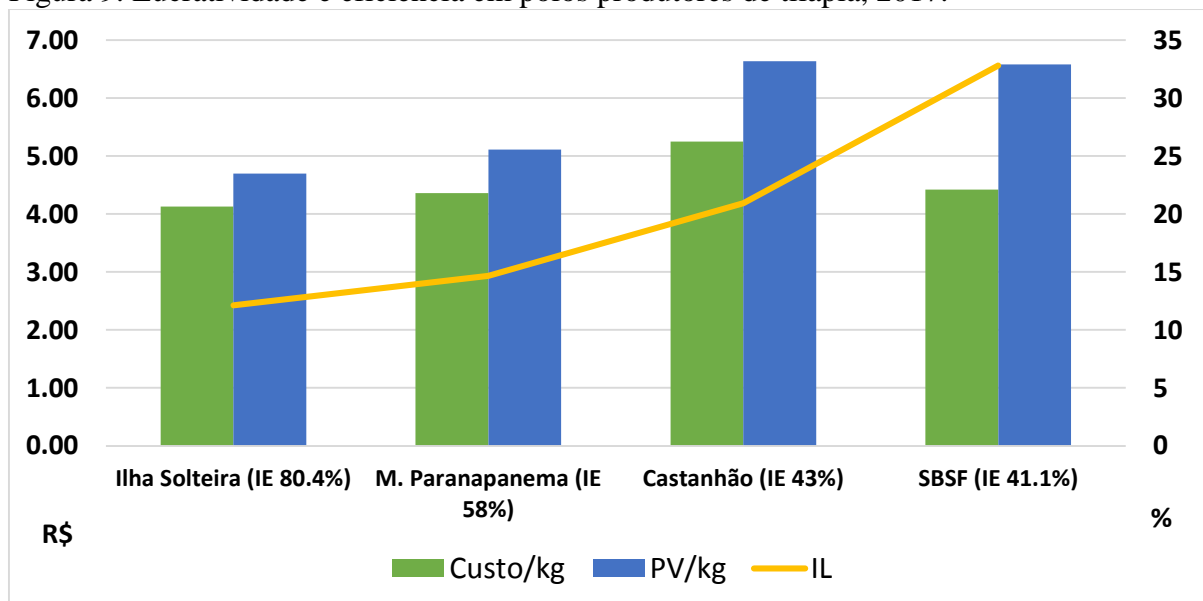
Para melhor compreensão do conceito de eficiência, no que se refere ao desempenho em todas as etapas de um ciclo de uma unidade produtiva, o produtor deve entender que uma unidade com maior produtividade (produção/área) não representa necessariamente uma melhor eficiência. Eficiência se traduz em produzir mais com menos. É de interesse do produtor obter o maior rendimento dos recursos que utiliza. Ainda que seja o mais eficiente, cabe a ele buscar quais as melhorias que ainda podem ser realizadas ou saber como pode se superar. Esse é um ponto crucial na busca pela melhoria contínua. Desta forma, tem-se como base a mão de obra como um importante indicador, devido a necessidade da utilização intensiva de colaboradores para a produção de tilápias.

Em pesquisas realizadas em Ilha Solteira/SP, avaliou-se o custo da mão de obra por meio da relação entre o salário (R\$/mês) e produção (t/mês), ou seja, R\$/t. Assim, produtores menos eficientes obtiveram uma redução de 64% da produção em relação às unidades produtivas

com maior índice de eficiência, aliado a um custo de R\$47,05/t (gastos com mão de obra por tonelada produzida), comparado aos produtores mais eficientes (R\$19,89/t), reforçando a necessidade de minimizar os custos referentes ao fator trabalho. Vale destacar que a adequação do manejo alimentar contribui para melhorar a conversão alimentar e a assimilação dos nutrientes pelos peixes, reduzindo os desperdícios de ração e diminuindo os impactos negativos das sobras de ração sobre a qualidade da água, ressaltando que a ração contribui com maior expressividade aos custos de quem produz (SABBAG, 2018).

Sob a ótica econômica, nem sempre a rentabilidade também representa a melhor eficiência. Na Figura 9, inicialmente o índice de lucratividade (IL) para alguns polos de produção de tilápia pesquisados no país variou entre 13 e 32%, com maior destaque ao polo do Submédio e Baixo São Francisco (SBSF), devido à maior amplitude entre o preço ofertado (preço de venda/quilo) e os respectivos custos de produção. Particularmente, a tilapicultura do SBSF encontrava-se em plena expansão em 2017, com a inserção de novos projetos aplicados ao setor e pelo aumento da produção dos já existentes, reforçando em um dos melhores índices de lucratividade dentre os polos (com margens superiores a R\$2,00/kg em junho de 2017).

Figura 9. Lucratividade e eficiência em polos produtores de tilápia, 2017.



Fonte: dados da pesquisa.

De outra forma, considerando que os preços de comercialização podem declinar a qualquer momento, por inúmeras razões de mercado, fatalmente haveria mudança no resultado econômico neste cenário apresentado. Em outras palavras, deve-se destacar que o produtor é um “tomador de preços” no mercado, ou seja, ele não define o preço do que é produzido em sua unidade, sendo este determinado pelo mercado comprador. Neste sentido, é mais conveniente otimizar o uso de seus recursos ou fatores de produção, tais como trabalho e capital, de forma a reduzir seus custos de produção, do que esperar uma melhoria nos preços da tilápia ofertada.

Segundo Araújo (2007), um dos maiores problemas no agronegócio encontra-se no escoamento da matéria-prima, pois, pela estrutura de mercado vigente, o produtor rural geralmente é tomador de preço, o que, por vezes, torna o seu negócio mal remunerado. Desta forma, torna-se necessário focar em uma boa comercialização, buscando meios de otimizar a relação comercial entre o produtor e o comprador.

Analisando os resultados apresentados na Figura 9, percebe-se que alguns pontos frágeis limitam o índice de eficiência (IE) no polo SBSF, relacionado a fatores macroambientais e incontrolláveis pelo gestor (como possibilidade de estiagens) e microambientais (baixa oferta de assistência técnica e manejo em propriedades), o que reflete no menor índice de eficiência obtido (41%). Por outro lado, o polo de Ilha Solteira, embora com retorno econômico não muito atraente, apontou uma eficiência de 80,4%. Mas o que isto efetivamente representa ao produtor?

Inicialmente, parece difícil compreender os diferentes níveis de eficiência, considerando que entre ambos os polos (SBSF e Ilha Solteira) existe uma lucratividade aproximada de 2,5 vezes maior, com uma eficiência 2 vezes menor, fato que talvez não desperte interesse num primeiro momento ao produtor, considerando o lucro econômico como objetivo principal de seu negócio, principalmente em condições favoráveis de comercialização, em que o preço de venda do polo de SBSF foi superior em 40% ao de Ilha Solteira.

Entretanto, nem sempre obter maior lucro é ser mais eficiente. Basta imaginar um cenário em que o Nordeste possa ter o preço pago ao produtor semelhante ao praticado na Região Centro Sul do país, podendo refletir em limitação na rentabilidade dos tilapicultores. Em um contexto geral, o estudo da eficiência reforça que os produtores eficientes são aqueles que conseguem produzir mais com uma menor quantidade de insumos em seu ambiente produtivo, independentemente dos resultados econômicos obtidos.

Em condições adversas de mercado em que os preços podem decrescer para venda do quilo vivo, necessitando com isso agregar valor à matéria prima (como a filetagem ou produção de outros tipos de corte da tilápia), como já observado em unidades pertencentes aos polos contidos na Região Sul e Sudeste, pode ser necessário aumentar a eficiência por meio de ganhos de escala e melhorias nos processos operacionais do setor, tornando a cadeia da tilápia mais estruturada, com destaque para o nível de capacitação dos produtores.

Já com relação ao capital investido, a introdução de algumas tecnologias para o sistema de cultivo, como mesa classificadora, contador automático e *software* de gerenciamento, refletem uma melhor eficiência para os polos considerados, no tocante à gestão da produção em suas diferentes etapas do processo produtivo.

A definição de bons processos relacionados à inserção tecnológica nas atividades organizacionais validam a eficácia e a eficiência das decisões adotadas. Neste sentido, é fundamental a revisão dos métodos e processos sempre que necessário, para minimizar desperdícios e consequente monitoramento do desempenho da empresa (SILVA; DRUMONT, 2004).

Vale lembrar que os produtores, visando ao lucro de sua atividade, não podem aguardar apenas aos melhores preços estabelecidos em cada mercado regional, os quais não possuem controle direto. Devem sim planejar e monitorar a otimização dos recursos em suas unidades

piscícolas, de forma a viabilizar o empreendimento, em um ambiente de riscos e incertezas característicos do setor agropecuário.

Já no Oeste do Paraná, que engloba os municípios de Toledo e de Cascavel, representa o maior Estado produtor de peixes, a qual a tilápia corresponde por 74% (PEIXE BR, 2016), sendo caracterizado como um dos principais polos produtores, no sistema de criação em tanques escavados, conforme Figura 10.

Figura 10. Unidades piscícolas do polo Oeste do Paraná, 2017.



Fonte: dados da pesquisa.

As principais variáveis de estudo comparativas entre estas duas importantes regiões se encontram na Tabela 8.

Destaca-se que a região oeste do Paraná possui inúmeros avanços tecnológicos para a criação superintensiva. Com a consolidação do Modelo EMATER de produção de Tilápias, a elevação da produtividade aliada ao uso crescente de tecnologias resultou em bons resultados econômicos nestes sistemas produtivos.

Neste sentido, observa-se que o custo de produção para a região foi inferior às demais regiões produtoras de tilápia, apresentando uma redução de 30% em relação à média dos demais polos abordados, bem como o salário apresentou um acréscimo em 27% comparativamente aos

polos, justificado pela melhor facilidade no manejo presente neste sistema de cultivo, o que refletiu a redução aproximada de 77% do número de pessoas trabalhando diretamente na atividade. Isto pressupõe melhores níveis de eficiência proporcionais à produtividade obtida.

Tabela 8. Estatística descritiva das variáveis de estudo, Oeste do Paraná, 2017.

Variáveis	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Tamanho (I1)	ha	2,10	1,28	0,80	5
Nº pessoas (I2)	Nº	1,72	0,90	1	4
Custo (I3)	R\$/kg	3,15	0,22	3,00	3,60
Salário (I4)	R\$/mês	1.681,82	876,15	1.000,00	4.000,00
Produtividade (O1)	t/ciclo	54,18	23,66	20	97

Fonte: dados da pesquisa.

Desta forma, a Tabela 9 expõe que o polo do Oeste do Paraná obteve o melhor escore de eficiência global (CCR), necessitando reduzir em apenas 14% a utilização intensiva das variáveis *input*, de forma a potencializar a produção, refletindo ainda que para o conjunto de unidades amostrais da região. Neste contexto, 36% das unidades obtiveram 100% de eficiência, sendo *benchmarks* para as demais, bem como 81% das unidades obtiveram níveis de eficiência superiores a 80%.

Pela avaliação do modelo BCC na teoria da convexidade à curva de fronteira, este não apresentou alguma variação, pressupondo-se assim aumentar a escala produtiva média na mesma magnitude, para que as unidades atinjam a escala ótima de produção.

Para as unidades com ineficiência de escala, 63,6% apresentaram retorno crescente, reforçando que os municípios pertencentes à região de Toledo e Cascavel necessitam aumentar seus níveis de eficiência, por meio de manejo adequado na qualidade da água residual dos

viveiros de cultivo, para evitar danos ao meio ambiente, bem como à capacitação orientada aos produtores, de forma a reduzirem os riscos da atividade.

Tabela 9. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos constantes, Oeste do Paraná, 2017.

Estatísticas descritivas	Eficiência técnica		Eficiência de Escala*
	CCR	BCC	
Mínimo	0,474	1,000	0,747
Máximo	1,000	1,000	1,000
Média	0,856	1,000	0,856
Desvio Padrão	0,182	-	0,182
Coef. Variação (%)	21,3	-	21,3

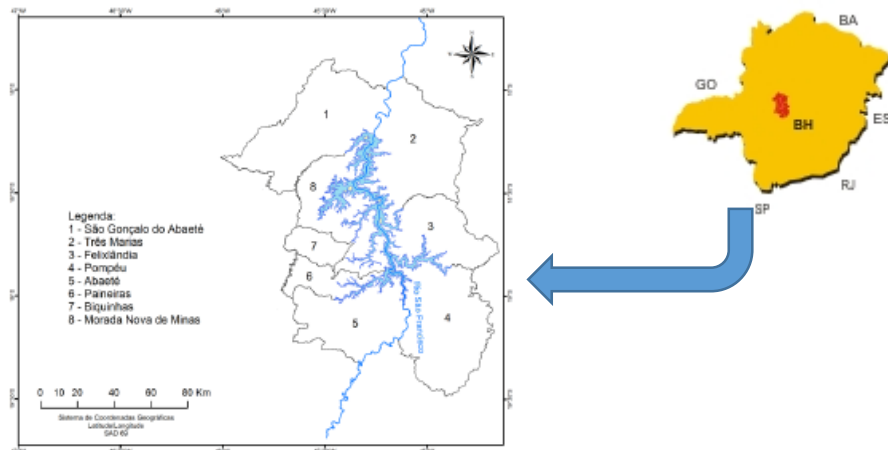
* Em função dos retornos variáveis de escala (BCC) não obterem variação em sua amplitude, a eficiência de escala = CCR.

Fonte: dados da pesquisa.

A piscicultura de Minas Gerais tem forte expressividade na produção de tilápias, representando mais de 95% do total de espécies produzidas em tanques-redes nos três principais reservatórios da União: represa de Três Marias, Furnas e região do Triângulo Mineiro (PEIXE BR, 2018), destacando um salto de 26,1% no período 2016-2017, passando de 23.000 toneladas para 29.000 toneladas.

Mais precisamente na região correspondente ao reservatório de Três Marias (Figura 11), existem oito municípios que margeiam o Reservatório, a ocupação do solo na região se dá em maior destaque com reflorestamento industrial com produção de carvão, agricultura irrigada com destaque ao sistema de pivô central, pastagem de bovino leiteiro e de corte, pesca artesanal, pesca profissional e piscicultura (CODEVASF, 2017).

Figura 11. Localização do reservatório Três Marias/MG.



Fonte: CODEVASF, 2017.

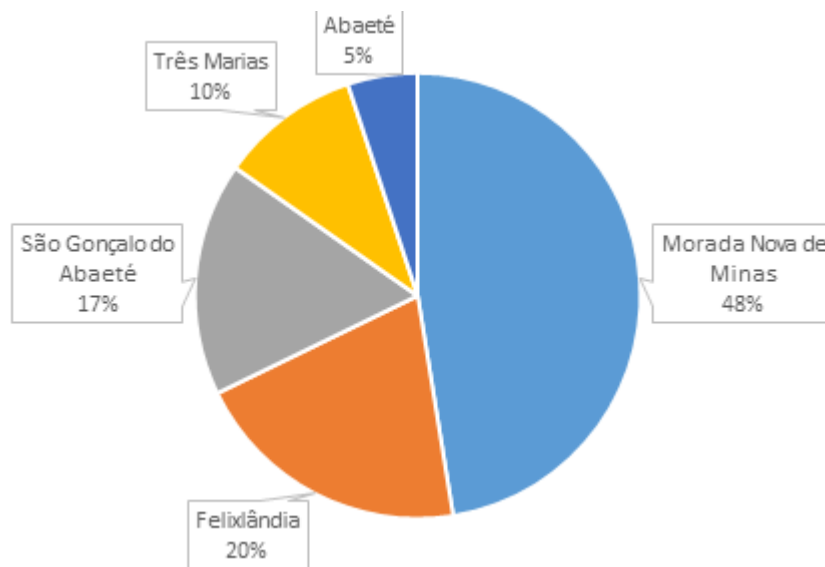
As pisciculturas (Figura 12) estão distribuídas em cinco municípios do entorno do Reservatório de Três Marias, com destaque para Morada Nova de Minas/MG, que em 2017 apresentou 48% das pisciculturas existentes na região (Figura 13). Destaca-se que a produção anual em 2017 para o referido município representou mais de 75% da produção total do Reservatório, ficando mais um ano à frente dos demais municípios.

Figura 12. Unidades piscícolas da região de Três Marias/MG, 2018.



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 13. Número de pisciculturas por município no reservatório de Três Marias/MG.



Fonte: CODEVASF, 2017.

As variáveis de estudo para a região de Três Marias/MG encontram-se na Tabela 10. A atividade da aquicultura na região do Reservatório, em particular a piscicultura de tilápia em tanques-rede, é uma atividade consolidada e com grande potencial de crescimento. Entretanto, o perfil dos piscicultores ainda é muito diversificado, existindo propriedades de vários portes, desde as grandes, com alta tecnologia empregada, até pequenas unidades, com produção praticamente artesanal.

Os resultados mostram que para tamanho de área tem-se uma média de 2,9 ha, variando entre 0,1 e 7 hectares, bem como uma amplitude de 5 colaboradores entre as unidades, inferindo que maiores áreas aliadas a um maior número de pessoas se associam a maiores produtividades, com amplitude de produção de até 10 vezes entre a mínima e a máxima produção entre as unidades piscícolas.

Tabela 10. Estatística descritiva das variáveis de estudo, Três Marias/MG, 2018.

Variáveis	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Tamanho (I1)	ha	2,85	2,13	0,1	7
Nº pessoas (I2)	Nº	5	2,34	3	8
Custo (I3)	R\$/kg	4,35	0,28	3,90	4,80
Salário (I4)	R\$/mês	1.693,33	170,51	1.400,00	2.000,00
Produtividade (O1)	t/ciclo	30,55	17,11	6	60

Fonte: dados da pesquisa.

Desta forma, na Tabela 11 é possível inferir que os produtores da região de Três Marias/MG necessitam reduzir em média apenas 15,8% a utilização intensiva de seu conjunto de insumos, de forma a potencializar a produção, para o modelo CCR (constante de escala).

Tabela 11. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos constantes, Três Marias/MG, 2018.

Estatísticas descritivas	Eficiência técnica		Eficiência de escala*
	CCR	BCC	
Mínimo	0,230	1,000	0,230
Máximo	1,000	1,000	1,000
Média	0,842	1,000	0,842
Desvio Padrão	0,270	-	0,270
Coef. Variação (%)	32,07	-	32,07

* eficiência de escala = CCR, devido aos retornos variáveis de escala (BCC) não obterem variação em sua amplitude.

Fonte: dados da pesquisa.

De acordo com Kassai (2002), este modelo CCR permite uma avaliação objetiva da eficiência global e identifica as fontes e estimativas das ineficiências identificadas. Neste contexto, 66,7% das unidades obtiveram 100% de eficiência, sendo *benchmarks* (unidades

referenciais) para as demais. De forma geral, houve uma média de 84,2% de eficiência entre as unidades piscícolas.

De acordo com Gomes, Soares de Mello e Biondi (2003), indicadores como mão de obra e área de cultivo, sendo trabalhados de maneira otimizada, apresentam redução de custos no ciclo produtivo. Destaca-se que o modelo CCR admite a possibilidade de retornos constantes de escala, ou seja, se uma unidade avaliada aumentar os recursos em um dado nível, sua produção deverá aumentar na mesma proporção, assim como, se esta unidade diminuir os recursos, sua produção deverá reduzir na mesma proporção.

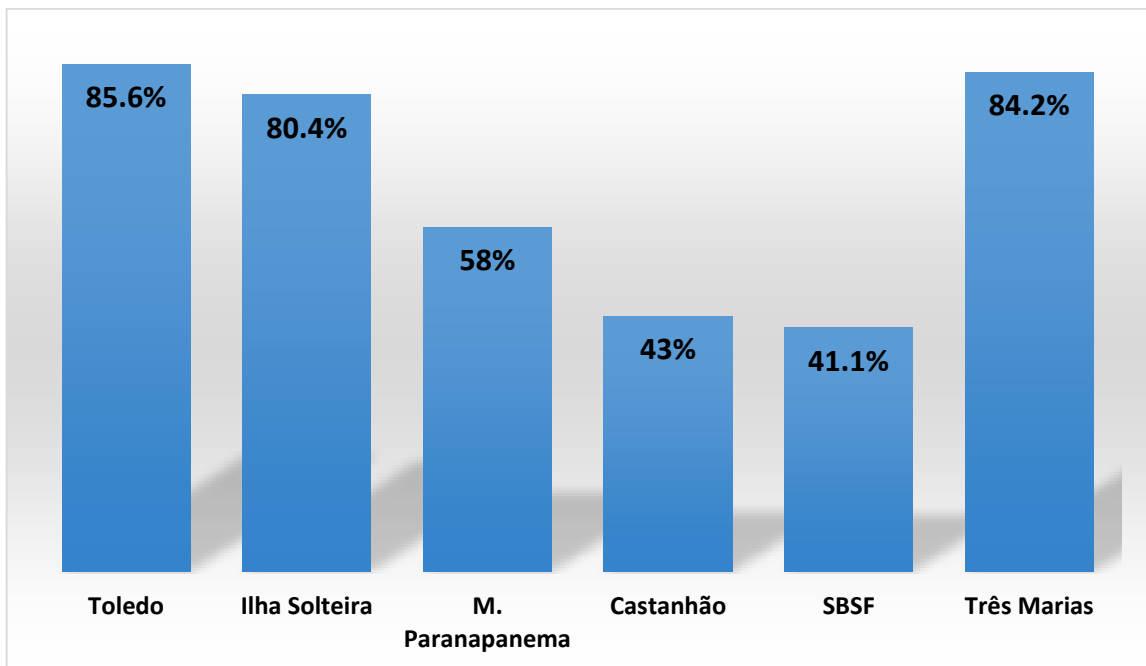
Já em relação ao modelo BCC na teoria da convexidade à curva de fronteira, este não apresentou alguma variação para o presente estudo, pressupondo-se assim aumentar a escala produtiva média na mesma magnitude, para que as unidades atinjam a escala ótima de produção.

Nesta região de estudo, o sistema utilizado é o intensivo em tanques-rede, reforçando que de forma proporcional à utilização dos insumos, existe uma boa escala média de produção, em 84%. Por outro lado, as unidades com ineficiência de escala necessitam aumentar seus níveis de eficiência, por meio de manejo adequado no sistema produtivo, bem como à capacitação direcionada aos piscicultores, de forma a reduzirem os riscos da atividade.

Neste sentido, a compilação dos dados em *software* indicou que há uma predominância de retornos crescentes de escala para 33,3% das unidades piscícolas, evidenciando que dado o conjunto de insumos utilizados no ciclo, podem expandir a produção obtida, limitada em 60 t/ciclo, para uma média de 30,5 toneladas entre as propriedades consideradas.

Finalmente, existem algumas especificidades que diferem a eficiência média global entre os polos estudados (Figura 14), que estão brevemente descritos em sequência.

Figura 14. Escores de eficiência global dos principais polos de tilápia, 2018.



Fonte: dados da pesquisa.

Na região Oeste do Paraná, apontada como maior índice geral de eficiência entre os polos produtivos, os quais abrangem os municípios de Toledo, Cascavel e Maripá, o sistema utilizado é o intensivo em viveiros escavados, o que propicia um maior adensamento de exemplares (peixes) por hectare, reforçando que de forma proporcional à utilização dos insumos, existe uma boa escala de produção. Ainda assim, existem representantes de alevinos e de ração, destacando ser uma região com maior número de fábricas de ração, o que reduz o custo de produção/kg produzido.

Convém destacar que no sistema de tanques escavados, a tecnologia de aeração propicia uma elevação das densidades de cultivo, além de poder inserir tela antipássaros, com a principal finalidade de reduzir as perdas na fase de recria (CNA, 2015).

Vale destacar que a demanda por mais frigoríficos gerou uma ação da prefeitura de Toledo que preparou uma área para a instalação de um “Parque frigorífico para peixes”, com capacidade de instalação de até cinco empresas e total de abate de 25 toneladas/dia. Este fato

reforçou o grau de organização e apoio setorial tanto da iniciativa privada quanto pública, bem como a qualidade das estradas rurais, asfaltadas em parceria entre a prefeitura e os proprietários rurais. Em geral, o grau tecnológico na produção varia entre os produtores, nos quais os cooperados seguem o padrão do integrado e, geralmente, são mais tecnificados.

Por outro lado, o reservatório de Ilha Solteira, que atua diretamente no sistema de tanques-redes obteve o maior índice geral, o qual a cadeia da tilápia está razoavelmente bem estruturada na região. No geral, os produtores têm dois principais mercados: frigoríficos locais e intermediários.

Ainda assim, piscicultores da região possuem certa dificuldade na ampliação de sua produção ou até mesmo na prospecção de novos empreendedores, em função do licenciamento, gerenciamento da água do reservatório e financiamento, que caracterizam como maiores demandas do setor.

Alguns pontos merecem destaque, dentre os quais o nível de capacitação entre os produtores e a introdução de algumas tecnologias para o sistema de cultivo, dentre elas: mesa classificadora, contador automático e com *software* de gerenciamento.

Ainda em São Paulo, a região do Médio Paranapanema, com maior especificidade aos reservatórios Canoas I e II, obteve uma eficiência aproximada em 60%, limitada por inúmeros fatores, dentre os quais dificuldades de acesso às estradas para fluxo de comercialização, dificuldade em obtenção do crédito, burocracia, dentre outros.

Já para a região do Nordeste, com uma média de 42%, cabem alguns destaques, dentre eles: a região do Castanhão, que além da condição crítica no nível da água, é considerado o maior açude de uso múltiplo da América Latina e com o sucesso da atividade, o parque aquícola chegou a seu limite de capacidade produtiva. Entretanto, a sustentabilidade da produção deste açude passa pela necessidade de um reordenamento emergencial (mortalidade de grande quantidade de peixe durante o gerenciamento de abertura das válvulas do açude), fez com que

vários produtores tomassem a decisão de mudar as suas produções para outras áreas do açude, aliado à baixa oferta de assistência técnica.

Por fim, a região do Submédio e Baixo São Francisco (SBSF), merece destaque com o município de Paulo Afonso, também considerado o centro econômico e educacional da região, com maior concentração de produção em Glória/BA e Jatobá/PE, pelo protagonismo das associações de piscicultores.

Segundo Ribeiro et al. (2015), o segundo polo mais importante da tilapicultura do nordeste está localizado no submédio e baixo São Francisco, em que alguns municípios integrantes, como Paulo Afonso/BA e Piranhas/AL foram responsáveis por 26% da produção de tilápias no nordeste.

A tilapicultura do SBSF encontra-se em plena expansão, o que pode ser visualizado pela implantação dos novos projetos e pelo aumento da produção de outros já existentes, reforçando um dos melhores índices de lucratividade entre os polos, o que não justifica a melhor eficiência técnica. Os pontos frágeis da piscicultura do SBSF limitam-se à comercialização informal, a falta de unidades de beneficiamento para o pescado dos pequenos e médios produtores, além dos longos períodos de estiagens.

Já com relação à região contida no reservatório de Três Marias/MG, apontada como um elevado índice de eficiência como em Ilha Solteira e no Oeste do Paraná, a piscicultura de tilápia em tanques-rede é uma atividade consolidada e com grande potencial de crescimento (CODEVASF, 2017), destacando que houve um crescimento altamente significativo na produção anual em relação ao ano de 2016 na ordem de 42,2%, o que indica que mesmo com a diminuição do número de unidades produtivas, as que existem estão investindo no aumento da produção, o que gera uma boa perspectiva para os próximos anos.

Nesta perspectiva, a competição no segmento tem pressionado as empresas a buscarem mais eficiência nas suas operações e processos, em que muitas unidades produtivas exploram e

implantam sistemas de produção com resultados mais satisfatórios sob a ótica de qualidade, tempo, custos e inovação (ANTUNES, 2008).

Como última etapa do referido capítulo da tese, algumas razões para a ineficiência e os produtores cujas práticas podem servir de referência para os ineficientes, fez-se uso do modelo econométrico Tobit (FETHI; JACKSON; WEYMAN-JONES, 2000). Neste sentido, faz-se uso da regressão Tobit como a melhor alternativa para o segundo estágio do DEA, modelo este proposto por Tobin (1958) e constitui uma das principais abordagens para tratamento de dados censurados.

Destaca-se que a análise de segundo estágio pode ser útil para auxiliar na tomada de decisões gerenciais das DMU's, uma vez que se sabe quais os fatores que influenciam negativamente a produtividade, podendo-se planejar diretrizes capazes de minimizar seus impactos.

Desta forma, com o propósito de testar estatisticamente os efeitos de algumas variáveis que podem influenciar a eficiência dos piscicultores da região Noroeste Paulista e Médio Paranapanema, a Tabela 12 apresenta a estimação do modelo Tobit. De acordo com Ferreira (2005), este modelo é utilizado nos casos em que a variável dependente (no caso a eficiência obtida pelo modelo CCR) está compreendida entre certos valores ou concentrada em pontos iguais a um valor-limite.

Inicialmente, tem-se que duas variáveis consideradas no modelo não se mostraram estatisticamente significantes, dentre elas a experiência na atividade, que em média foi de nove anos; e a capacitação, de forma contínua e/ou compartilhada entre os produtores eficientes e ineficientes, não sendo, portanto, fatores determinantes para explicar a eficiência dos piscicultores; da mesma forma, as variáveis experiência, organização coletiva, assistência técnica e tecnologia para a região do médio Paranapanema.

Tabela 12. Resultados do modelo Tobit aplicados às variáveis explicativas de eficiência das unidades piscícolas, Ilha Solteira e Médio Paranapanema (Canoas I e II), 2017.

Variáveis	Coefficiente	Erro Padrão	Z
Ilha Solteira			
Experiência	-0.00921347 ^{ns}	0.0122029	-0.7550
Capacitação	0.0587206 ^{ns}	0.0872776	0.6728
Organização Coletiva	0.171462 ^{***}	0.0554789	3.0906
Endividamento	-0.282074 ^{***}	0.0583146	-4.8371
Assistência Técnica	0.205188 ^{***}	0.0622284	3.2973
Tecnologia	0.126692 ^{***}	0.0400002	3.1673
Constante	0.0588581	0.1620560	0.3632
Médio Paranapanema			
Experiência	-0.0184007 ^{ns}	0.0280582	-0.6558
Organização Coletiva	-0.15789 ^{ns}	0.188161	-0.8391
Endividamento	-0.464128 ^{**}	0.211702	-2.1924
Assistência Técnica	0.380406 ^{ns}	0.254393	1.4953
Tecnologia	0.0740716 ^{ns}	0.0897519	0.8253
Constante	0.31638	0.477252	0.6629

Nota: ns – não significante; ** - significância a 5%; *** - significância a 10%

Fonte: dados da pesquisa.

Por outro lado, em Ilha Solteira, a variável organização coletiva foi significativa a 10%, inferindo que a quantidade de produtores que participam de associações e/ou cooperativas tendem a melhorar a eficiência em seus sistemas produtivos. Na referida pesquisa, 91% das unidades participam destas organizações, mas para fins políticos de legislação ambiental (representatividade no setor).

A variável endividamento, também apontada com 10% de significância para Ilha Solteira e 5% para o médio Paranapanema, influencia negativamente a eficiência, ou seja, pode estar relacionado ao fato de que alguns piscicultores buscam obtenção de crédito e financiamento para investimento ou custeio de sua produção e que o fator capital possa estar

empregado de maneira errônea, acarretando em possível inadimplência, ou ainda limitados à crédito, por questões burocráticas de formalização junto ao órgão bancário. Destaca-se que as unidades que foram 100% eficientes não possuíam nenhuma forma de endividamento da atividade.

Com relação à variável assistência técnica, esta reflete de positivamente na eficiência do sistema de produção, destacando que na presente pesquisa, para todas as unidades obtidas no polo de Ilha Solteira como eficientes, recebem alguma forma de acompanhamento na atividade produtiva.

Finalmente, a tecnologia é uma variável imprescindível para melhorar o nível de eficiência, ressaltando que todas as unidades abordadas possuem entre 4 e 6 tecnologias disponíveis no cultivo, dentre as quais biometria, análise de água, uso de vacinas, dentre outros.

Já na região da barragem de Castanhão/CE, esta propiciou benefícios (CEARÁ, 2005), dentre os quais a produção de 3.800 toneladas/ano de pescado e a formação de um polo turístico. Neste sentido, com relação aos projetos de piscicultura implantados na região, houve um incremento dos arranjos produtivos locais, garantia da segurança alimentar com o fornecimento de proteínas de alto valor biológico e promoção da inclusão social e da territorialização, por meio da oferta de emprego e de renda.

Por outro lado, devem-se considerar os riscos potenciais associados ao desenvolvimento da atividade, tais como a degradação ambiental através do aumento da matéria orgânica nos açudes devido ao excesso de ração e excrementos decorrente da elevada densidade de estocagem, levando a diminuição da capacidade de suporte do sistema, eutrofização, diminuição do oxigênio dissolvido e mortalidade de peixes, dentre outros fatores associados, como a seca. Com a estiagem na região, a insegurança produtiva faz com que os produtores comecem a buscar não apenas soluções nos planos emergenciais, mas também outras áreas de cultivo, tais como Pernambuco, Bahia e Piauí.

Com base nestes aspectos, os açudes no semiárido podem ser considerados como uma de suas grandes riquezas; entretanto, estas são muitas vezes desprezadas por falta de políticas públicas adequadas e de tecnologias apropriadas para a implantação de sistemas produtivos compatíveis com a disponibilidade de recursos locais (NASCIMENTO, 2007).

A variável experiência positiva, embora não significativa, tem seu reflexo direto na eficiência (Tabela 13). Segundo Souza (2010), a Secretaria do Desenvolvimento Agrário (SDA), em parceria com o SEBRAE promoveu cursos de associativismo, empreendedorismo, gerenciamento e tecnologia de produção para algumas famílias participantes. Por outro lado, limitação orçamentária condizente à inserção tecnológica no sistema de cultivo relacionada à capacitação (ambas variáveis que podem influenciar negativamente o nível de eficiência) afastou a produção da região de maior concentração produtiva, evitando as consequências da baixa qualidade da água.

Tabela 13. Resultados do modelo Tobit aplicados às variáveis explicativas de eficiência das unidades piscícolas, Castanhão e SBSF, 2016.

Variáveis	Coefficiente	Erro Padrão	Z
Castanhão			
Experiência	0.0692585	0.0645614	1.0728
Capacitação	-0.516804	0.521564	-0.9909
Endividamento	0.39934*	0.213026	1.8746
Tecnologia	-0.026843	0.0916463	-0.2929
Constante	-0.080348	0.301991	-0.2661
SBSF			
Experiência	-0.0439289*	0.0260282	-1.6877
Capacitação	0.77766**	0.348234	2.2332
Endividamento	-0.73667**	0.370731	-1.9871
Tecnologia	0.203375	0.184965	1.0995
Constante	-0.249213	0.75043	-0.3321

Nota: ns – não significante; * - significância 1%; ** - significância 5%

Fonte: dados da pesquisa.

Como consequência, o aumento no preço da ração passou a representar 70% dos custos de produção e teve como consequência uma redução dos ganhos e o aumento da inadimplência (nível de endividamento, dada como variável significativa a 1%) de alguns piscicultores que não puderam arcar com o pagamento do financiamento. A inadimplência de alguns piscicultores gerou um clima de desconfiança entre os demais associados, agravada por denúncias de desvios do recurso de capital que deveriam ser empregados na produção, mas foram utilizados na aquisição de bens de uso pessoal (BRAZ, 2011).

Já no polo do SBSF, as variáveis experiência e nível de endividamento foram significativas, influenciadas sobretudo pela comercialização informal e da ausência de unidades de beneficiamento para o pescado, com possibilidades de redução do nível de eficiência entre os piscicultores. Por outro lado, a capacitação mostrou significativa e positiva, resultante não somente pela produção e número de produtores consolidados, mas também pela inserção de empresas do setor na região, bem como facilidade para aquisição de insumos e do escoamento da produção (RIBEIRO et al., 2015).

Neste contexto, observa-se que os sistemas produtivos da região do SBSF devem dar maior atenção à infraestrutura relacionada ao fator trabalho, assim como o desempenho comparativo entre unidades piscícolas contribui para otimizar o uso dos recursos, tornando o processo produtivo mais eficiente para a produção de tilápias.

Com relação às unidades piscícolas da região oeste do Paraná, a maior parte das variáveis consideradas no modelo não se mostraram estatisticamente significantes (Tabela 14), dentre elas a experiência na atividade, que em média foi de 15 anos; assistência técnica, de forma contínua e/ou compartilhada entre os produtores eficientes e ineficientes; tecnologia de produção, relacionada não somente à infraestrutura, mas também às boas condições de acesso às propriedades (asfalto), não sendo, portanto, fatores mais expressivos para explicar a eficiência dos piscicultores.

Tabela 14. Resultados do modelo Tobit aplicados às variáveis explicativas de eficiência das unidades piscícolas, Oeste do Paraná, 2017.

Variáveis	Coefficiente	Erro Padrão	Z
Experiência	0.00212323 ^{ns}	0.00478308	0.4439
Organização Coletiva	-0.036722 ^{***}	0.120818	-0.3039
Endividamento	0.0988896 ^{ns}	0.144783	0.6830
Assistência Técnica	-0.0806417 ^{ns}	0.151096	-0.5337
Tecnologia	-0.0439955 ^{ns}	0.140122	-0.3140
Constante	1.02846	0.728982	1.4108

Nota: ns – não significante; *** - significância a 10%

Fonte: dados da pesquisa.

Entretanto, as variáveis experiência e nível de endividamento mostraram se positivas, destacando-se que os anos de trabalho na piscicultura e ausência de dívidas são fatores contributivos à melhoria da eficiência; já a ausência de assistência (acompanhamento na atividade) e a limitação de tecnologias disponíveis, como uso de *software* ou comedouros automáticos, podem reduzir o grau de eficiência.

Por outro lado, a variável organização coletiva foi significativa e negativa a 10%, inferindo que a não participação em arranjos organizacionais como associações e/ou cooperativas tendem a limitar a eficiência em seus sistemas produtivos. Das unidades abordadas, 55% participam destas organizações, especificamente com objetivos de obter avanços e melhorias na atividade, sobretudo em função de apresentar um mercado aquecido no estado, com aumento de frigoríficos compradores.

Segundo Hein e Ziliotto (2017), foi criada a Associação do Aquicultores de Maripá (AQUIMAP), que reflete o espírito de luta e união que permeia em todos que buscam cada vez mais alcançar melhores resultados em sua criação de tilápia. Além disso, buscam a participação em eventos, o que os auxilia nas decisões de aplicarem o conhecimento em suas propriedades.

Vale destacar que a demanda por mais frigoríficos gerou uma ação da prefeitura de Toledo/PR, que preparou uma área para a instalação de um parque frigorífico para peixes, com capacidade de instalação de até cinco empresas e total de abate de 25 t/dia. Este fato reforça cada vez mais o grau de organização e apoio setorial tanto da iniciativa privada quanto pública, bem como a qualidade das estradas rurais, asfaltadas em parceria entre a prefeitura e os proprietários rurais.

Por fim, com o propósito de testar estatisticamente os efeitos de algumas variáveis que podem influenciar a eficiência dos piscicultores da região de Três Marias/MG, na Tabela 15 observa-se que a maior parte das variáveis consideradas no modelo mostraram-se estatisticamente significativas. Avaliando-se a experiência média para a região em torno de 5 anos com até 12 anos na atividade, pressupõe-se que maior tempo na atividade propicia melhoria no conhecimento do ambiente produtivo. Da mesma forma, no tocante à capacitação, Olinger (2010) infere que os processos educativos, mediante a troca permanente de informações entre profissionais e produtores, constituem em verdadeiro intercâmbio de culturas e devem ser parte integrante e indissociável da extensão rural.

Tabela 15. Resultados do modelo Tobit aplicados às variáveis explicativas de eficiência das unidades piscícolas, Três Marias/MG, 2018.

Variáveis	Coefficiente	Erro Padrão	Z
Experiência	0.0213797**	0.0107706	1.9850
Capacitação	-0.79138***	0.0131583	-60.1428
Organização Coletiva	-0.325149***	0.0718129	-4.5277
Endividamento	0.322779***	0.0824788	3.9135
Assistência	0.248538***	0.0907788	2.7378
Tecnologia	0.0347419 ^{ns}	0.069437	0.5003
Constante	0.863705***	0.200075	4.3169

Nota: ns – não significante; *** - significância a 10%, ** - significância a 5%

Fonte: dados da pesquisa.

A variável organização coletiva foi significativa e negativa a 10%, inferindo que a não participação em arranjos organizacionais como associações e/ou cooperativas tendem a limitar a eficiência em seus sistemas produtivos. Vale destacar que no município de Morada Nova de Minas/MG existe uma cooperativa (COOPEIXE) com 45 participantes, com objetivos de obter avanços e melhorias na atividade, e que processa 3 t/dia para diferentes praças de comercialização, dentre as quais Belo Horizonte/MG, Sete Lagoas/MG e Brasília/DF.

Entretanto, as variáveis assistência técnica e nível de endividamento mostraram se nível de significância positivas, destacando-se que o acompanhamento na atividade por técnicos e ausência de dívidas são fatores contributivos à melhoria da eficiência. Por outro lado, a tecnologia mesmo não sendo significativa, pelo fato dos produtores abordados possuírem a disponibilidade de alguns equipamentos em seus sistemas de cultivo, reflete em si para uma melhoria do fator produtividade na tilapicultura.

A empresa de assistência técnica e extensão rural do Estado de Minas Gerais atende aos piscicultores do entorno do reservatório de Três Marias/MG, encaminhando aos mesmos a devida orientação dos técnicos da empresa. Neste sentido, o apoio vai desde os trabalhos de legalização da atividade até assistência técnica e orientação na parte de produção para produtores individualizados, familiares e organizados, através de associações (EMATER, 2015).

Vale reforçar que a aquicultura na região do Reservatório de Três Marias é uma atividade consolidada e com grande potencial de crescimento. Observa-se um crescimento altamente significativo na produção anual em relação ao ano de 2016 comparativamente a 2017 na ordem de 42,2%, o que indica que mesmo com a diminuição do número de pisciculturas, as que existem atualmente estão investindo fortemente no aumento da produção, com boas prospecções para os próximos anos (CODEVASF, 2017).

Ainda assim, com o propósito de explicar algumas relações que determinam a eficiência geral dos polos abordados na pesquisa, a partir de uma posterior análise de eficiência das unidades que foram *benchmark* para cada polo individualmente analisado, observou-se uma média de 56% de eficiência global na tilapicultura brasileira (considerando os principais polos produtores de tilápia), representando 20% de unidades piscícolas eficientes e com alto nível de eficiência para 35% das DMU's (com valores acima de 0,80), conforme discriminado por Oliveira (2012).

Neste sentido, os indicadores econômicos permitem observar o melhor desempenho dos produtores eficientes, conforme Tabela 16. Assim sendo, constata-se uma otimização de área produtiva (em hectares) em 32%, bem como uma redução média de 67% trabalhadores no ambiente produtivo e um custo de produção inferior em aproximadamente 5% para as unidades eficientes, em detrimento das ineficientes. Da mesma forma, o salário tem uma ligeira média superior (4,29%) nas unidades piscícolas eficientes.

Tabela 16. Indicadores técnicos dos piscicultores dos principais polos de tilapicultura, 2018.

Variáveis	Unidade	Eficientes	Baixa Eficiência
Área	ha	2,9	4,3
Mão de obra (MO)	pessoas	4	12
Custo	R\$/Kg	4,09	4,28
Salário	R\$/mês	1.612,43	1.546,15
Produção	t	161	72
Produção/Área	t/ha	55,52	16,74
Produção/MO	t/pessoa	40,25	6,00

Fonte: dados da pesquisa.

Referências

- ALI, A. I., SEIFORD, L. M. The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis. In: FRIED, H. O., LOVELL, C. A. K., SCHIMIDT, S. S. (Orgs.). **The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Application**. New York: Oxford University Press, 1993. cap. 3, p. 120-159.
- ANTUNES, J. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008. 326 p.
- ARAÚJO, M. J. **Fundamentos de agronegócios**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- BANKER, R.D; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, 1984, p. 1078-1092.
- BELLONI, J. A. **Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidades Federais Brasileiras**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2000.
- BÊRNI, D. A. **Como fazer monografias: técnicas de pesquisa em economia**. São Paulo: Saraiva, 2002. p. 408.
- BRAZ, M. M. A. **Águas para o Ceará: experiências de trabalhadores a partir da construção do Complexo Castanhão**. 2011. 192f. Tese (Doutorado em Sociologia) – Programa de Pós-graduação em Sociologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- CARMO, H. M. O. **Análise envoltória de dados para avaliação da eficiência da avicultura familiar em Alagoas** / Hérmami Magalhães Olivense do Carmo. – 2012. 105 f.
- CEARÁ. SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano diretor para aproveitamento do açude Castanhão: Relatório Síntese**. 2005. Disponível em: <<http://www.ged.CEARÁ.ce.gov.br/alchemyweb/SearchPage.aspx>>. Acesso em: 16. Jun 2018.
- CHARNES, A., COOPER, W.W; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v.2, 1978, p.429-444.
- CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. Cadeia produtiva da Tilápia. **Ativos Aquicultura**, ano 1, jul. 2015. 3. ed. Disponível em: <<http://www.cnabrasil.org.br/boletins/ativos-aquicultura-cadeia-produtiva-da-tilapia-julho-2015>>. Acesso em: 20 Ago. 2018.
- CODEVASF. **Relatório sobre o censo aquícola do reservatório de Três Marias/MG**, 2017. 20 p.
- COELLI, T. J. **A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis program**. Armidale, Austrália: University of New England. 1996, 49 p. (CEPA Working Papers, 08/96).
- CONCEIÇÃO, J.C.P.R.; ARAÚJO, P.F.C. Fronteira de produção estocástica e eficiência técnica na agricultura. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 38, n. 1, 2000, p. 45-64.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software**. New York: Springer, 2007.

COTTRELL, A; LUCHETTI, R. **Gretl User's Guide**. 2013. Disponível em: <<http://ricardo.ecn.wfu.edu/pub//gretl/manual/en/gretl-guide.pdf>>. Acesso em: 06 Jan 2016.

EMATER. **Sudoeste de Minas é polo de produção de tilápia**. 2015. Disponível em: <<https://g37.com.br/c/estadual/sudoeste-de-minas-e-polo-de-producao-de-tilapia>>. Acesso em: 22 Mai 2018.

FERREIRA, M. **Eficiência técnica e de escala de cooperativas e sociedade de capital na indústria de laticínios do Brasil**. 2005. Viçosa, MG: UFV, IMPRENSA Universitária. P. 49-57.

FETHI, M. D.; JACKSON, P. M.; WEYMAN-JONES, T. G. Measuring the Efficiency of European Airlines: An Application of DEA and *Tobit* Analysis. In: **Annual Meeting of the European Public Choice Society**, Siena, Italy, 2000. 32 p.

FONSECA, R. **Produzir leite, quanto custa?** 2002. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/seu-espaco/espaco-aberto/produzir-leite-quanto-custa-8471n.aspx>>. Acesso em: 30 Mar 2016.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 120p. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFGRS e pelo curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFGRS, Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2009.

GOMES, E. G.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; BIONDI, L. N. **Avaliação de Eficiência por Análise de Envoltória de Dados: conceitos, aplicações à agricultura e integração com sistemas de informação geográfica**. - Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. 39 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 28).

GOMES, E. G. E MANGABEIRA, J. A. C. Uso de Análise Envoltória de Dados em Agricultura: o caso de Holambra. **Engevista**. v. 6, n. 1, 2004, p. 19-27.

GOMES, A. P. **Impactos das transformações da produção de leite no número de produtores e requerimentos de mão de obra e capital**. 1999. 161 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

GREENE, W.H. **Econometric analysis**. 5. ed. Londres: Prentice-Hall, 2002.

HAYNES, K. E.; DINC, M. Data envelopment analysis. **Encyclopedia of Social Measurement**, v. 1, p. 609–616, 2005.

HEIN, G; ZILIOTTO, C.A. A tilapicultura no município de Maripá – PR: um exemplo de bons resultados, organização e profissionalismo na piscicultura. **Panorama da Aquicultura**, v. 27, n. 160, 2017, p. 32-35, 2017.

KASSAI, S. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 2002. 318 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LINS, M. P. E.; MOREIRA, M. C. B. Implementação com seleção de variáveis em modelos DEA. In: _____. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à decisão**. Rio de Janeiro: 2000.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, G. A. **Manual para elaboração de monografias e dissertações**. São Paulo: Atlas, 1994.

NASCIMENTO, S. C. O. **Avaliação da sustentabilidade do projeto de piscicultura curupati-peixe no açude Castanhão**. 2007. 127f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará. 2007.

OLINGER, G. **Extensão Rural**: definição, filosofia e princípios. Florianópolis: Secretaria de Estado da Agricultura do Estado de Santa Catarina, 2010, 5 p.

OLIVEIRA, R. D. **Análise da sustentabilidade do Assentamento Rural Eldorado II no município de Sidrolândia, MS**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional). Universidade Anhanguera – Uniderp, MS.

PEIXE BR. **Anuário estatístico da piscicultura**, 2016. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 102 p.

PEIXE BR. **Anuário brasileiro da piscicultura**. 2018. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 138 p.

RIBEIRO, M. R. F. et al. A piscicultura nos reservatórios hidrelétricos do Submédio e Baixo São Francisco, região semiárida do Nordeste do Brasil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 3, n. 1, 2015, p. 91-108.

RODRIGUES, M.H.S; SOUZA, M.P.; GONÇALVES, R.M.L; RIVA, F.R; SOUZA, D.B. **Análise de eficiência dos produtores de leite do município de Rolim de Moura no estado de Rondônia. Campo Grande/MS**. 48º Congresso da SOBER, 2010. Disponível em <<http://www.sober.org.br/palestra/15/949.pdf>>. Acesso em: 22 Abril 2013.

SABBAG, O. J. A tilapicultura brasileira está sendo eficiente em sua produção? **Panorama da Aquicultura**, v. 28, n. 165, 2018, p. 32-37.

SANTOS, V. F.; VIEIRA, W. C.; RUFINO, J. L. S.; LIMA, J. R. F. Análise da eficiência técnica de talhões de café irrigados e não-irrigados em Minas Gerais: 2004-2006. **Revista Economia e Sociologia Rural**. v.47, n.3, 2009, p. 677-698.

SILVA, I. L.; DRUMOND, R. B. **A Necessidade da Utilização de Sistema de Custos e de Indicadores de Desempenho na Administração Pública**. In: 4º Congresso da USP de Controladoria e Contabilidade, 2004. São Paulo: USP, 2004, p. 1 – 11.

SOUZA, M. A. **A piscicultura em tanques-rede como vetor do desenvolvimento local sustentável?** o caso do açude Castanhão - CE. 2010. 178f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

SURCO, D.F. **Desenvolvimento de uma ferramenta computacional para avaliação de eficiência técnica baseada em DEA.** 129 f. Dissertação (Mestrado em Métodos numéricos em engenharia). UFPR. Curitiba, 2004.

TOBIN, J. Estimation of relationships for limited dependent variables. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 24–36, 1958.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. C. T. Eficiência e Produtiva: conceitos e medição. **Agricultura em São Paulo**, SP, 45 (2): p. 39-51, 1998.

WÜNSCH, J. A. **Diagnóstico e tipificação de sistemas de produção e procedimento para ações de desenvolvimento regional.** 1995. 175 p. Dissertação (Mestrado) - Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- ✓ De forma geral, o estudo da eficiência para o grupo de empreendimentos de piscicultura para os diferentes polos produtivos em análise mostrou que os produtores eficientes são aqueles que conseguem produzir mais com uma menor quantidade de insumos em seu ambiente produtivo;
- ✓ Para a região Oeste do Paraná, caracterizada como polo produtor de tilápias em tanques escavados, apresentou melhor índice de eficiência global, sobretudo em função do melhor adensamento (tanques escavados), complementado por alguns fatores, dentre os quais logística de transporte, nível de capacitação e menores custos/kg;
- ✓ No sudeste, os sistemas produtivos das regiões do Estado de São Paulo devem dar maior atenção à aspectos de licenciamento ambiental e dificuldades na obtenção de crédito para expansão da tilapicultura, como variáveis de maior impacto na atividade em ambos os polos, tornando o processo produtivo mais eficiente, destacando-se Ilha Solteira com um bom escore de eficiência. Já na região de Três Marias/MG, é uma atividade consolidada e com grande potencial de crescimento, com absorção superior a 75% da produção total do Reservatório;
- ✓ No nordeste, a região do SBSF deve priorizar maior atenção à infraestrutura relacionada ao fator trabalho, assim como o desempenho comparativo entre unidades piscícolas contribui para otimizar o uso dos recursos, tornando o processo produtivo mais eficiente para a produção de tilápias. Já na região do Castanhão, apresenta limitações para a tilapicultura, como o baixo acompanhamento técnico nas propriedades, além da alta estiagem na região, fazendo com que os produtores busquem outras áreas de cultivo, dentre as quais PE, BA, PI e MA;

- ✓ No que tange às variáveis explicativas que podem afetar a eficiência dos piscicultores entre os principais polos produtores, algumas variáveis podem influenciar negativamente, dentre as quais: ausência de capacitação e organização coletiva, bem como endividamento da atividade; por outro lado, experiência na atividade, ausência de endividamento e assistência técnica representam variáveis de influência positiva para a atividade no tocante à eficiência produtiva;

- ✓ Pode-se afirmar que o desempenho comparativo entre unidades de produção contribui para melhorar o uso intensivo dos recursos, tornando o processo produtivo mais eficiente e sustentável. Desta maneira, prioriza-se ainda maior atenção aos piscicultores com relação a desperdícios com insumos no ciclo de produção, como os relacionados ao fator trabalho, variável de maior destaque que explica a ineficiência em grande parte das propriedades diagnosticadas. Assim, algumas estratégias podem ser adotadas para contribuição na redução de custos operacionais e conseqüente melhoria na eficiência (desempenho), dentre elas o investimento em capacitação de pessoas, com melhor aproveitamento da infraestrutura condizente à área de cultivo das propriedades em questão;

- ✓ Em tempo, a tilapicultura não pode ficar limitada a preços de mercado, necessitando ser mais eficiente em sua produção. O segmento consumidor tende a exigir novos produtos demandados, a atividade cresce e com a maior oferta, supostamente podem ocorrer cenários de redução de preços, que interferem na lucratividade. Vale destacar que o preço não é controlado por quem produz. Neste sentido, quem irá ganhar mais num futuro não muito distante é quem possuirá maior eficiência produtiva, gerando uma redução de seus custos e melhorando seus lucros em contratempos de mercado. Afinal, deve-se trabalhar de forma constante em um cenário competitivo e crescente para a tilapicultura nacional.

REFERÊNCIAS

- BARROSO, R. M. et al. **Diagnóstico da cadeia de valor da tilapicultura no Brasil**. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura. 2017b, 180p.
- BRUNETTA, M. R. **Avaliação da eficiência técnica e de produtividade usando análise por envoltória de dados: um estudo de caso aplicado a produtores de leite**. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 101p, 2004.
- EUCLIDES FILHO, K. **Produção de bovinos de corte e o trinômio genótipo – ambiente–mercado**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 61 p, 2000. (Documentos, 85).
- IBGE. **Projeção da População do Brasil 2019**. [Internet]. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 09 Jan. 2019.
- MACEDO, M. A. S. Indicadores de Desempenho: uma contribuição para o monitoramento estratégico através do uso de análise envoltória de dados (DEA). In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 7, São Paulo. **Anais... VII SIMPOI**. São Paulo: FGV-SP, 2004.
- MACEDO, M. A. S, M. STEFFANELLO E C. A. OLIVEIRA. Eficiência combinada dos fatores de produção: aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) à produção leiteira. **Revista Custos e Agronegócios on line**. v. 3, n. 2, 2007, p.59-86.
- PINDYCK, R. RUBINFELD, D. **Microeconomia**. 6ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. p. 641.
- SEGALA, C.Z.S.; SILVA, I.T. Apuração dos custos na produção de leite em uma propriedade rural do município de Irani/SC. **Custos e Agronegócios online**, v. 3, n. 1, Jan/Jun 2007.