

## CONDICIONANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA PISCICULTURA NA REGIÃO NOROESTE PAULISTA

Omar Jorge Sabbag<sup>1</sup>, Silvia Maria Almeida Lima Costa<sup>1</sup>, Renata Melon Barroso<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Docentes do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócioeconomia (DFTASE). – FEIS/UNESP- campus de Ilha Solteira. Área: Economia e Gestão do Agronegócio, e-mail: [sabbag@agr.feis.unesp.br](mailto:sabbag@agr.feis.unesp.br); [smalcost@agr.feis.unesp.br](mailto:smalcost@agr.feis.unesp.br)

<sup>2</sup> Médica Veterinária, doutora em Genética, analista da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO, e-mail: [renata.barroso@embrapa.br](mailto:renata.barroso@embrapa.br)

**Grupo de Pesquisa:** Economia e Gestão no Agronegócio

### Resumo

A aquicultura contribui positivamente para a oferta de pescados no país, sendo a tilápia responsável pela maior proporção das espécies produzidas no Brasil. Objetivou-se analisar a eficiência técnica de piscicultores da região Noroeste Paulista, bem como investigar variáveis que afetam a sua eficiência. Metodologicamente, para mensurar os escores de eficiência, utilizou-se a técnica não paramétrica Análise Envoltória de Dados (DEA). Já para encontrar as variáveis explicativas da eficiência, empregou-se o modelo econométrico Tobit. Os resultados apontaram que 36% das propriedades atingiram eficiência máxima, com 80% de eficiência global. Quanto aos retornos de escala ineficientes, 63% foram crescentes, podendo expandir a produção obtida. Características como organização coletiva, assistência técnica e tecnologia adotada tendem a elevar a eficiência; o endividamento é apontado como um fator que influencia de maneira negativa nos escores. Conclui-se que a ineficiência apontada na piscicultura da região pode ser elevada com melhoria no manejo e capacitação técnica e gerencial aos piscicultores.

**Palavras-Chave:** análise DEA, modelo Tobit, retornos à escala, tilápia.

## CONDITIONERS OF THE TECHNICAL EFFICIENCY OF PISCICULTURE IN THE NORTHWEST OF SÃO PAULO REGION

### Abstract

*Aquaculture contributes positively to the supply of fish in the country, with tilapia accounting for the highest proportion of species produced in Brazil. The objective was to analyze the technical efficiency of fish farmers in the Northwest of São Paulo region, as well as to investigate variables that affect their efficiency. Methodologically, to measure the efficiency scores, the non-parametric Data Envelopment Analysis (DEA) technique was used. In order to find the explanatory variables of efficiency, the econometric model Tobit was used. The results showed that 36% of the properties reached maximum efficiency, with 80% of overall efficiency. As for the inefficient returns of scale, 63% were increasing, being able to expand the production obtained. Characteristics such as collective organization, technical assistance and technology adopted tend to increase efficiency; the indebtedness is pointed out as a factor that influences negatively the scores. It is concluded that the inefficiency pointed out in the fish farming of the region can be high with improvement in the management and technical and managerial training to the fish farmers.*

**Key Words:** DEA analysis, Tobit model, returns to scale, tilapia.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o 5º maior país do mundo; possui uma área de 8.514.876,599 km<sup>2</sup>, 7.367 km de costa oceânica, e 3,5 milhões de km<sup>2</sup> de Zona Econômica Exclusiva. O país ainda possui características regionais bastante específicas no campo social, econômico e geográfico. A população brasileira foi estimada em pouco mais de 190 milhões de habitantes (IBGE, 2010). Tal conjunto de atributos revela o imenso potencial para produtos provenientes da aquicultura, o que poderá levar o país a 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.

Estudos para cultivo de pescados 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 uma rentabilidade entre 15 a 20%, a produção de tilápia vem atraindo muitos investidores nacionais e internacionais e que de acordo com o FIS (2015), existe a perspectiva de uma grande empresa de tilapicultura mundial investir em indústria verticalizada com a produção de 100.000 toneladas de tilápias/ano, gerando expectativa em investidores do setor.

Em pesquisa de campo realizada acerca da governança da cadeia produtiva da tilápia no Brasil e seus indicadores socioeconômicos, executado pela Embrapa Pesca e Aquicultura e parceiros, foram constatados que além da alta produção dos reservatórios de maior expressividade no país, incluindo aqueles localizados em São Paulo, a piscicultura da tilápia é responsável por aproximadamente 4.000 empregos diretos. Iniciativas bem sucedidas de associações de pequenos piscicultores espalharam-se nos polos produtivos, gerando renda para pequenos produtores, diminuição da pobreza, segurança alimentar e qualidade de vida para a região (PEDROZA et al., 2014).

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 a 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).

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, este trabalho fará uma análise da eficiência do polo produtor de tilápia na região Noroeste Paulista, por meio de indicadores e estratégias que poderão 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.

O conceito de eficiência descreve o desempenho de uma unidade de produção. De maneira geral, avaliações de produtividade e eficiência são muito focadas apenas na produtividade como indicador, e, segundo Gomes (2003) podem ser equivocados, por não considerarem outros recursos para a medida de eficiência, como mão de obra e insumos, variáveis relevantes para um ambiente produtivo.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo efetuar uma análise da eficiência da piscicultura da região Noroeste Paulista. Especificamente, pretendeu-se mensurar a eficiência técnica e de escala, quantificar os retornos à escala e encontrar os principais fatores determinantes da eficiência.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Produção piscícola de Ilha Solteira/SP e análise de eficiência

Em São Paulo, no reservatório da Ilha Solteira, os cultivos são realizados nos braços do reservatório, que engloba uma região de tríplice fronteira: SP, MG e MS, 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 futuro parque aquícola poderá produzir, segundo o extinto 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).

Madalozzo (2003) afirma que produtores que tiverem a visão da importância da gestão aplicada aos recursos produtivos obterão maiores possibilidades de obter, além de produtividade mais alta, uma maior rentabilidade. Desta forma, os produtores devem combinar os principais fatores de produção, como terra, capital e mão de obra. Aqueles produtores que combinarem melhor estes recursos podem se tornar tecnicamente eficientes, condição primária para ser eficiente economicamente (FERREIRA e GOMES, 2004).

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 tilapicultura, aplica-se a técnica de Análise Envolvória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), 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.

Sharma et al. (1999) *apud* Macedo (2007), aplica 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.

Com maior especificidade à produção de tilápias, Sabbag e Costa (2015) analisaram o desempenho de sistemas de produção na região de Ilha Solteira/SP, com inferências sobre o grau de eficiência produtiva e observaram os desperdícios de insumos de produção, fator que

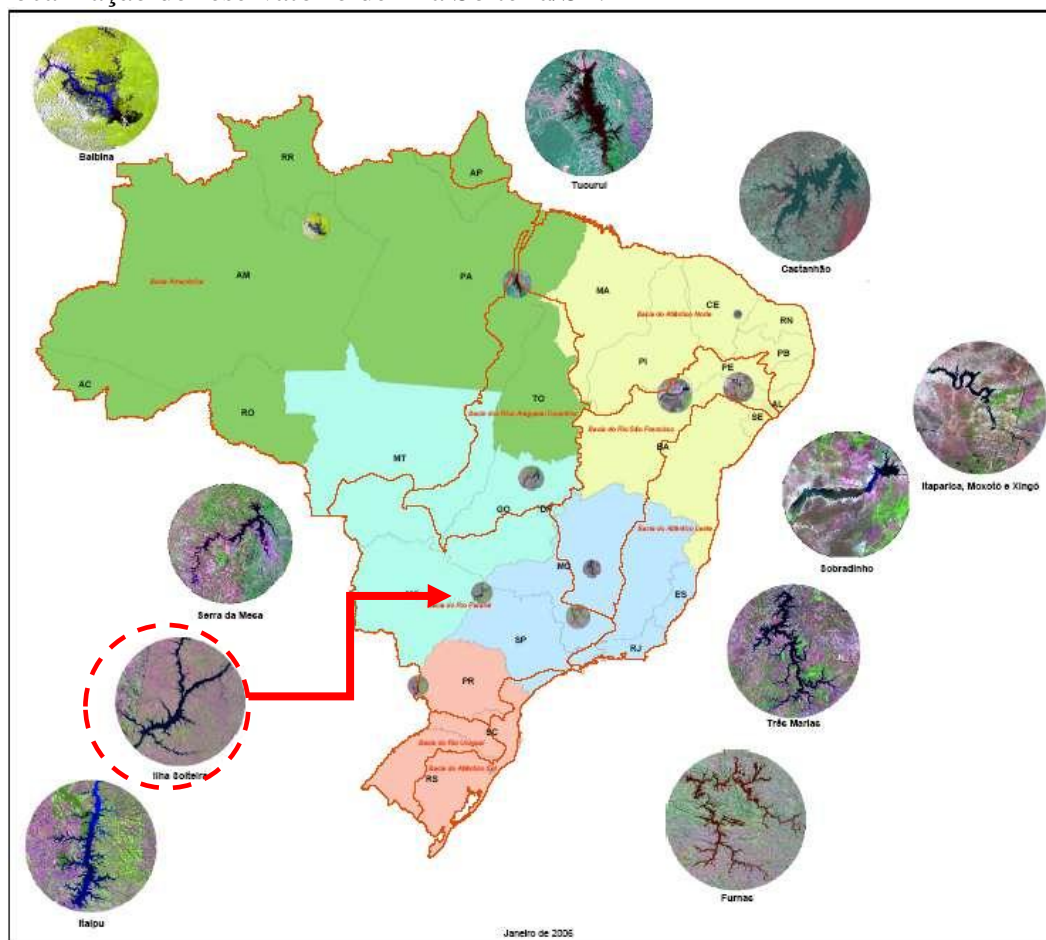
explica, em maior proporcionalidade, a ineficiência das unidades analisadas, frente à contribuição de cada insumo nos sistemas de produção em tanques redes.

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.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, esta pesquisa foi trabalhada com amostragem do tipo intencional, sendo escolhida intencionalmente como um conjunto de unidades piscícolas que exploram a atividade no reservatório de Ilha Solteira/SP (Figura 1), durante o 2º semestre de 2016. Neste sentido, por meio da observação direta, foram aplicados formulários com questões adaptadas ao objeto de investigação (MARCONI e LAKATOS, 2003), junto aos piscicultores, constituídos por uma série ordenada de perguntas, que foram devidamente respondidas por escrito na presença do entrevistador. O trabalho abordou um método quantitativo de pesquisa descritiva e exploratória, através de observações, registros, análise e readequação de dados em situações que demandam conhecimentos específicos em questão.

Figura 1. Parques aquícolas continentais em águas da União, com destaque à localização do reservatório de Ilha Solteira/SP.



Fonte: Fonte: MPA, 2010.

Desta forma, 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 um número de unidades maior que dois ( $X + Y$ ). Na presente pesquisa, por trabalhar especificamente com cinco variáveis *input-output* correspondentes aos principais fatores de produção, a amostragem mostra-se amplamente suficiente para aplicação do método DEA, com abordagem de 11 unidades piscícolas. Ainda assim, deve constituir de certa homogeneidade entre as unidades de análise, por utilizarem insumos semelhantes para produzirem os mesmos produtos e terem certa autonomia na tomada de decisão, encaixando-se perfeitamente nas definições de DMU's (*Decision Making Units*) a serem analisadas pela técnica DEA.

O desenvolvimento do trabalho pautou-se em uma caracterização de medida de eficiência; a decisão é 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 se utiliza apenas da medida de eficiência do DEA (*Data Envelopment Analysis* ou Análise Envoltória de Dados), por meio de um método não paramétrico<sup>1</sup>, com o auxílio do *software* DEAP 2.1 (*Data Envelopment Analysis Program*), apresentado por Coelli (1996).

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

O presente trabalho foi dividido em dois momentos: inicialmente foram aplicados os modelos CCR e BCC. O modelo CCR (Retorno Constante à Escala) avalia a eficiência total das unidades piscícolas pertencentes ao polo da região Noroeste Paulista, identificando as DMU's eficientes e ineficientes, assumindo a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Já o modelo BCC (Retornos Variáveis à Escala), considera 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 (MELO et al., 2005).

No presente trabalho, 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 como:

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

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

---

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 piscícolas.

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 a:

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

sendo que a mudança de notação de  $u$  e  $v$  para  $\mu$  e  $\nu$  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:

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

sendo que  $\theta$  é um escalar (escore 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  $\lambda$  é um vetor ( $n \times 1$ ), cujos valores são calculados de maneira que se obtenha a solução ótima. Para uma unidade piscícola eficiente, os valores são iguais a zero; para um ineficiente, indica os pesos dos produtores que são *benchmarks* (GOMES, 1999).

Adicionalmente, o modelo chamado de BCC, representado abaixo, no qual se inclui uma restrição no modelo CCR. É importante apresentar o modelo BCC junto com o modelo CCR para que se determine a eficiência de escala.

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

sendo que  $N_1$  é um vetor ( $n \times 1$ ) de números uns, e que as demais variáveis já foram definidas anteriormente. Para utilizar ambos os modelos, serão necessários estabelecer duas matrizes de dados, uma contendo os insumos utilizados pelos piscicultores (matriz  $X$ ) e outra relacionada com produto (matriz  $Y$ ). Neste projeto, utilizar-se-ão cinco variáveis, correspondentes aos insumos ( $k=4$ ), e uma relacionada com produtos ( $m=1$ ), 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) Custo de Produção (R\$/Kg), d) Salários pagos na atividade (R\$) – (Fator de Produção Capital) e Output: a) Quantidade produzida (t/ciclo).

Desta forma, foi ainda 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 unidade piscícola abordada. A orientação previamente selecionada prioriza verificar se a produção obtida justifica a quantidade de recursos alocados.

Após a organização dos dados, 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  $EE = ETRC / ETRV$  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).

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 por:

$$y_i^* = \beta' x_i + \varepsilon_i$$

$$y_i = y_i^* \text{ se } y_i^* > 0,$$

$$y_i = 0 \text{ caso contrário}$$

em que  $\varepsilon_i$  é normalmente distribuído, com média zero e variância constante de  $\sigma^2$ , 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;  $\beta$  é o vetor dos parâmetros a serem estimados; e  $\varepsilon_i$  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) indica 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 fornece estimadores consistentes e assintoticamente eficientes para os parâmetros e variância. Diante disto, o modelo *Tobit* é estimado da seguinte forma:

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

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

$$\ln L = \sum_{y_i > 0} -\frac{1}{2} [\ln(2\pi) - \ln \theta^2 + (\theta y_i - x_i' \gamma)^2] + \sum_{y_i = 0} \ln [1 - \Phi(x_i' \gamma)]$$

Na determinação dos condicionantes da eficiência da tilapicultura para o reservatório de Ilha Solteira, 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) e 6- Participação em associação. Ressalta-se que para encontrar os fatores explanatórios da eficiência, por meio do modelo de regressão Tobit, será empregado o software Gretl (COTTRELL e LUCCHETTI, 2013).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas descritivas das variáveis de análise de eficiência das propriedades piscícolas são apresentadas na Tabela 1. Os resultados mostram que para tamanho de área houve uma média de 6,59 ha, variando entre um mínimo de 2 e um máximo de 14,5 ha, bem como uma amplitude de 17 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 110 toneladas entre as unidades piscícolas.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis de estudo da piscicultura, Noroeste Paulista, 2016.

Variáveis	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
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

Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se na Tabela 2 que, em média, os escores de eficiência técnica do modelo CCS demonstram que os piscicultores podem reduzir em 19,6% do uso de seus recursos aplicados sem comprometer a produtividade de tilápias. Isso indica que os insumos estão sendo alocados de forma ineficiente. Segundo Kassai (2002), este modelo permite uma avaliação objetiva da eficiência global e identifica as fontes e estimativas das ineficiências identificadas.

Já para o modelo com retornos variáveis de escala, para que os piscicultores ineficientes possam fazer parte da fronteira, é necessário que se reduza em apenas 1,5% a utilização de tais recursos. No tocante à eficiência média de escala, nota-se que há a possibilidade desses produtores aumentarem suas escalas de produção em 18,3%.

De acordo com Soares Mello et al. (2005), a produtividade é obtida pela razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para produzir. De acordo com Gomes (2003), indicadores como mão de obra e área de cultivo, sendo trabalhados de maneira otimizada, apresentam redução de custos no ciclo produtivo.

Tabela 2. Principais parâmetros estatísticos dos escores de eficiência técnica com retornos constantes, variáveis de escala e de eficiência de escala da piscicultura, Noroeste Paulista, 2016.

Estatísticas descritivas	Eficiência técnica		Eficiência de escala
	CCR	BCC	
Mínimo	0,409	0,903	0,409
Máximo	1,000	1,000	1,000
Média	0,804	0,985	0,817
Desvio Padrão	0,190	0,034	0,190
Coefficiente de Variação (%)	23,76	3,50	23,31

Fonte: dados da pesquisa.

Na Tabela 3 são apresentadas as participações absolutas e relativas dos piscicultores nas medidas de eficiência técnica para os modelos CCR e BCC, assim como a eficiência de escala. Como se pode observar, quando se adota o modelo com retornos constantes à escala, 45% dos piscicultores apresentaram escores de eficiência na faixa entre 0.40 e 0.79. Por outro lado,



quatro unidades piscícolas demonstraram ter nível máximo de eficiência, responsável por 36% da amostra, demonstrando empregar de maneira totalmente racional os insumos do processo produtivo, servindo como referência para os outros piscicultores no modelo CCR.

Já com relação ao modelo com retornos variáveis à escala (BCC), por caracterizar maior flexibilidade em função da convexidade da fronteira de eficiência, 81% obtiveram nível de eficiência ótimo; entretanto, há indícios de que este percentual 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. Portanto, parcela majoritária dos piscicultores (63%) apresentaram escores de eficiência de escala inferiores à unidade, sendo que aproximadamente 37% obtiveram escore máximo de eficiência de escala, não apresentando problemas quanto à escala produtiva.

Tabela 3. Distribuição absoluta e relativa correspondente às medidas técnica e de escala da piscicultura, Noroeste Paulista, 2016.

Medidas de eficiência	Eficiência Técnica				Eficiência de escala	
	CCR		BCC		fi	%
	fi	%	fi	%		
$0.40 \leq e < 0.69$	3	27,28	-	-	3	27,28
$0.70 \leq e < 0.79$	2	18,18	-	-	2	18,18
$0.80 \leq e < 1$	2	18,18	2	18,18	2	18,18
$e = 1$	4	36,36	9	81,82	4	36,36
Total	11	100	11	100	11	100

Fonte: dados da pesquisa.

Como a maioria dos piscicultores apresenta ineficiência de escala, torna-se relevante identificar se essa ineficiência pode ser resultante da presença de retornos crescentes ou decrescentes à escala. Assim, após a compilação dos dados em *software*, indicou que há uma predominância de retornos crescentes de escala para 63% das unidades piscícolas, evidenciando que dado o conjunto de insumos utilizados no ciclo, podem expandir a produção obtida, limitada em 20 t/ciclo, para uma média de 57 toneladas.

Neste contexto, algumas estratégias deveriam ser aplicadas às unidades ineficientes, dentre as quais: manejo e qualidade da ração (considerando fatores como frequência de arrazoamento e conversão alimentar), capacitação de mão de obra nas etapas de cultivo de engorda de tilápias, bem como melhor aproveitamento da infraestrutura condizente ao tamanho da área de cultivo.

Por outro lado, 36% dos piscicultores apresentaram escore de eficiência igual à unidade no modelo com retornos constantes de escala, ou seja, empregaram de maneira racional os insumos e a escala de produção adequada, servindo assim, como referência para as demais unidades piscícolas em análise.

Com o propósito de testar estatisticamente os efeitos de algumas variáveis que podem influenciar a eficiência dos piscicultores da região Noroeste Paulista, a Tabela 4 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 9 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.

Por outro lado, 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, especificamente com objetivos de obter avanços na legislação ambiental (representatividade no setor).

A variável endividamento, também apontada com 10% de significância, 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 pode 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 forma positiva a eficiência do sistema de produção, destacando que na presente pesquisa, para todas as unidades obtidas 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.

Tabela 4. Resultados do modelo Tobit aplicados às variáveis explicativas de eficiência das unidades piscícolas, Noroeste Paulista, 2016.

Variáveis	Coefficiente	Erro Padrão	z
Experiência	-0.00921347 <sup>ns</sup>	0.0122029	-0.7550
Capacitação	0.0587206 <sup>ns</sup>	0.0872776	0.6728
Organização Coletiva	0.171462 <sup>***</sup>	0.0554789	3.0906
Endividamento	-0.282074 <sup>***</sup>	0.0583146	-4.8371
Assistência Técnica	0.205188 <sup>***</sup>	0.0622284	3.2973
Tecnologia	0.126692 <sup>***</sup>	0.0400002	3.1673
Constante	0.0588581	0.1620560	0.3632

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

Fonte: dados da pesquisa.

## 5. CONCLUSÕES

O estudo de eficiência mostra que grande parte das propriedades piscícolas opera com ineficiência de escala, devido, sobretudo, à presença de retornos crescentes à escala, o que indica ineficiência na alocação dos recursos, podendo otimizar a produção em função dos fatores de produção utilizados, relacionados à melhor gestão da atividade.

Neste sentido, os piscicultores possuem uma eficiência média de 0,804 para retornos constantes e de 0,985 para retornos variáveis, com uma eficiência de escala média de 0,817. Também foi observado que 63% dos produtores apresentam rendimentos crescentes de escala, indicando ser possível melhorar o cenário, caso haja um crescimento na escala produtiva.

No que tange às variáveis explicativas que podem afetar a eficiência dos piscicultores da região Noroeste Paulista de maneira significativa, constatou-se que as variáveis que

influenciaram positivamente foram: organização coletiva, assistência técnica e tecnologia adotada, sendo apenas a variável endividamento obtida como influência negativa.

## 6. AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo), pelo apoio neste trabalho, através do auxílio à pesquisa vigente.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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.

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.

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.

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.

FERREIRA, M. **Eficiência técnica e de escala de cooperativas e sociedade de capital na indústria de laticínios do Brasil**. Viçosa, MG: UFV, IMPRENSA Universitária, 2005, 177p.

FERREIRA, A. H.; GOMES, A. P. Eficiência técnica no curto e no longo prazo em sistemas de produção de leite com gado holandês, mestiço e zebu. In: **Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**. Vol. 42. Brasília: SOBER, 2004.

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.

FIS - FISH INFORMATION & SERVICES. **Regal Springs will produce tilapia in Brazil**. 2015. Disponível em <<http://www.fis.com/fis/worldnews/worldnews.asp?monthyear=6-2015&day=25&id =77486&l=e&country=&special=&ndb=1&df=0>>. Acesso em: 01 Out. 2016.

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.

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, 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).

GREENE, W.H. **Econometric analysis**. 5. ed. Londres: Prentice-Hall, 2012.

IBGE. **Projeção da População do Brasil 2010**. [Internet]. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 Nov 2016.

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.

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.

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.

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.

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

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Plano de desenvolvimento da aquicultura 2015-2020**. Disponível em <[http://www.mpa.gov.br/files/docs/Outros/2015/Plano\\_de\\_Developmento\\_da\\_Aquicultura-2015-2020.pdf](http://www.mpa.gov.br/files/docs/Outros/2015/Plano_de_Developmento_da_Aquicultura-2015-2020.pdf)>. Acesso em: 11 Jan 2017.

\_\_\_\_\_. **Plano safra das águas 2010-2011**: pesca e aquicultura. Brasília, 2010. Disponível em <<http://www.bb.com.br/docs/pub/siteEsp/agro/dwn/PlanoAguas20102011.pdf>>. Acesso em 21 Mar 2016.

MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L.A; GOMES, E.G; NETO, L.B. **Curso de análise de envoltória de dados**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Pesquisa Operacional e o Desenvolvimento Sustentável. Gramado/RS, 2005.

PEDROZA, M.; BARROSO, R. M.; FLORES, R. M. V.; Silva, A. P. Modelos Associativos como Estratégia de Inclusão Produtiva para Pequenos Piscicultores. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 6, p. 1-56, 2014.

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](http://www.sober.org.br/palestra/15/949.pdf)>. Acesso em: 22 Abril 2016.

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.

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.

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. 2008.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B; MEZA, L.A.; GOMES, E.G.; BIONI NETO, L. .Curso de Análise de Envoltória de Dados. In: **Anais XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO)**. Gramado, RS, 2005.