

Produção piscícola escalonada no semiárido do Ceará com externalidades positivas^{1,2}

Maria Enésia da Silva Neta³
José de Jesus Sousa Lemos⁴
José Newton Pires Reis⁵
Sandra Maria dos Santos⁶

Resumo – O artigo avalia os efeitos da produção escalonada de tilápia no açude Castanhão, Jaguaribara, CE, quanto aos resultados econômicos e aos impactos ambientais. A pesquisa selecionou aleatoriamente 81 dos 300 piscicultores, organizados em cooperativas ou não, e usou técnica de programação linear para minimizar os custos da produção escalonada trimestral de peixe e vísceras. Os resultados mostraram que é possível obter resultados econômicos satisfatórios. Além disso, a pesquisa mostra que a venda das vísceras para a produção de biodiesel, além de proporcionar renda adicional aos criadores, poupa de contaminação águas de superfície e do subsolo e o solo.

Palavras-chave: eficiência econômica, externalidades ambientais positivas, piscicultura.

Fish staggered production in Ceará semiarid with positive externalities

Abstract – This paper evaluates the effects of the staggered production (production of fish and offal) of tilapia in Castanhão Dam, Jaguaribara, Ceará, with regard to economic results and environmental impacts. The survey selected by random drawing 81 of 300 fish farmers organized in cooperatives or not. Linear programming technique used to minimize the costs of the quarterly staggered production of fish and offal. The results showed that it is possible to obtain satisfactory economic results if farmers adopt the schedule found in the search. Furthermore the survey shows that the withdrawal and the sale separately from the offal for biodiesel production, plus additional income to the fishers

¹ Original recebido em 5/9/2016 e aprovado em 13/10/2016.

² Trabalho extraído da dissertação de mestrado em Economia Rural da primeira autora, orientada pelo segundo autor.

³ Economista, mestre em Economia Rural, técnica da Secretaria do Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará. E-mail: enesianeta@gmail.com

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia Rural, professor titular e coordenador do Laboratório do Semiárido (LabSar) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. E-mail: lemos@ufc.br

⁵ Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia Aplicada, professor titular do Departamento de Economia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. E-mail: newton@ufc.br

⁶ Economista, doutora em Economia, professora titular do Departamento de Economia Aplicada da Faculdade de Economia, Contabilidade e Atuárias da Universidade Federal do Ceará. E-mail: smsantosufc@gmail.com

saves considerable contamination of the environment, both surface and underground water as well terrestrial contamination.

Keywords: economic efficiency, positive environmental externalities, fish farming.

Introdução

O Ceará é o estado brasileiro que detém, relativamente, a maior área e a maior população do Semiárido. Dos 184 municípios cearenses, 150 estão no Semiárido (NOVA..., 2005). A construção de açudes no Nordeste tem sido uma alternativa para reduzir o problema da escassez hídrica, regra na região. Esses reservatórios, além de servirem para o armazenamento de água para o consumo humano, irrigação, perenização de rios e controle de inundação, podem ser usados para a aquicultura. A aquicultura como meio de subsistência e de atividade econômica tem elevado valor econômico e social para as comunidades rurais e pode ser uma alternativa econômica e social para comunidades rurais do Semiárido (CARVALHO, 2010).

Em 2004, o governo cearense criou um programa de piscicultura associativa em tanques-rede baseado na inserção de famílias de pescadores e produtores agrupados em associações e residentes nas proximidades dos açudes públicos. Essa iniciativa tem múltiplos objetivos, entre eles o de fomentar renda e ocupação, pois nos anos de boa precipitação os reservatórios acumulam volume considerável de água, que fica disponível para o uso humano, de animais e para irrigação e aquicultura, como se pratica no açude público Padre Cícero, mais conhecido como açude Castanhão, no Município de Jaguaribara (OLIVEIRA, 2008).

Os piscicultores do Castanhão executam despescas quatro vezes por ano, num intervalo de três meses, o que permite um fluxo de renda trimestral, também de quatro vezes por ano, para as famílias envolvidas nas atividades. Contudo, os piscicultores não dispõem de informações seguras que lhes possibilitem programar a produção trimestral, pois há variações dos custos dos insumos ao longo dos trimestres, além de os preços dos peixes sofrerem alterações em

épocas de despescas. Também não conhecem o potencial econômico da venda das vísceras dos peixes para a indústria de biodiesel, até porque essa ainda não é uma prática usual. São inadequados os destinos de grande quantidade dessas vísceras, o que provoca contaminação do meio ambiente, quando poderiam ser transformadas em fontes de renda do município (SCITOVSKY, 1954). O resíduo das vísceras transformadas em biodiesel é uma massa amorfa e inodora que os poucos piscicultores que já adotam a prática chamam de “borra”. Esse resíduo atualmente é descartado, enterrado, mas avalia-se que ele pode se transformar em adubo orgânico, o que carece de estudos (PISCICULTURA..., 2016).

O objetivo geral deste trabalho é estabelecer um planejamento de produção e venda escalonadas de tilápia, com aproveitamento econômico das vísceras, para os piscicultores do Castanhão.

Os objetivos específicos da pesquisa são: a) identificar a alocação economicamente eficiente dos recursos, na perspectiva de produção com custo mínimo por piscicultor, com a produção escalonada de tilápia; b) avaliar o resultado econômico potencial da venda das vísceras dos peixes produzidos de forma escalonada para a transformação em biodiesel; c) quantificar o montante de resíduos das vísceras que não serão depositados no ambiente do açude nem em suas adjacências; e d) simular, comparativamente ao que é praticado hoje, os resultados do planejamento proposto.

Referencial teórico

O trabalho usa essencialmente os conceitos de eficiência técnica e eficiência econômica. No caso específico deste estudo, busca a alocação dos recursos na produção de tilápia no açude Castanhão, de forma a avaliar a capacidade de

a atividade ser sustentável. A pesquisa tem preocupação também ambiental na medida em que prevê a alocação eficiente das vísceras dos peixes.

Eficiência técnica e eficiência econômica

A partir da consolidação da microeconomia como ramo da economia, é observado um esforço durante a década de 1950 para produzir medidas de eficiência relacionadas às firmas e à sua capacidade no uso de insumos no processo produtivo, via produtividade total dos fatores (PTF) (SCHERER, 2014). A eficiência técnica na alocação dos fatores de produção e a eficiência econômica, que decorre daquela, são os meios pelos quais o empreendedor busca tornar as atividades produtivas mais rentáveis.

A eficiência técnica envolve aspectos físicos da produção, o que significa o máximo de produto físico com o mínimo de quantidade física de fatores de produção. A eficiência econômica envolve os aspectos monetários da produção, de modo a conduzir o processo produtivo para deter o máximo lucro ou buscar o menor custo, considerando os preços dos fatores de produção e do bem final (BATTESE; COELLI, 1992; PAGE JR., 1980; PINDYCK; RUBINFELD, 2006; TUTULMAZ, 2014).

Em suma o critério da eficiência econômica é o que irá pesar na decisão do empresário acerca da melhor função de produção para a sua empresa, dada à escolha do produto. Marinho e Carvalho afirmam que a medida de eficiência de uma empresa pode ser obtida a partir da estimativa de uma função de fronteira. O montante produzido pelo qual uma firma fica abaixo de suas fronteiras de produção e lucro, ou acima de sua fronteira de custos é considerado como medidas de ineficiência técnica. (MARINHO; CARVALHO, 2004, p. 3).

Nesse aspecto, para analisar a capacidade individual das firmas, Farrel (1957) propôs uma medida de eficiência simples decomposta em dois componentes: i) eficiência técnica (ET), que reflete a habilidade da firma em obter o máximo de produto; e ii) eficiência alocativa (EA), relacio-

nada com a capacidade da firma em usar seus insumos em proporções ótimas (FØRSUND; SARAFOGLOU, 2000). Paralelamente ao uso de números índices, as abordagens empregadas para estimar o grau de eficiência dos produtores, e com maior recorrência na literatura por causa de sua maior sofisticação, são os procedimentos de otimização via Análise de Envoltória de Dados (DEA).

A abordagem DEA é definida por problemas de programação linear e funciona bem quando os desvios em relação à produção ótima decorrem somente de ineficiências técnicas. A abordagem não paramétrica DEA foi desenvolvida diretamente da análise inicial de Farrel (1957), e sua característica mais marcante está na ausência de hipóteses que estabeleçam uma relação na qual os insumos são transformados em produtos.

Programação linear para Gale (2007) e Gonçalves e Koprowski (1995) é uma poderosa técnica de planejamento para avaliar a composição técnica e eficiente de alocação dos fatores de produção. Seus benefícios são exatamente aqueles procurados por qualquer empresa: diminuição dos custos e consequente aumento dos lucros. É uma das técnicas da pesquisa operacional bastante usada em problemas de otimização. Os problemas de programação linear buscam a distribuição eficiente de recursos limitados para atender a um determinado objetivo, em geral maximizar lucros ou minimizar custos. Em se tratando de programação linear, esse objetivo é expresso por uma função linear denominada “função objetivo” (GALE, 2007; KUHNEN, 2010; LANZER, 1982; SCHULZE, 1998).

O conjunto de restrições lineares, como a função objetivo, em um modelo de programação linear pode ser entendido como os insumos ou recursos necessários para satisfazer o proposto na função objetivo. Tanto a função-objetivo quanto as restrições estão relacionadas às variáveis de decisão. Estas, por sua vez, são delimitadas pelas restrições impostas, formando um conjunto discreto, finito ou não, de soluções factíveis a um problema (FERGUNSON, 2016; MACEDO, 2010).

Área do estudo e metodologia

A área de estudo desta pesquisa compreende as comunidades piscícolas do Município de Jaguaribara, no Médio Jaguaribe do Ceará. Distante 250 km da capital cearense, o município possui 10.399 habitantes, sendo 7.212 (69,4%) residentes na zona urbana. Com área de 668,29 km², sua densidade demográfica é de 15,6 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2016a).

Em 2010, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Jaguaribara era de 0,618, 77º lugar entre os 184 municípios do Ceará (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGICA ECONÔMICA, 2014). A infraestrutura do município – água, energia, telefonia, educação e saúde – garante uma qualidade de vida apenas razoável para a população, (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGICA ECONÔMICA, 2014). Sua área urbana, de 420 ha, dispõe de centros comerciais, agência bancária, igrejas católicas e protestantes, praças, ciclovias, centros educacionais, postos de saúde, hospital, creche, escolas, posto da Polícia Militar e uma delegacia distrital (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGICA ECONÔMICA, 2014).

O Produto Interno Bruto (PIB) do Município de Jaguaribara em 2013 era de R\$ 120.471,39 mil, com a seguinte participação por setores: agropecuária, 18,36%; indústria, 12,33%; e serviços, 69,30%. O PIB per capita anual era de R\$ 11.060,54, valor equivalente a 1,4 salário mínimo anualizado em 2013 (IBGE, 2016b). As vocações econômicas do município são bovino-cultura de leite, turismo, fruticultura e piscicultura (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGICA ECONÔMICA, 2014).

Depois da construção do açude Castanhão, iniciada em 1995 e entregue à população do Ceará em 23/12/2002 (A HISTÓRIA..., 2016), a atividade de maior representatividade do município passou a ser a piscicultura. A opção dos piscicultores do município é o uso de sistemas intensivos com o cultivo de tilápia em tanques-rede. Segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica (2014), cerca de 80%

da produção é feita nos parques aquícolas que surgiram depois da inauguração do açude.

Com a construção do açude, a cidade de Jaguaribara teve de ser deslocada para dar lugar ao espelho d'água de 325 km². Para a construção da nova cidade o governo do estado investiu R\$ 71 milhões (NASCIMENTO, 2007). No Castanhão, o estímulo aos projetos de piscicultura acarretam externalidades positivas e negativas. As positivas estão associadas à dimensão socioeconômica da atividade, caracterizada por incrementar os arranjos produtivos locais, garantia da segurança alimentar, geração de renda e promoção da inclusão social.

As externalidades negativas são os riscos potenciais associados ao desenvolvimento da atividade piscícola, como a degradação ambiental decorrente do descarte das vísceras dos peixes à beira do açude ou em outros locais inadequados. Isso pode provocar contaminação do açude e do meio ambiente, pois a putrefação do material provoca odores desagradáveis, dificulta a oxigenação da água do açude e atrai urubus. Quando enterrados, como vem sendo largamente praticado, os resíduos podem provocar a contaminação do lençol freático, fazendo com que as águas coletadas em poços em áreas próximas do açude se tornem inadequadas ao uso humano.

Este trabalho avaliou a possibilidade de as vísceras dos peixes gerarem fonte de renda, pois elas podem se transformar em biodiesel. Cada quilograma de peixe produz aproximadamente 100 gramas de vísceras, que, processadas, transformam-se em biodiesel à taxa de conversão de um para três. Ou seja, de cada 100 gramas de vísceras por quilograma de peixe produzido e preparado para a venda, um terço se transforma em biodiesel. Os restantes dois terços se transformam numa borra inodora e rica em matéria orgânica que poderia ser usada em adubação de hortaliças e fruteiras, o que requer investigações (PISCICULTURA..., 2016).

Método analítico

O estudo usou dados primários e dados secundários. A natureza da pesquisa é do tipo

estudo de caso: piscicultura praticada no açude Castanhão, no Município de Jaguaribara. O levantamento dos dados primários foi por meio de pesquisa de campo. Delimitou-se uma amostra estatística de tamanho n pela equação

$$n \geq (z^2 \sigma^2) / d^2 \quad (1)$$

em que

z = abscissa da distribuição da normal padronizada, fixando um nível de confiança α .

σ = desvio padrão do custo associado à produção de tilápia no açude Castanhão.

d = erro amostral que afere a máxima diferença permitida entre a média populacional e a média que se obtém com a amostra (FÁVERO et al., 2009; KADAM; BHALERAO, 2010).

Contudo, se a população de onde se extrairá a amostra for finita e de tamanho N , caso deste estudo, então, conforme Cochran (1977) e Fávero et al. (2009), a equação 1 toma a forma

$$n \geq (z^2 \sigma^2 N) / \{d^2(N - 1) + (z^2 \sigma^2)\} \quad (2)$$

O estudo usou dados também do IBGE e do Instituto de Pesquisas e Estratégia Econômica do Ceará (Ipece).

Alocação econômica na produção piscícola do vale do Jaguaribe

Uma fonte de renda dos piscicultores ainda não plenamente incorporada ao cotidiano da produção é a venda das vísceras para a indústria de biodiesel. Buscou-se investigar como seria a nova composição do portfólio anual de custo mínimo, estabelecendo-se limites mínimos para a renda bruta anual dos piscicultores caso vendessem as vísceras em separado.

Como referência de renda bruta mínima a ser auferida pelos piscicultores, adotou-se o valor de um salário mínimo mensal em 2014 (R\$ 724,00) ou R\$ 8.688,00 por ano. Como as vísceras respondem por aproximadamente 10% do peso vivo da tilápia, admite-se a renda de

pelo menos esse percentual (10%) do salário mínimo anualizado (R\$ 868,80) por família.

Assim, a programação de minimização de custos adotada nesta pesquisa estabelece dois padrões de remuneração mínima em produção escalonada trimestral. Para a criação de peixe, a remuneração trimestral mínima projetada será de três salários mínimos mensais, ou R\$ 2.172,00. Para a retirada e venda das vísceras, estipula-se a remuneração mínima por trimestre de R\$ 217,20, ou 10% do salário mínimo trimestral.

Os custos envolvidos na produção de tilápia no Castanhão envolvem a compra de rações, medicamentos, vacinas, depreciação de gaiolas e remuneração de mão de obra contratada para poucos serviços específicos, pois predomina a mão de obra familiar.

O modelo de programação linear (PL) usado na pesquisa consiste em definir uma função-objetivo (Z) visando à obtenção de um plano ótimo de cultivo de custo mínimo, compatível com as necessidades mínimas de produção e rendas trimestral e anual dos piscicultores (GALE, 2007; LANZER, 1982; SCHULZE, 1998; TUTULMAZ, 2014).

Definem-se as variáveis de decisão X_i = produção de tilápia no trimestre i ($i = 1, 2, 3, 4$) e admite-se que os custos para produzir as vísceras separadamente estão associados à produção Y_i para o trimestre i . Há também o custo unitário c_i por quilograma de peixe produzido para trimestre i e o custo unitário w_j por quilograma de vísceras. Os custos c_i e w_j são aferidos em reais de 2014.

Com base nessas informações, elaborase o programa de PL para a produção escalonada (trimestral) de tilápia e vísceras mediante a minimização da função de custo total

$$Z_{ij} = c_1 X_1 + c_2 X_2 + c_3 X_3 + c_4 X_4 + w_1 Y_1 + w_2 Y_2 + w_3 Y_3 + w_4 Y_4 \quad (3)$$

Admite-se como p_i o preço médio por quilograma da tilápia em despesa escalonada para o trimestre i . Define-se também r_j como o preço

médio do quilograma das vísceras na produção trimestral escalonada de tilápia no trimestre i . Os preços de tilápia e das vísceras são aferidos em reais de 2014. Com essas informações, estabelecem-se as seguintes restrições ao problema de PL.

- 1) Restrição de renda mínima associada à produção e despesa escalonada de tilápia ao longo do ano:

$$p_1X_1 + p_2X_2 + p_3X_3 + p_4X_4 \geq \text{R\$ } 8.688,00 \quad (4)$$

em que o valor do lado direito é o salário mínimo anualizado.

- 2) Restrição associada à retirada das vísceras para venda em separado ao longo do ano:

$$r_1Y_1 + r_2Y_2 + r_3Y_3 + r_4Y_4 \geq \text{R\$ } 868,80 \quad (5)$$

em que o lado direito representa 10% do valor anualizado do salário mínimo.

- 3) Restrição associada à combinação da produção de tilápia e retirada das vísceras para venda em separado no primeiro trimestre:

$$p_1X_1 + r_1Y_1 \geq \text{R\$ } 2.389,20 \quad (6)$$

em que o valor do lado direito é a soma da receita mínima da venda de peixe no primeiro trimestre, equivalente a três salários mínimos (R\$ 2.172,00) e da renda da venda das vísceras, que equivale a 10% desse montante (R\$ 271,20). Esses também são os limites inferiores das três equações seguintes.

- 4) Restrição associada à combinação da produção de tilápia e retirada das vísceras para venda em separado no segundo trimestre:

$$p_2X_2 + r_2Y_2 \geq \text{R\$ } 2.389,20 \quad (7)$$

- 5) Restrição associada à combinação da produção de tilápia e retirada das vísceras para venda em separado no terceiro trimestre:

$$p_3X_3 + r_3Y_3 \geq \text{R\$ } 2.389,20 \quad (8)$$

- 6) Restrição associada à combinação da produção de tilápia e retirada das vísceras para venda em separado no quarto trimestre:

$$p_4X_4 + r_4Y_4 \geq \text{R\$ } 2.389,20 \quad (9)$$

- 7) Restrição associada à produção mínima trimestral de peixes:

$$X_i \geq 440 \text{ kg} \quad (10)$$

Nesse caso, a quantidade mínima foi estimada considerando o preço médio da venda da tilápia observado na pesquisa de campo: R\$ 4,94/kg.

- 8) Restrição associada à produção mínima trimestral de vísceras:

$$Y_j \geq \text{R\$ } 44,00 \quad (11)$$

Resultados e discussão

A pesquisa de campo foi feita em 2014 no Castanhão, ano de seca no Ceará e em que o volume de água do açude estava bastante aquém de sua capacidade de 7,5 bilhões de metros cúbicos.

Em abril de 2014, no fim da quadra chuvosa daquele ano, o açude acumulava somente 2,5 bilhões de metros cúbicos, apenas 37,0% de sua capacidade. Aquele foi o pior índice observado desde sua inauguração (PEREIRA et al., 2014).

Das 300 famílias envolvidas nas atividades em 2014, selecionaram-se, aleatoriamente, 81 para o levantamento dos coeficientes técnicos, dos custos unitários e das demais informações necessárias para a formatação da função de custos a ser minimizada de forma escalonada. A amostra forneceu também as informações

dos preços do quilograma de peixe vendido e que vão fazer parte das restrições associadas ao problema PL. O nível fiducial da pesquisa é de 95% e o desvio “d” é de 3%.

Pelo relato dos entrevistados, os projetos produtivos de criação de peixes começaram no início de 2004, e a espécie criada é a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). A alimentação é fornecida de acordo com os dados obtidos de biometria feita por técnicos que prestam assistência técnica ao projeto. Durante a fase da engorda, a ração é administrada de duas a cinco vezes por dia e é o insumo de maior peso no custo da produção, podendo responder por até 70% dos gastos.

O manejo da tilápia no sistema de tanque-rede exige balanças, puçás, baldes, balaios, engradados, kit de análise de água, termômetro, oxímetro, pHmetro, disco de secchi, freezer, cordas, arames, facas, computador para uso no escritório da cooperativa. Além disso, são usados balsas de apoio, caiaques ou canoas – necessários para os pequenos motores conhecidos pelos piscicultores como “rabetas”–, e estruturas de flutuação, amarração e de delimitação do cultivo.

A comercialização do pescado é feita de forma direta in natura. Os principais compradores são restaurantes locais e empresas de Fortaleza. O preço médio trimestral por quilo de peixe varia de R\$ 4,81 a R\$ 5,15. O manejo ecologicamente correto dos tanques-rede, associado ao monitoramento adequado da qualidade da água, pode evitar, ou minimizar, a proliferação de algas e a infestação do açude por macrófitas. Ressalta-se que a relação profundidade versus circulação de água é determinante para a definição da área de instalação dos projetos piscícolas (SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

Atualmente, no geral, os peixes são comercializados com as vísceras e, por isso, os preços de venda das vísceras foram considerados os mesmos dos peixes. Além disso, como ainda não é prática rotineira o compute dos custos unitários das vísceras, considerou-se como coeficientes de custos os mesmos adotados para a produção dos peixes. Assim, é provável que

esses custos unitários estejam dimensionados acima dos seus verdadeiros valores, o que pode ser um fator de confirmação de que esta prática é economicamente viável: se com custo unitário computado acima do provável valor real o resultado for economicamente positivo, seguramente o será quando for computado o verdadeiro custo envolvido, provavelmente menor.

Perfil dos piscicultores pesquisados no açude Castanhão

A média de idade dos piscicultores pesquisados é de 44,3 anos – o mais jovem possuía 25 anos e o mais idoso, 80 anos na época da pesquisa. A faixa etária modal é de 25 a 40 anos (51,9%). Então, a maioria dos piscicultores entrevistados é de jovens adultos. Como os 81 piscicultores usaram 1.255 tanques-rede, a média foi de 16 tanques por piscicultor. Cada tanque possui três metros de largura, três de comprimento e dois de profundidade.

Minimização dos custos de produção piscícola no açude Castanhão

A Tabela 1 mostra os coeficientes técnicos associados aos custos e à venda do quilograma de tilápia e vísceras.

A Tabela 2 é a matriz dos coeficientes técnicos estimados com base na pesquisa de campo. Ela mostra os preços da tilápia e das vísceras associados às restrições do PL e os limites inferiores das restrições.

A Tabela 3 mostra os resultados encontrados com a minimização de custos com o uso do PL. As evidências sugerem que se o objetivo dos criadores de tilápia for produzir de forma escalonada, com as despescas a cada três meses e com a retirada das vísceras, a combinação média ideal é produzir 451,56 kg de peixe no primeiro trimestre; 455,15 kg no segundo; 591,60 kg no terceiro; e 442,36 kg no quarto. A produção de vísceras se distribui da seguinte forma: 45,16 kg no primeiro trimestre; 45,52 kg no segundo; 59,16 kg no terceiro; e 44,24 kg no quarto.

Tabela 1. Variáveis de decisão e custos unitários por trimestre da tilápia e das vísceras produzidas no açude Castanhão em 2014.

	Variável de decisão							
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
Custo unitário (R\$/kg)	3,57	3,82	3,81	3,64	3,57	3,82	3,81	3,64

Tabela 2. Matriz dos coeficientes técnicos (R\$/kg) da tilápia e das vísceras e os valores mínimos associados às restrições impostas pelo PL.

Restrição	Variável de decisão								Limite inferior
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	
1	4,81	5,15	5,14	4,91	0	0	0	0	8.688,00
2	0	0	0	0	4,81	5,15	5,14	4,91	868,80
3	4,81	0	0	0	4,81	0	0	0	2.389,20
4	0	5,15	0	0	0	5,15	0	0	2.389,20
5	0	0	5,14	0	0	0	5,14	0	2.389,20
6	0	0	0	4,91	0	0	0	4,91	289,20
7	1	0	0	0	0	0	0	0	440,00
8	0	1	0	0	0	0	0	0	440,00
9	0	0	1	0	0	0	0	0	440,00
10	0	0	0	1	0	0	0	0	440,00
11	0	0	0	0	1	0	0	0	44,00
12	0	0	0	0	0	1	0	0	44,00
13	0	0	0	0	0	0	1	0	44,00
14	0	0	0	0	0	0	0	1	44,00

Tabela 3. Programação de produção escalonada de tilápia e vísceras no açude Castanhão, por cooperado.

Variável de decisão	Produção (kg/trimestre)	Coefficiente técnico	Custo mínimo trimestral (R\$)
X ₁	451,56	3,57	1.612,07
X ₂	455,15	3,82	1.738,67
X ₃	591,60	3,81	2.254,00
X ₄	442,36	3,64	1.610,19
Y ₁	45,16	3,57	16,26
Y ₂	45,52	3,82	17,30
Y ₃	59,16	3,81	22,48
Y ₄	44,24	3,64	15,93
Custo mínimo anual projetado			7.286,89

Nas condições em que é praticada a produção de tilápia no açude Castanhão, o custo mínimo anual por cooperado, em valores de 2014, seria de R\$ 7.286,89 (Tabela 3 e Figura 1).

A Tabela 4 mostra os resultados encontrados para os valores projetados com as restrições de rendas e os valores alcançados como decorrência da proposta de otimização de alocação de recursos desta pesquisa. Se a produção e a venda forem apenas dos peixes (primeira res-

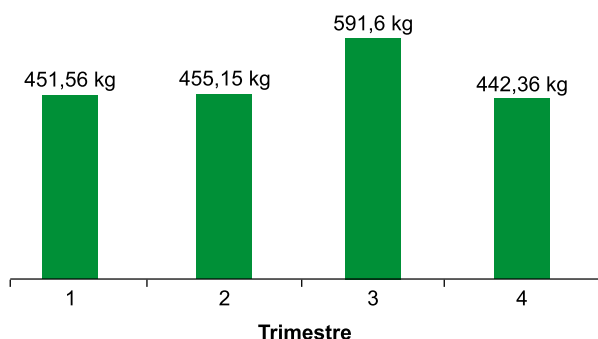


Figura 1. Produção escalonada e programada trimestral de tilápia no açude Castanhão.

trição), então a renda alcançada em produção escalonada seria de R\$ 9.728,24.

Na segunda restrição, apresenta-se o que seria o resultado da receita com a venda das vísceras, que proporcionaria renda anual de R\$ 972,95. Então, o total anual potencial da venda de peixes com vísceras seria de R\$ 1.0701,19. Portanto, com esse procedimento, haveria folga de 12% em relação aos mínimos estabelecidos (Tabela 4).

Os resultados alcançados na pesquisa (Tabelas 4 e 5) sugerem que todas as restrições de renda mínima foram atendidas e confirmam que a produção de peixes com a retirada das vísceras para venda em separado pode ser uma alternativa econômica importante.

Potencialidades para a preservação do ambiente

Os resultados potenciais decorrentes da produção de tilápia no açude Castanhão sem contaminar o espelho d'água, as margens nem

Tabela 4. Receitas mínimas anuais programadas com a produção de tilápia e vísceras no açude Castanhão.

Restrição (1)	Valor mínimo programado (R\$) (2)	Valor alcançado na pesquisa (R\$) (3)	Folga (R\$) (4) = (3) - (2)	Acréscimo percentual do valor alcançado em relação ao mínimo programado (4)/(2)x100
Primeira	8.688,00	9.728,24	1.040,24	12,0
Segunda	868,80	972,95	104,15	12,0
Total	9.556,80	10.701,19	1.144,39	12,0

Tabela 5. Receitas mínimas programadas, alcançadas e folga em relação ao mínimo planejado.

Restrição (1)	Valor mínimo programado (R\$) (2)	Valor alcançado na pesquisa (R\$) (3)	Folga (R\$) (4) = (3) - (2)	Acréscimo do valor alcançado em relação ao mínimo programado (4)/(2)x100
Terceira	2.389,20	2.389,82	0,62	0,0
Quarta	2.389,20	2.578,45	189,25	7,9
Quinta	2.389,20	3.344,91	955,71	40,0
Sexta	2.389,20	2.389,21	0,01	0,0

áreas adjacentes são uma grande contribuição deste trabalho. Aqui, mostra-se que há a possibilidade de se encontrar um destino mais nobre para as vísceras, que então podem gerar renda para os piscicultores. Esses resultados potenciais são mostrados na Tabela 6. Dentro da programação estabelecida, a produção anual de peixe das 300 famílias envolvidas seria de 582,2 toneladas, assim distribuídas: 135,5 toneladas no primeiro trimestre; 136,5 no segundo; 177,5 no terceiro; e 132,7 no quarto. A produção de vísceras seria de 58,22 toneladas, que – com o destino que recebem hoje – praticamente seriam depositadas em valas, enterradas, colocadas nas margens do açude ou em algum outro local inadequado.

Na programação desta pesquisa, as vísceras se transformariam em 19.406,70 litros de biodiesel – renda adicional para as famílias. Do processamento das vísceras, sobrariam 38,8 toneladas do resíduo não poluente, conhecido como borra. Os poucos piscicultores que já trabalham nessa perspectiva informaram que atualmente a borra é enterrada.

Considerações finais e sugestões para políticas públicas

A pesquisa mostrou que a produção escalonada de peixes no açude Castanhão tem potencial de renda mais promissor para os criadores de tilápia. A alternativa mostra que a

venda das vísceras geraria renda adicional além das externalidades positivas sobre o ambiente.

Na produção escalonada, com a venda apenas dos peixes a renda anual programada seria de R\$ 9.728,24 por família. Com a retirada e venda das vísceras, cada família teria renda anual de R\$ 10.701,19.

A produção potencial segundo a programação desta pesquisa geraria para as 300 famílias 58.220,10 kg de vísceras que, hoje, seriam depositadas em valas ou enterradas nas margens do açude, com evidentes externalidades ambientais negativas.

Na programação desta pesquisa, as vísceras produziram 19.406,70 litros de biodiesel. O resíduo inodoro, ou “borra”, poderia, a depender de estudos, se transformar em ração para aves ou adubo orgânica. Qualquer dessas alternativas, além de poupar o ambiente de contaminação, geraria renda adicional. Na programação desta pesquisa, seriam nulas as externalidade negativas.

Como sugestões de política pública para aquela área, mas que pode ser generalizada para qualquer outra de criação de peixes, recomenda-se que o serviço de assistência técnica se aproprie do conhecimento gerado neste estudo quanto a sua potencialidade não poluidora.

Com o serviço de assistência técnica competente, que difunda a atividade, os financiadoras de projetos no Semiárido, como o Banco do

Tabela 6. Produção de peixes, vísceras, biodiesel e resíduos (borra) dos 300 piscicultores do açude Castanhão conforme a programação proposta da pesquisa.

Trimestre	Produção de peixe por família (kg)	Produção de peixe (kg)	Produção de peixe por tanque (kg)	Produção de vísceras (kg)	Quantidade total de biodiesel (L)	Produção de resíduo (borra) (kg)
Primeiro	451,56	135.468,00	107,9	13.546,80	4.515,60	9.031,20
Segundo	455,15	136.545,00	108,8	13.654,50	4.551,50	9.103,00
Terceiro	591,60	177.480,00	141,4	17.748,00	5.916,00	11.832,00
Quarto	442,36	132.708,00	105,7	13.270,80	4.423,60	8.847,20
Total	1.940,67	582.201,00	463,9	58.220,10	19.406,70	38.813,40

Nordeste e o Banco do Brasil, podem desenvolver linhas dentro do Pronaf para a aquisição e adaptação de equipamentos processadores de biodiesel de vísceras e fazer com que a prática se dissemine com elevados impactos econômicos, sociais e ecológicos, como definidos por De Janvry et al. (1989).

Mais promissor ainda é o fato de a apropriação desse conhecimento – produzir biodiesel de vísceras de peixes – ser importante política de fomentação de produção de combustível limpo com total eliminação da capacidade poluente hoje observada. Os efeitos de políticas públicas nessa área têm dimensões bastante vantajosas sobre todos os aspectos além dos econômicos. Portanto, os resultados da pesquisa podem balizar políticas públicas de assistência técnica, extensão rural e fomento e crédito subsidiado – para a produção de peixes em cativeiro – que estimulem a venda das vísceras, via empresas ou cooperativas dos próprios criadores, para a produção de biodiesel, e a busca do uso racional do resíduo final.

O estudo pode ser usado também como referência para mercados e feiras públicas dos municípios no processo de separação das vísceras para a indústria de biodiesel. Hoje, esses resíduos produzidos nas feiras e mercados municipais vão para lixões, a maioria a céu aberto, onde proliferam mau cheiro e ratos e urubus. Transformadas em biodiesel e em borra, as vísceras teriam destino bem mais nobre.

Referências

A HISTÓRIA do Açude Castanhão. 2016. Disponível em: <<http://mardoceara.blogspot.com.br/2016/03/a-historia-do-acude-castanhao.html>>. Acesso em: 10 out. 2016.

BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. **The Journal of Productivity Analysis**, v. 3, p. 153-169, June 1992. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/41770578>>. Acesso em: 16 jul. 2016.

CARVALHO, O. Nordeste semiárido: transformação de potencialidades em possibilidades econômicas. In:

SEMIÁRIDO. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2010. p. 143-176.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. 3rd ed. New York: J. Wiley, 1977.

DE JANVRY, A.; MARSH, R.; RUNSTEN, D.; SADOULET, E.; ZABIN, C. Impacto de la crisis en la economía campesina de America Latina y el Caribe. In: JORDAN, F. (Comp.). **La economia campesina: crisis, reactivación y desarrollo**. San Jose: IICA, 1989. p. 91-206.

FARREL, M. J. The measurement of productivity efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957. Disponível em: <<http://www.aae.wisc.edu/aae741/Ref/Farrell%201957.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. São Paulo: Campus, 2009.

FERGUNSON, T. S. **Linear programming**. Disponível em: <<https://www.math.ucla.edu/~tom/LP.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2016.

FØRSUND, F. R.; SARAFLOU, N. **On the origins of data envelopment analysis**. Oslo: University of Oslo, Department of Economics, 2000. (Memorandum, 24). Disponível em: <<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/63141/1/323440673.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2016.

GALE, D. Linear programming and the simplex method. **Notices of the AMS**, v. 54, n. 3, p. 364-369, mar. 2007. Disponível em: <<http://www.ams.org/notices/200703/fea-gale.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2016.

GONÇALVES, A.; KOPROWINSKI, S. O. **Pequena empresa no Brasil**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado: Ed. da USP, 1995.

IBGE. **Ceará – Jaguaribara**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=230680&search=ceara|jaguaribara>>. Acesso em: 1 jun. 2016a.

IBGE. **PIB municipal**. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 10 out. 2016b.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGICA ECONÔMICA. **Perfil básico municipal 2014**. 2014. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br/index.php/perfil-basico-municipal-2014>>. Acesso em: 16 jul. 2016.

KADAM, P.; BHALERAO, S. Sample size calculation. **International Journal of Ayurveda Research**, v. 1, n. 1, p. 55-57, jan./mar. 2010. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2876926/>>. Acesso em: 13 jul. 2016.

KUHNEN, O. **Métodos quantitativos**. Concórdia: Universidade do Contestado, 2010. Apostila do Curso Pós-Graduação Lato Sensu em Auditoria e Perícia.

- LANZER, E. **Programação linear**: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro: Ipea, 1982.
- MACEDO, J. de J. **Aplicação de dualidade linear para determinação de preço justo de venda na terceirização de produto**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.
- MARINHO, E.; CARVALHO, R. M. **Comparações inter-regionais da produtividade da agricultura brasileira – 1970-1995**. 2004. Disponível em: <<http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/viewFile/64/38>>. Acesso em: 16 jul. 2016.
- NASCIMENTO, S. C. O. do. **Avaliação da sustentabilidade do projeto de Piscicultura Curupati-Peixe no açude Castanhão, Jaguaribara-CE**. 2007. 127 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- NOVA delimitação do semiárido brasileiro. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional, 2005.
- OLIVEIRA, G. G. de. **Políticas públicas para a aquicultura no Estado do Ceará**: uma comparação dos governos estaduais de 1998 a 2008. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- PAGE JR., J. M. Technical efficiency and economic performance: some evidence from Ghana. **Oxford Economic Papers**, v. 32, n. 2, p. 319-339, Jul. 1980. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2662688?origin=JSTOR-pdf&seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 20/07/2016.
- PEREIRA, F. A. C.; LUNA, R. M.; STUDART, T. M. de C.; ROCHA, E. da J. T.; CYSNE, A. P. Complexo industrial e portuário do Pecém (CE): diagnóstico e perspectivas do seu sistema hídrico. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 12., 2014, Natal. **Anais...** [Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos], 2014. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/xiisrh/anais/papers/PAP018444.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2016.
- PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- PISCICULTURA no Açude Castanhão. Jaguaribara: Cooperativa de Produtores do Curupati Peixe, 2016.
- SCHERER, C. E. M. **Eficiência produtiva regional da agricultura brasileira**: uma análise de fronteira estocástica. 2014. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SCHULZE, M. A. **Linear programming for optimization**. 1998. Disponível em: <<https://www.markschulze.net/LinearProgramming.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2016.
- SCITOVSKY, T. Two concepts of external economies. **The Journal of Political Economy**, v. 62, n. 2, p. 143-151, Apr. 1954. Disponível em: <<http://www.colorado.edu/economics/morey/externalitylit/scitovsky-jpe1954.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2016.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. S. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: Funep, 1995.
- TUTULMAZ, O. The relationship of technical efficiency with economical or allocative efficiency: an evaluation. **Quest Journal**: journal of research in business and management, v. 2, n. 9, p. 1-12, 2014.
-