

EFICIÊNCIA TÉCNICA DA PRODUÇÃO DE TILÁPIAS EM ILHA SOLTEIRA, SP: UMA ANÁLISE NÃO PARAMÉTRICA¹

OMAR JORGE SABBAG^{2*}, SILVIA MARIA ALMEIDA LIMA COSTA²

¹Recebido para publicação em 25/02/15. Aceito para publicação em 12/06/15.

²Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócioeconomia, Ilha Solteira, SP, Brasil.

*Autor correspondente: sabbag@agr.feis.unesp.br

RESUMO: Este estudo objetivou analisar o desempenho de unidades de produção de tilápias em sistemas de produção de piscicultura em tanques-redes no reservatório de Ilha Solteira, SP. Avaliou-se o grau de eficiência produtiva e o diferencial de cada insumo para chegar à eficiência dos sistemas produtivos em tanques-redes. Metodologicamente, foi aplicada a técnica de Análise Envoltória de Dados para retornos constantes de escala, com orientação *input*. As variáveis consideradas foram investimentos, custo operacional efetivo, remuneração de investimento (*inputs*) e produção (*output*). Os resultados mostraram que 25% das propriedades foram muito eficientes, com investimentos médios de R\$241.000,00, custos operacionais de R\$86.000,00 e produção correspondente a 23 toneladas/mês. Os resultados sinalizam para recomendação de que a unidade de produção (DMU) com menor desempenho reduza o uso dos *inputs* em 53% para tornar-se eficiente. Recomenda-se aos piscicultores maior atenção às ações que não contribuem para a otimização da infraestrutura disponível, em especial aos investimentos, considerado o fator responsável pelo maior grau de ineficiência nas DMU analisadas.

Palavras-chave: análise DEA, desempenho, gestão, piscicultura.

TECHNICAL EFFICIENCY OF TILAPIA PRODUCTION IN ILHA SOLTEIRA, SP: A NONPARAMETRIC ANALYSIS

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze the performance of tilapia production units using tank networks for fish production in the Ilha Solteira reservoir, SP. The degree of productive efficiency and the differential of each raw material to achieve efficiency of the production systems in tank networks were evaluated. Methodologically, input-oriented data envelopment analysis (DEA) under constant returns to scale was applied. The variables analyzed were investments, effective operational costs, investment compensation (*inputs*), and production (*output*). The results showed that 25% of the units were very efficient, with average investments of R\$241,000.00, operational costs of R\$86,000.00, and production corresponding to 23 tons/month. The results point to the recommendation that the production unit (DMU) with low performance reduces the use of inputs by 53% to become efficient. Fish farmers should pay more attention to actions that do not contribute to the optimization of available infrastructure, especially investments, the factor responsible for the greater degree of inefficiency in the DMU analyzed.

Keywords: DEA, performance, management, fish farming.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o 5º maior país do mundo, com 1,7% do território do globo terrestre e 12% da água doce do planeta. Somente em represas hidrelétricas são 5,3 milhões de hectares de área inundada (BORGHETTI, 2000). Com este perfil, frequentemente são feitas referências alusivas ao grande potencial para a aquicultura de água doce; entretanto, somente pequena proporção da capacidade produtiva tem sido explorada (BORGHETTI, 2000).

Atualmente a aquicultura é referenciada como a “próxima fronteira do mercado brasileiro de proteína animal” (MENDES, 2013). Dentre as explorações aquícolas, a piscicultura pode ser uma alavanca de desenvolvimento social e econômico, por possibilitar o aproveitamento efetivo dos recursos naturais locais, principalmente os hídricos, e a criação de postos de trabalhos assalariados. Porém, assim como qualquer outra atividade econômica, necessita de estratégia bem delineada para a produção de bons resultados, assim como constante avaliação do desempenho e eficiência nas unidades de produção.

Convém destacar que a baixa produtividade pode ser decorrente de combinações inadequadas no uso de fatores produtivos, como investimentos, mão de obra e gerenciamento no sistema produtivo, conduzindo a elevação de custos e, conseqüentemente, redução da competitividade em relação a outras atividades ou da capacidade de competir com produtos do mesmo segmento produtivo oriundos de outras regiões ou países (BRUNETTA, 2004). Diante do exposto, surge a seguinte indagação: os piscicultores que produzem no reservatório de Ilha Solteira, SP, são eficientes na produção de tilápias?

A análise de eficiência de unidades produtivas tem importância tanto para fins estratégicos quanto para o planejamento e tomada de decisão, inclusive na aplicação em empreendimentos de exploração piscícola. A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) tem sido vista como metodologia capaz de oferecer resultados pertinentes para respaldar tomadas de decisão na busca por eficiência.

A principal contribuição científica desta pesquisa está relacionada ao processo de gestão em propriedades piscícolas, que na concepção mais atual, não deve se ater somente na observação de indicadores de custos, além dos parâmetros zootécnicos comumente utilizados. Estes, na verdade, representam algumas das

variáveis relevantes a serem avaliadas no processo de eficiência das unidades abordadas. Nesta temática, como proposta de avaliação de eficiência em unidades piscícolas, o emprego da análise DEA pode proporcionar melhores condições de competitividade aos produtores, principalmente quando interpretadas e usadas com os conhecimentos e julgamentos próprios destes sobre suas operações.

O presente trabalho tem por objetivo analisar o desempenho de sistemas de produção piscícola (cultivo de tilápias) na região de Ilha Solteira, SP, com inferências sobre o grau de eficiência produtiva, frente à contribuição de cada insumo nos sistemas de produção em tanques redes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi feita uma amostragem não aleatória, escolhida deliberadamente pelo pesquisador (MARCONI e LAKATOS, 1996), em um conjunto de unidades piscícolas que exploram a atividade na região de Ilha Solteira, SP, e os dados foram coletados entre junho e dezembro de 2014. Foi adotado um método quantitativo de pesquisa descritiva e exploratória, por meio de registros, análise e readequação de dados em situações que demandam conhecimentos específicos.

Os sistemas produtivos dos empreendimentos avaliados são de natureza empresarial individual ou arranjos cooperativos para produção e comercialização de tilápias (*Oreochromis spp.*). Assume-se que os sistemas de produção avaliados são comparáveis por adotarem padrão tecnológico semelhante ao praticado regionalmente (produção em tanques-redes de forma intensiva). Em função de indicadores zootécnicos médios de produção presentes nas unidades abordadas, o peso médio final considerado para os padrões regionais foi 850 g (a partir da colocação de alevinos e/ou juvenis entre 1,0 e 5 g) para período de criação médio de 240 dias, conversão alimentar aparente de 1,7 kg de ração/kg de ganho de peso de peixe produzido e taxa de sobrevivência de 98,2% na fase final.

Foram analisadas oito unidades piscícolas (DMU - *Decision Making Units* ou unidades formadoras de decisão), amostragem suficiente para aplicação do método¹. De acordo com ALI e SEIFORD (1993), o

¹Ainda não há consenso entre a relação de DMU e número de variáveis (COOPER *et al.*, 2011). Entretanto, para este estudo, foi adotada amostragem limitada para o número de DMU (unidades piscícolas), que corresponde à amostragem mínima estabelecida em literatura.

número de DMU deve ser pelos menos duas vezes o número de insumos ou fatores de produção (*inputs* - X) e de produtos (*outputs* - Y); respeitando-se a condição de que o número de DMU seja maior que dois ($X + Y$), ou seja, o uso de três variáveis *inputs* e uma variável *output*, conforme mencionado a seguir. As DMU avaliadas, por terem certa autonomia na tomada de decisão, encaixam-se perfeitamente nas definições de *Decision Making Units* a serem analisadas pela técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA - *data envelopment analysis*).

A caracterização de medida de eficiência que permite que a decisão fique orientada por um único indicador, foi construída 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 das DMU sob análise. Assim, o referencial adotado utilizou da medida de eficiência do DEA, por meio de método não paramétrico, com o auxílio do *software* SIAD - versão 3.0 (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), apresentado por MEZA *et al.* (2005).

Por meio do uso da programação linear matemática, para cada DMU obteve-se a proporção de todos os produtos em relação a todos os insumos, tal como, $u'yi/v'xi$, em que u é um vetor $M \times 1$ de pesos de produtos (yi) e v é um vetor $K \times 1$ de pesos dos insumos (xi), como segue:

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

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

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

A mudança de notação de u e v para μ e v' reflete a transformação para atendimento da restrição imposta. Esta forma é conhecida como a forma do multiplicador do problema de programação linear. Assim, pode-se chegar a um modelo dual

da formulação linearizada (forma envelope) com a adoção do modelo DEA-CCR², com retornos constantes de escala, como um modelo apropriado para a pressuposição de que as unidades piscícolas não apresentam diferenças de escala significativas na utilização de recursos, como pode ser visto a seguir:

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

θ é um escalar (escore de eficiência da orientação insumo), cujo valor é a medida de eficiência da i -ésima DMU. O valor de θ máximo será 1 (um) e assumirá este valor quando indicar um ponto sobre a fronteira (ou curva de eficiência), representando uma DMU tecnicamente eficiente, de acordo com a definição de FARRELL (1957); caso contrário será ineficiente. O λ é um vetor ($n \times 1$), cujos valores são calculados de maneira que se obtenha a solução ótima. Para uma propriedade eficiente, os valores de λ são iguais a zero; para uma propriedade ineficiente, indica os pesos das propriedades que são *benchmarks*³.

Destaca-se que o modelo de retornos constantes (DEA-CCR) é que torna possível uma análise de eficiência mais discriminante em relação às DMU eficientes e não eficientes, considerando as quantidades de insumos aplicados em comparação ao valor produzido. Desta forma, o modelo CCR *input* foi utilizado para calcular o indicador da eficiência produtiva; se uma unidade é considerada eficiente do ponto de vista da eficiência produtiva, ela servirá de referência (*benchmark*) para as demais unidades.

Foram utilizadas quatro variáveis, três correspondentes aos insumos ou fatores de produção ($k=3$), e uma relacionada ao produto ($m=1$), sendo: X1: investimentos (montante do capital fixo da atividade piscícola, passível de depreciação), em moeda corrente Real (R\$); X2: custo operacional efetivo (COE), em moeda corrente Real (R\$); X3: remuneração do investimento, em moeda corrente Real (R\$) e Y1: produção, em toneladas/mês de tilápias.

Os investimentos foram levantados juntos às propriedades tomando-se por referência os princi-

²O modelo CCR (CHARNES *et al.*, 1978) é reconhecido como o nascimento dos modelos de Análise de Envoltória de Dados, que permite determinar a eficiência de uma unidade produtiva comparativamente às demais, sendo também conhecido como modelo de retornos constantes à escala.

³*Benchmarks*: unidades de referência, apresentando grau de eficiência máxima.

país bens de capital fixo da atividade, correspondentes a infraestrutura de um sistema produtivo de tilápias em tanques-redes. Para o COE foi utilizada a estrutura preconizada pelo Instituto de Economia Agrícola, adaptada de MATSUNAGA *et al.* (1976), composta de operações manuais e materiais, calculadas com base nos seguintes itens: a) operações manuais, por meio do levantamento das necessidades de mão de obra nas diversas fases da produção piscícola, relacionando-se, para cada operação, o número de homens/dia (HD) para executá-la, e em seguida os coeficientes técnicos de mão de obra foram multiplicados pelo valor médio da região; b) materiais, considerando-se as despesas com alevinos, ração, combustível para embarcação, dentre outros, obtidos mediante o produto entre a quantidade dos materiais usados e os respectivos preços unitários.

A remuneração do investimento foi correspondente ao fator multiplicativo do capital médio empregado na atividade (investimentos), para uma taxa de 6% a.a., proporcional ao ciclo produtivo. Finalmente, a produção foi caracterizada ao final do ciclo (período médio de oito meses), correspondente à fase de despesa da atividade. Vale destacar que os custos e demais gastos foram proporcionalmente calculados em função do ciclo produtivo, haja vista que a fase posterior já se refere à aplicação de novos custos para um período subsequente.

Desta forma, foi utilizada no modelo uma orientação *input* (minimização de insumos disponíveis, sem alteração no nível de produção), de forma a reduzir no processo de gestão da atividade os gastos com investimentos⁴ e custos com os insumos de produção⁵, mantendo-se o produto (produtividade/ciclo) constante, em que os dados econômicos foram devidamente levantados *in loco* para cada unidade abordada. A orientação previamente selecionada priorizou verificar se a produção obtida justifica a quantidade de recursos alocados.

⁴Por se tratar de análise com orientação *input*, considera-se que as variáveis analisadas entre as propriedades (investimentos, custos e remuneração do investimento), devam ser minimizadas, considerando a produção (*output*) na mesma magnitude. Neste caso, o que se produz, sobretudo para as unidades tidas como ineficientes, não é compatível com o volume de investimentos gastos.

⁵Insumos de produção referem-se aos materiais requeridos pelo sistema produtivo, que são relacionados nos custos operacionais, juntamente com a mão de obra, que difere do termo "insumos", utilizado em DEA, para referir à relação existente do conjunto de elementos de entrada (*input*) com as saídas (*output*).

Neste contexto, procurou-se verificar os índices ideais para cada produtor não eficiente, para que o mesmo possa atingir eficiência de 100%, ou seja, a análise indica a redução de *inputs* necessária para que cada DMU se torne eficiente. A lógica é alterar os fatores de produção mantendo-se o nível de produção na piscicultura, na tentativa de tornar as DMU ineficientes em eficientes, usando as identificadas como eficientes como *benchmark* para as ineficientes. Este referencial descrito reconhece que o critério de eficiência na produção está associado aos conceitos de racionalidade econômica e de produtividade material, revelando capacidade da organização de produzir um máximo de resultados com o mínimo de recursos disponíveis, como aponta BELLONI (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas estatísticas descritivas das variáveis de análise de eficiência das propriedades piscícolas. Os resultados apontam para investimentos totais médios de R\$474.427,00, com amplitude de R\$1.210.200,00, em função do tamanho do empreendimento, considerando a variabilidade entre número de tanques-redes e demais itens de capital fixo, bem como à proporcionalidade da mão de obra e demais insumos de produção correspondentes aos custos de produção. O desvio padrão de R\$110.695,69, justifica a amplitude de variação da produção, entre a mínima de 10 e máxima em 66 toneladas/mês.

A distribuição dos produtores por intervalo de eficiência no modelo DEA-CCR (*input*) permitiu classificá-los entre eficiente e ineficiente (Tabela 2). No intervalo de maior eficiência 0,9-1 foram identificados três piscicultores, correspondendo a 37,5% da amostra (sendo 25% do total com eficiência técnica de 100%). O investimento médio de tal intervalo de eficiência é de R\$241.260,00, de remuneração do fator capital de R\$8.162,63 e do custo operacional efetivo de R\$86.271,94, correspondente a uma produção de 23 toneladas/mês.

Deve-se ressaltar que nem sempre a melhor produção média representa a melhor eficiência, fato que remete ao conceito de produtividade. Segundo SOARES MELLO *et al.* (2005), a produtividade é obtida pela razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para produzir. De maneira geral, avaliações de produtividade e eficiência são muito focadas apenas na produtividade como indicador, e, de acordo com GOMES *et al.* (2003), podem ser equivocadas por

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis de estudo no modelo DEA-CCR (*input*) para produção piscícola em Ilha Solteira, SP

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Investimentos (R\$)	474.427,00	393.143,00	86.100,00	1.296.300,00
COE ¹ (R\$)	142.250,73	110.695,69	60.664,00	386.983,04
Remuneração de Investimento (R\$)	16.838,04	14.264,79	3.013,50	45.370,00
Produção (T)	29,75	19,67	10	66

¹custo operacional efetivo.

Tabela 2. Distribuição (%) e médias das variáveis das unidades piscícolas por intervalo de eficiência no modelo DEA-CCR (*input*) para produção piscícola em Ilha Solteira, SP

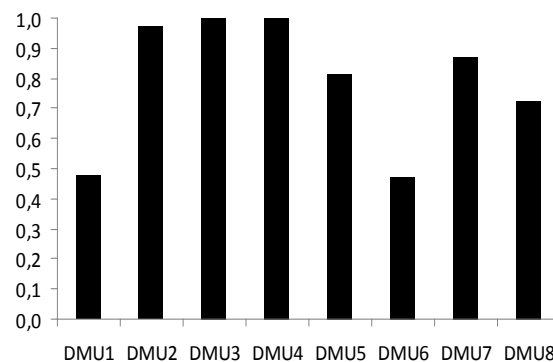
Intervalo de eficiência	%	Investimentos	COE	Remuneração de Investimento	Produção
0,4 - 0,5	25,0	279.320,00	68.660,50	10.367,55	10
0,7 - 0,8	12,5	760.996,00	386.983,04	30.439,84	66
0,8 - 0,9	25,0	876.000,00	177.443,00	29.520,75	42
0,9 - 1,0	37,5	241.260,00	86.271,94	8.162,63	23

não considerarem outros indicadores importantes para a medida de eficiência, como mão de obra e alimentação, fatores que, trabalhados de maneira racional, tem custos reduzidos no ciclo produtivo. Mais especificamente, os produtores contidos no intervalo de melhor eficiência alcançaram níveis de produção inferiores a 65% da maior produção; por outro lado, os investimentos e custos foram respectivamente reduzidos em 68,3% e 77,7% desta, reforçando o conceito de que a orientação escolhida reflete a opção por minimização dos *inputs*.

A Figura 1 mostra a distribuição da eficiência técnica por DMU no modelo DEA-CCR (*input*) por percentuais de eficiência técnica das unidades de produção; considerando-se eficientes os produtores que tiveram melhor racionalização dos gastos, mantendo-se constante a produção obtida para cada unidade. De maneira geral, a média foi de 79% entre as DMU.

Na análise de *benchmark* identificam-se as DMU 3 e 4 como pares de excelência para as demais unidades, em função do número de vezes que cada DMU eficiente dominante se apresenta como referência. Segundo FERREIRA e GOMES (2009), quanto mais vezes uma DMU eficiente é identificada como parceiro de excelência (em função dos valores de lâmbda resultantes diferentes de zero), maior é a sua importância.

Os pesos atribuídos de cada DMU eficiente à distância da fronteira (ou curva de eficiência) refletem as variáveis mais influentes para as DMU ineficientes. Neste sentido, as etapas correspondentes ao ciclo de cultivo destas unidades

**Figura 1.** Distribuição da eficiência técnica por DMU no modelo DEA-CCR (*input*) na produção piscícola em Ilha Solteira, SP.

piscícolas (como a racionalização da mão de obra e melhor aproveitamento da infraestrutura) devem ser observadas pelas demais. Destaca-se que, dentre o conjunto de fatores identificados para alcance de eficiência entre as DMU inferiores a 1 (um), os valores percentuais médios referentes que mais contribuem para a melhoria potencial dos *inputs* das DMU ineficientes estão os investimentos (37,1%), a remuneração do capital fixo (35,4%) e o COE (27,5%), dados estes obtidos pela aplicação auxiliar do *software* Frontier Analyst.

Analisando a estrutura dos pesos, dada a DMU 1 como exemplo, identifica-se o excesso de *inputs*, em função do fator multiplicativo dos valores atuais da Tabela 3 pelos respectivos pesos obtidos pelo *software*, incluindo os dados referentes ao

output, como segue: $10 (0,04754124) - 236.540 (0,00000163) - 76.657 (0,000008) - 9.461,6 (0) = -0,5234038$. Assim, para a identificação do alvo (o que falta para se tornar eficiente), tem-se que $1 - 0,5234038 = 0,475$, resultado este proveniente da eficiência obtida da DMU em questão. Assim, para o caso do *input* 1 (investimentos), tem-se que $R\$236.540,00 (0,5234038) = R\$123.805,93$, valor que deve ser reduzido para chegar à eficiência, ou seja, $R\$112.734,00$, próximo do alvo desejado.

Em função do levantamento de custos para obtenção de uma das principais variáveis de avaliação em sistema de produção animal, convém destacar que as unidades piscícolas que alcançaram máxima eficiência, segundo definição de ótimo de Pareto⁶, já otimizaram a produção total em relação aos insumos e não podem reduzir os *inputs* (insumos) sem que a produção (*output*) sofra

contração. Ou seja, o modelo permite avaliação objetiva da eficiência global e segundo as fontes e as estimativas das ineficiências identificadas (KASSAI, 2002).

A Tabela 3 expõe as diferenças entre os indicadores financeiros praticados e os alvos a serem atingidos, para que as DMU possam tornar-se eficientes segundo o modelo constante de escala orientado aos insumos. Por exemplo, a DMU 6, com menor eficiência global, deve reorientar seu planejamento para reduzir o uso de insumos (*inputs*) de maneira proporcional à produção obtida, em aproximadamente 53% para o conjunto analisado, apresentando resultados mais distantes dos valores atuais. Desta forma, para esta DMU os alvos indicam uma projeção de investimentos de $R\$151.325,21$; COE de $R\$28.500,44$ e remuneração ao investimento de $R\$ 5.296,38$, mantendo a produção no mesmo nível.

Tabela 3. Alteração dos valores atuais das variáveis de cada DMU ineficiente para que se tornem eficientes na produção piscícola em Ilha Solteira, SP

DMU	Variáveis (Inputs)	Valor Atual (R\$)	Folgas (R\$) ¹	Alvo (R\$) ¹	Δ%
1 (0,475)	Investimentos	236.540,00	-	112.454,06	
	COE ²	76.657,00	-	36.443,69	-52,46
	Rem. Investimento ³	9.461,60	562,27	3.935,89	
2 (0,973)	Investimentos	168.880,00	23.470,13	140.820,83	
	COE	104.803,00	-	101.955,16	-2,72
	Rem. Investimento	5.066,40	-	4.928,73	
5 (0,813)	Investimentos	455.700,00	52.920,50	317.523,06	
	COE	212.580,00	-	172.808,63	-18,71
	Rem. Investimento	13.671,00	-	11.113,31	
6 (0,470)	Investimentos	322.100,00	-	151.325,21	
	COE	60.664,00	-	28.500,44	-53,02
	Rem. Investimento	11.273,50	-	5.296,38	
7 (0,869)	Investimentos	1.296.300,00	423.686,29	703.200,00	
	COE	142.306,00	-	123.708,00	-13,07
	Rem. Investimento	45.370,50	14.829,02	24.612,00	
8 (0,723)	Investimentos	760.996,00	-	550.163,35	
	COE	386.983,04	-	279.770,04	-27,70
	Rem. Investimento	30.439,84	2.750,81	19.255,72	

¹obtidos pelo software SIAD 3.0. ²custo operacional efetivo. ³remuneração de investimento.

⁶Segundo CHARNES *et al.* (1994), é a definição de eficiência pura, no qual “nenhum produto pode ter sua produção aumentada sem que sejam aumentados os seus insumos ou diminuída a produção de outro produto”.

A análise dos alvos de valores serve de suporte à produção, para que o gestor tenha referências para estratégias de adequação e alcance dos objetivos. De outra forma, os alvos permitem visualizar os ajustes necessários para orientar as unidades produtoras na busca da eficiência. Assim, os resultados mostraram que, para as DMU eficientes, os alvos apresentaram valores iguais aos atuais, ou seja, aos valores utilizados, o que significa que combinam os fatores de produção sem desperdício. Para as folgas, os itens que mais contribuíram foram investimentos e remuneração do capital investido. Vale destacar que as folgas referem-se às quantidades a serem reduzidas nos insumos para que o produtor atinja o conjunto eficiência radial⁷ (alvo + folgas), após todos os insumos serem minimizados de maneira proporcional (SURCO, 2004), ressaltando que a orientação adotada ao modelo pressupõe a redução do conjunto de variáveis insumos (*input*) para as DMU tidas como ineficientes.

Os alvos das variáveis fornecem informações ao produtor sobre a ineficiência e o que deve ser feito para alcançar a eficiência, ou seja, representam um valor referencial mínimo até o qual o empreendedor poderia reduzir os valores atuais correspondentes às variáveis. Para alcançar a eficiência, o produtor deve verificar em que etapa do processo produtivo, dado o conjunto de variáveis analisadas, há gargalos que prejudicam os resultados (GOMES *et al.*, 2005).

CONCLUSÃO

O estudo da eficiência do grupo de empreendimentos de piscicultura mostrou que os produtores eficientes são os que produzem mais com menor quantidade de insumos no ciclo produtivo, considerando gastos com investimentos e custos de produção.

Recomenda-se aos piscicultores verificação dos desperdícios que não contribuem para a otimização da infraestrutura disponível, bem como dos desperdícios de insumos de produção, fator que explica, em maior proporcionalidade, a ineficiência das unidades de produção analisadas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro.

⁷Grau de eficiência na qual atinge a curva ou fronteira de produção.

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. (Org.). **The measurement of productive efficiency: techniques and application**. New York: Oxford University Press, 1993. p.120-159.
- BELLONI, J.A. **Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidades Federais Brasileiras**. 2000. 245f. 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, 2000.
- BORGHETTI, J.R. Estimativa da pesca e aquicultura de água doce e marinha. In: CARNEIRO, M.H. **A sustentabilidade das atividades de aquicultura e pesca: conferências selecionadas da IV reunião anual do Instituto de Pesca**. São Paulo: Instituto de Pesca, 2000. p.8-14. (Série Relatórios Técnicos, v.3).
- 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**. 2004. 101f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; LEWIN, A.Y.; SEIFORD, L.M. **Data envelopment analysis: theory, methodology, and application**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994. 513p.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v.2, p.429-444, 1978.
- COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; ZHU, J. **Handbook on data envelopment analysis**. 2nded. New York: Springer, 2011. 498p.
- FARRELL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v.120, p.253-290, 1957.
- FERREIRA, C.M.C.; GOMES, A.P. **Introdução à análise envoltória de dados**. Viçosa: UFV, 2009. 389p.
- 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. 39p. (Documentos, 28).
- GOMES, E.G.; MANGABEIRA, I.A.C.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias

- em agricultura: um estudo de caso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.43, p.607-631, 2005.
- KASSAI, S. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 2002. 318f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- MARCONI, M.D.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, 1996.296p.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P.F.; TOLEDO, P.E.N.; DULLEY, R.D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I.A. Metodologia de custo utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v.23, p.123-139, 1976.
- MENDES, L.H. Brasil na rota da aquicultura mundial. **Valor econômico**, 08 fev. 2013. <<http://www.valor.com.br/empresas/3000532/brasil-na-rota-da-aquicultura-mundial>>. Acesso em: 03 Ago.2013.
- MEZA, L.A.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G. ISYDS – integrated system for decision support (SIAD – sistema integrado de apoio a decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v.25, p. 493-503, 2005.
- SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; MEZA, L.A.; GOMES, E.G.; BIONI NETO, L. Curso de análise de envoltória de dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL (SBPO), 37., 2005, Gramado, RS. **Anais...** Gramado, RS: UEM,2005. CD-ROM.
- SURCO, D.F. **Desenvolvimento de uma ferramenta computacional para avaliação de eficiência técnica baseada em DEA**. 2004. 129f. Dissertação (Mestrado em Métodos numéricos em engenharia)- Universidade Federal Paraná, Curitiba, 2004.