

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 29/07/2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**MODELAGEM FINANCEIRA E RISCO
ECONÔMICO DA PRODUÇÃO COMERCIAL
DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM
LAGOS E RESERVATÓRIOS TROPICAIS**

Maicon da Rocha Brande
Engenheiro de Pesca

Jaboticabal, São Paulo

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**MODELAGEM FINANCEIRA E RISCO
ECONÔMICO DA PRODUÇÃO COMERCIAL
DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM
LAGOS E RESERVATÓRIOS TROPICAIS**

Maicon da Rocha Brande

Orientador: Dr. Guilherme Wolff Bueno

Co-orientador: Dr. Wagner Cotroni Valenti

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação
em Aquicultura do Centro de
Aquicultura da UNESP –
CAUNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do
título de MESTRE.

Jaboticabal, São Paulo

2019

B817m Brande, Maicon da Rocha
Modelagem financeira e risco econômico da produção comercial de
tilápia (*Oreochromis niloticus*) em lagos e reservatórios tropicais /
Maicon da Rocha Brande. -- Jaboticabal, 2019
vi, 102 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de
Aquicultura, 2019
Orientador: Guilherme Wolff Bueno
Co-orientador: Wagner Cotroni Valenti
Banca examinadora: Jesaias Ismael da Costa, Danilo Cintra
Proença
Bibliografia

1. Aquicultura de precisão. 2. Bioeconomia. 3. Simulação Monte
Carlo. 4. Custo de produção. 5. Modelagem matemática. 6.
Planejamento financeiro. 7. Tilapicultura. I. Título. II. Jaboticabal-
Centro de Aquicultura.

CDU 639.31



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

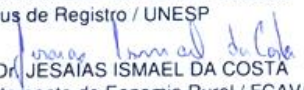
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MODELAGEM FINANCEIRA E RISCO ECONÔMICO DA PRODUÇÃO
COMERCIAL DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM LAGOS E
RESERVATÓRIOS TROPICAIS

AUTOR: MAICON DA ROCHA BRANDE

ORIENTADOR: GUILHERME WOLFF BUENO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AQUICULTURA, área:
Biologia Aquática pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. GUILHERME WOLFF BUENO
Câmpus de Registro / UNESP


Prof. Dr. JESAIAS ISMAEL DA COSTA
Departamento de Economia Rural / FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP


Prof. Dr. DANILO CINTRA PROENÇA
/ Faculdade São Luís de Jaboticabal

Jaboticabal, 29 de julho de 2019

AGRADECIMENTO INSTITUCIONAL

O presente trabalho foi realizado com apoio da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)**
- Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS.....	IV
AGRADECIMENTOS.....	1
DEDICATÓRIA.....	2
APOIO FINANCEIRO E INSTITUCIONAL	3
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUÇÃO GERAL	6
OBJETIVO GERAL.....	9
CAPÍTULO 1	10
RISCO FINANCEIRO E CENÁRIO ECONÔMICOS DE FAZENDAS DE GRANDE PORTE PARA PRODUÇÃO COMERCIAL DA TILÁPIA (<i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>) EM TANQUES- REDE, SÃO PAULO, BRASIL	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
2.1. Análise de Custos e Lucratividade	15
2.2. Análise de Fluxo de Caixa.....	17
2.3. Análise de Viabilidade Econômica	18
2.4. Análise de Simulação Monte Carlo (SMC).....	19
2.5. Análise de Sensibilidade ao Risco Financeiro e Econômico	21
3. RESULTADOS.....	22
3.1. Desempenho Financeiro e Econômico dos Cenários Produtivos	22
3.2. Viabilidade Econômica dos Cenários Produtivos.....	29
3.3. Análise dos Riscos Financeiros e Econômicos dos Cenários Produtivos	31
3.4. Análise de Sensibilidade dos Riscos Financeiros e Econômicos	33
3.5. Mapa do Grau de Risco Financeiro e Econômico dos Cenários Produtivos	34
4. DISCUSSÃO	37
AGRADECIMENTOS.....	41
REFERÊNCIAS.....	41
ANEXOS (A).....	45
ANEXOS (B).....	46
ANEXOS (C).....	47
LISTA DE TABELAS	48
LISTA DE FIGURAS	49

CAPÍTULO 2	50
MODELO MATEMÁTICO DE PREDIÇÃO FINANCEIRA (MMPF) PARA PRODUÇÃO COMERCIAL DE TILÁPIA (<i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>) EM LAGOS E RESERVATÓRIOS DE CLIMA TROPICAL	50
1. INTRODUÇÃO	51
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	53
2.1. Coleta de Dados	53
2.2. Modelagem de Crescimento Corporal.....	54
2.2.1. Aplicação do coeficiente de crescimento térmico (TGC)	54
2.3. Modelo Matemático de Predição Financeira (MMPF)	56
2.3.1. Modelagem das variáveis produtivas	56
2.3.2. Modelagem das variáveis financeiras	57
2.4. Indicadores de Custos e Lucratividade	61
2.5. Validação Estatística do MMPF em Relação ao MAFC	62
2.6. Simulação Monte Carlo para Demonstração do MMPF	63
2.7. Análise de Sensibilidade por Correlação de Spearman.....	64
3. RESULTADOS.....	65
3.1. Modelo Matemático de Predição Financeira (MMPF)	65
3.1.1. Curvas de crescimento corporal (TGC).....	65
3.1.2. Análise de custo e lucratividade (MAFC e MMPF)	67
3.1.3. Curva dos indicadores financeiros (MAFC e MMPF)	71
3.1.4. Curvas de regressão (MAFC e MMPF)	76
3.1.5. Validação estatística (MAFC e MMPF)	79
3.2. Demonstração do MMPF por SMC	80
3.3. Sensibilidade por Correlação de spearman	82
4. DISCUSSÃO	85
AGRADECIMENTOS.....	87
REFERÊNCIAS.....	87
ANEXOS (D).....	91
ANEXOS (E).....	92
LISTA DE TABELAS	93
LISTA DE FIGURAS	94
DISCUSSÃO GERAL	96
REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES.....	99

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

(BMA)	Biomassa anual
(C)	Custo
(CA)	Conversão alimentar
(Ca)	Custo com alevinos
(Cad)	Custo com administrativo
(Car)	Custo com arrendamento
(Cco)	Custo com combustível
(Cee)	Custo com energia elétrica
(CESSR)	Contribuição especial social rural
(CF)	Custo fixo
(CG)	Capital de giro
(Cma)	Custo com manutenção
(CMD)	Cenário modelo
(Cme)	Custo médio de produção
(Cmo)	Custo com mão de obra
(Cms)	Custo com manejo sanitário
(CP)	Ciclo de produção
(CR)	Consumo de ração
(Cr)	Custo com ração
(CT)	Custo total
(CV)	Custo variável
(D)	Depreciação
(DE)	Densidade de estocagem
(dp)	Desvio padrão
(EVP)	Extragrande volume produtivo
(EXP)	Exponencial de crescimento corporal
(f)	Função

(FC)	Fluxo de caixa
(FCA)	Fluxo de caixa acumulado
(FCD)	Fluxo de caixa descontado
(FLC)	Fluxo líquido de caixa
(GVP)	Grande volume produtivo
(I ₀)	Investimento inicial
(IR)	Imposto sobre renda
(IRR)	Imposto de renda rural
(JUV)	Fase juvenil
(L')	Lucro bruto
(LB)	Lucro bruto
(LL)	Lucro líquido
(MAE)	Erro médio absoluto
(MB)	Margem bruta
(ML)	Margem líquida
(MOR)	Taxa de mortalidade
(MVP)	Médio volume produtivo
(N)	Amostra
(NPF)	Número de peixes finais
(NPI)	Número de peixes iniciais
(Pa)	Preço dos alevinos
(P _{adm})	Valor unitário de administrativo
(P _{arr})	Valor unitário de arrendamento
(Payback)	Período de retorno de capital
(P _c)	Preço de comercialização
(P _{co})	Valor unitário de combustíveis
(PDA)	Produtividade anual
(P _{dep})	Valor unitário de depreciação
(PE)	Ponto de equilíbrio

(Pee)	Valor unitário de energia elétrica
(Pf)	Peso final
(Pi)	Peso inicial
(PM)	Fase peso de mercado
(Pman)	Valor unitário de manutenção
(Pmdo)	Valor unitário de mão de obra
(Pms)	Valor unitário de manejo sanitário
(PNI)	Ponto de nivelamento
(Pr)	Preço da ração
(Ptr)	Valor unitário de treinamento
(PVP)	Pequeno volume produtivo
(R)	Receita
(R ²)	Coeficiente de determinação
(RCB)	Relação custo-benefício
(RE)	Receita estimada
(Rme)	Retorno médio de capital
(RMSE)	Raíz do erro quadrático médio
(RSS)	Soma dos quadrados dos resíduos
(SMC)	Simulação Monte Carlo
(SOB)	Taxa de sobrevivência
(TA)	Temperatura da água
(TGC)	Coeficiente de crescimento térmico
(TIR)	Taxa interna de retorno
(TL)	Taxa de lucratividade
(TMA)	Taxa mínima atrativa
(ve)	Variável econômica
(vp)	Variável produtiva
(VPL)	Valor presente líquido

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação não é apenas um resultado de esforço individual, e sim de um conjunto de pessoas que contribuíram anos após anos no meu desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional.

Agradeço primeiramente a minha família pelo apoio condicional em todas as fases de minha vida, no apoio a cada decisão em continuar estudando, me aperfeiçoando e me tornando na pessoa que sou atualmente.

Ao meu orientador prof. Dr. Guilherme Wolff Bueno, quem tem me direcionado a cada desafio, com foco e objetivo, sendo meu mentor a cada escolha e caminho a ser percorrido na minha formação acadêmica e profissional.

Ao nosso time de trabalho do Laboratório de Inovação, Criatividade e Bioeconomia – Aquário de Ideias da UNESP Campus de Registro, pelo empenho, dedicação e apoio de todos na coleta de dados que auxiliou neste projeto.

Ao prof. Wagner C. Valenti e todo setor de Carcinicultura do CAUNESP pela parceria e acolhimento nos momentos que precisei para elaboração deste projeto e todas as pessoas que me auxiliaram e tornaram amigos (as) de trabalho e para a vida.

A Piscicultura Cristalina LTDA pela parceira de mais de 10 anos com nosso grupo de pesquisa e por toda sua equipe no auxílio das coletas a campo e no fornecimento dos dados históricos para elaboração desta dissertação.

A todos os meus amigos e conhecidos, pela amizade e apoio em todos os momentos de minha escalada acadêmica e profissional.

Por fim deixo meus agradecimentos a todas as pessoas que de algum modo contribuiu na construção desta dissertação.

DEDICATÓRIA

***“Todo o nosso conhecimento tem sua
origem em nossas percepções”***

(Leonardo Da Vinci)

Dedico aos meus pais pelo incentivo constante em nunca desistir dos meus sonhos, por sempre acreditarem que “O Estudo Transforma e Cria Oportunidades”.

APOIO FINANCEIRO E INSTITUCIONAL

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo fornecimento da bolsa de mestrado no período de 01/03/2018 a 01/07/2019. Este estudo foi realizado como parte integrante de projetos anteriores pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) Mudanças Climáticas, processos nº 2016/10.563-0 e nº 2018/50.022-4.

Agradeço à Empresa Piscicultura Cristalina LTDA pela parceira, apoio na logística, infraestrutura e fornecimento de dados históricos de produção e ao Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) pelo apoio institucional ao longo do desenvolvimento dessa dissertação.

RESUMO

O aumento exponencial da população em nível mundial tem crescido a demanda por proteínas de qualidade. Com isto, muitos produtores rurais têm migrado da atividade agrícola para a aquicultura, surgindo propriedades com diferentes níveis de produção de pescado. No entanto, com o desconhecimento das especificidades econômicas e zootécnicas, vários empreendimentos se tornaram insustentáveis economicamente, gerando endividamentos e falência dos negócios. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa consistiu em realizar uma modelagem financeira e avaliar o risco econômico da produção comercial de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistema de tanques-rede instalados em um reservatório tropical. O estudo é apresentado em dois capítulos, no primeiro avaliamos o risco financeiro e cenários econômicos de fazendas com grandes volumes de produção (VP), áreas aquícolas de 10 a 600 mil m³. No segundo capítulo, a partir das informações obtidas inicialmente desenvolvemos um modelo matemático de predição financeira (MMPF) integrado com o modelo matemático do coeficiente de crescimento térmico (TGC) o qual considerou variáveis de desempenho dos peixes e fatores econômicos da produção. Verificamos que os tanques-rede com volumes superiores a 51 mil m³ apresentam 38,67% de probabilidade de risco financeiro e econômico, com um *Payback* acima de 10 anos e podem atingir um Valor Presente Líquido (VPL) maior que zero com uma taxa interna de retorno (TIR) menor que 8,67%. Enquanto, fazendas com área inferior a 50 mil m³ apresentam 51,17% de probabilidade de insucesso financeiro e um *Payback* médio maior que 7 anos. O MMPF desenvolvido demonstrou ser eficiente para predição financeira em relação ao modelo de análise financeira clássica (MAFC) com uma média do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,7906$) e erro médio absoluto (MAE = 0,3623), indicando que esta abordagem pode ser aplicada para avaliar o risco econômico da produção comercial de tilápia instaladas em lagos e reservatórios.

PALAVRAS-CHAVE: aquicultura de precisão, bioeconomia, custo de produção, otimização de lucros, viabilidade econômica, simulação Monte Carlo.

ABSTRACT

The exponential increase in population worldwide has been growing the demand for quality proteins. As a result, many farmers have migrated their agricultural to aquaculture, in this scenario the fish farms have different levels of scale production. However, the lack of knowledge of fish production and economic conditions, was promoted enterprises economically unsustainable, generating indebtedness and business failure. In this context, the objective of research was to perform a financial modeling and evaluate the economic risk of commercial production Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the cages installed in a tropical reservoir. The study is presented in two chapters. In the first chapter we assess the financial risk and economic scenarios of fish farms with large production volumes (VP), aquaculture areas from 10 to 600 thousand m³. In a second chapter, we used the information obtained from 1th chapter for developed a mathematical model for financial prediction (MMPF) integrated with the thermal growth coefficient mathematical model (TGC) considered fish performance variables and economic factors to tilapia production. We verified that cages with volumes over 51,000 m³ have a 38.67% probability to lower financial and economic risk, obtain a payback over 10 years and result a net present value (NPV) greater than zero with an internal rate of return (IRR) of less than 8.67%. Likewise, fish farms with area of less 50,000 m³ have a 51.17% the probability of financial failure and an average payback 7 years above than. The developed the MMPF model proved to be efficient for financial prediction in relation to the classic financial analysis model (MAFC) with a mean coefficient of determination ($R^2 = 0.7906$) and absolute mean error (MAE = 0.3623), indicating can be applied for commercial tilapia production in cages installed in lakes and reservoirs.

KEY-WORDS: aquaculture, bioeconomics, cost of production, mathematical modeling, economic viability, Monte Carlo simulation.

INTRODUÇÃO GERAL

O aumento exponencial da população em nível mundial tem crescido a demanda por alimentos, principalmente pelos de alto valor nutricional (Siqueira, 2017; FAO, 2018). Consequentemente, esta preocupação tornou-se um dos principais desafios das entidades públicas e governamentais que tratam sobre o tema da segurança alimentar, bem-estar e qualidade de vida da população, na busca de alimentos saudáveis e de alto valor biológico (Mustafa et al., 2018; FAO, 2018).

A demanda por pescado tem contribuído com o fomento e crescimento da produção aquícola, que apresenta uma estimativa de crescimento para o período de 2016 a 2030 em 46,3% da produção mundial (Siqueira, 2017; FAO, 2018). Principalmente em países em desenvolvimento como China, Vietnam, Tailândia, Índia e Chile, responsáveis por 33% das exportações mundiais de pescado e com previsão de crescimento da produção em 37,2% para o mesmo período (FAO, 2018).

Dentre eles, o Brasil apresenta cerca de 5,5 milhões de hectares de água, aproximadamente 208 lagos e reservatórios potenciais para a atividade e uma costa marítima de aproximadamente oito mil quilômetros das quais exploram menos de 1% deste potencial hídrico (Bueno et al., 2017).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2018), a produção total de pescado em 2017 atingiu um marco histórico de 171 milhões de toneladas, sendo destes 88% para o consumo humano direto (alimentação). Com um consumo *per capita* de 20,3 kg ao ano, com potencial de atingir 22,5 kg *per capita* ao ano até 2030, representando um incremento maior que 17 milhões de toneladas de pescado ao ano (FAO, 2018).

Deste percentual, a aquicultura representou 64,4% da produção total de pescado em 2017 ultrapassando a pesca e captura extensiva (35,6%), com uma produção de 110 milhões de toneladas gerando um valor de 243.500 milhões de US\$ para a economia global (FAO, 2018). Sendo a piscicultura continental responsável por 54,1 milhões de toneladas da produção total de

pescado (49,1% da produção total), resultando em 138.500 milhões de US\$ com a comercialização de peixes em 2017 para a economia global (FAO, 2018).

Dentre as principais espécies de peixes continentais produzidas, destaca-se a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), cuja produção mundial em 2017 foi de aproximadamente 4,20 milhões de toneladas, um incremento de 14,22% em relação ao ano anterior (FAO, 2018). Tal destaque foi observado na produção nacional (Brasil), onde a espécie representa 51% da produção total de pescados, gerando 1,20 milhões de US\$ para a economia nacional (IBGE, 2018).

Somente no Estado de São Paulo, o segundo maior produtor da espécie, houve um crescimento de 75,3% no período de 2013 a 2017 (IBGE, 2018). A produção da tilápia se destaca devido às características de rusticidade e adaptação da espécie aos diversos sistemas produtivos, condições ambientais, facilidade de manejo, eficiência reprodutiva e produtiva, elevado rendimento de filé e ampla aceitação do mercado consumidor (Gómez-Ponce et al., 2011; Cai et al., 2018; Zvavahera et al., 2018).

Os cultivos em tanques-rede ou gaiolas em lagos, reservatórios e no oceano são os principais meios de produção de organismos aquáticos na Ásia e em diversos países, especialmente em rios e reservatórios (Beveridge, 2004). Garcia et al. (2014) ressaltam que no Brasil, os produtores têm optado em cultivar *O. niloticus* em gaiolas ou tanques-rede com densidades entre 80 e 120 kg/m³.

Estudos econômicos têm demonstrado que o custo de produção deste sistema é elevado (Ayroza et al., 2013), além do risco devido à burocracia para a legalização dos empreendimentos (Bueno et al., 2015) e fatores ambientais como períodos de estiagem dos reservatórios, inversão térmica da água, eutrofização, sanidade, entre outros (Garcia et al., 2014; Bueno et al., 2017). Isto tem gerando uma pressão para que haja planejamento, ordenamento e monitoramento corretos da atividade para maior segurança e possibilidade de investimento (Siqueira, 2017; Mustafa et al., 2018).

Diante deste cenário, muitos produtores rurais têm migrado da atividade agrícola para a aquicultura, surgindo propriedades aquícolas em diferentes tamanhos produtivos (Guilhoto et al., 2006; MDA, 2017). No entanto, com o

desconhecimento das especificidades desta atividade por muitos produtores rurais, vários empreendimentos se tornaram insustentáveis, gerando endividamentos e até falência dos negócios (Engle, 2010; Kayo et al., 2018). Fato observado na piscicultura, por tratar-se de uma atividade com elevados custos de produção e uma pequena margem de lucro, devido à alta demanda de insumos, como a ração que representa de 60% a 80% dos custos de produção (Furlaneto et al., 2006; Brabo et al., 2013; Phiri & Yuan, 2018, David et al., 2018).

Tal realidade, frente aos cenários de incertezas políticas e econômicas, são comuns nos países em desenvolvimento, onde se concentram as maiores produções de *Oreochromis niloticus*, fatos que enfatizam a necessidade de avaliar os inúmeros riscos financeiros e econômicos que a atividade aquícola está susceptível, além de ferramentas que possibilite minimizar tais riscos e otimizar os processos produtivos a cada ciclo de produção (Engle, 2010; Siqueira, 2017; Cai et al., 2018).

A aplicação de ferramentas matemáticas e estatísticas que possibilitam mensurar o nível de risco financeiro e econômico, facilitando a compreensão de cada desembolso, com insumos, equipamentos, maquinários, até mesmo o desempenho produtivo dos animais, é de grande importância para investidores, gestores e produtores rurais, para a tomada de decisão e minimização dos riscos no gerenciamento das operações de produção. Tornando a atividade mais rentável e sustentável economicamente (Casarotto Filho & Kopittke, 2007; Ehrlich & Moraes, 2015; Siqueira, 2017; Cai et al., 2018; Valenti et al., 2018).

Neste contexto, propomos neste estudo a aplicação de ferramentas computacionais, matemáticas e estatísticas para avaliar o grau de risco financeiro e econômico da produção comercial de tilápia (*O. niloticus*) no reservatório de Chavantes, São Paulo avaliando diferentes cenários produtivos em relação ao porte das unidades de produção (fazendas hipotéticas), com base em uma fazenda modelo localizada em Fartura, Estado de São Paulo, Brasil.

Realizamos o desenvolvimento de um algoritmo base (modelo matemático de predição financeira, MMPF) para o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas (*softwares*) no futuro, o qual integra variáveis zootécnicas, de produção, econômicas e de temperatura da água (por meio do

modelo matemático coeficiente de crescimento térmico, TGC). Para fins de, gerenciamento e planejamento financeiro para a produção de tilápia em sistemas de tanques-rede em lagos e reservatórios sob condições de clima tropical.

Além destes estudos, visamos suprir a falta de materiais técnicos, científicos e tecnológicos, para avaliação e tomada de decisão com a produção de tilápia em nestes ambientes, diante dos riscos produtivos, financeiros, econômicos e climáticos que a atividade aquícola é influenciada.

Desta forma, como resultado desta dissertação de mestrado foi elaborado dois artigos científicos, sendo o capítulo 1 intitulado de: **“Risco financeiro e cenário econômicos de fazendas de grande porte para produção comercial da tilápia (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede em São Paulo, Brasil”**, que será submetido para o periódico *“Aquaculture Economic and Management”*. O capítulo 2, intitulado de: **“Modelo matemático de predição financeira (MMPF) para produção comercial de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em lagos e reservatórios de clima tropical”**.

Neste segundo capítulo, desenvolvemos uma ferramenta matemática (algoritmo) de predição financeira para a produção comercial de tilápia que será submetido para depósito e posterior obtenção de um registro de *softwares* e patente de processo junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

DISCUSSÃO GERAL

A aplicação das análises financeiras, econômicas e de risco por simulação Monte Carlo (SMC) demonstrou que a produção comercial de tilápia do Nilo em sistema de tanques-rede é rentável e viável economicamente para os cenários com volume de água produtiva superior a 51 mil m³ de água, por permitir a escalabilidade da produção.

Fazendas hipotéticas em cenários econômicos com *Payback* > 10 anos, tornam-se inviáveis financeiramente e economicamente, por conta da pequena margem de lucro bruto (antes do imposto de renda) no fluxo de caixa (FC) (TL < 10%). Diante desta pequena margem de resultado no FC, as fazendas tendem ao endividamento no curto e médio prazo, devido a sequência de resultados negativos no fluxo líquido de caixa (FLC), levando a atividade a falência no longo prazo, fazendo com que a atividade aquícola seja insustentável economicamente.

Vale ressaltar que o produto final destes cenários simulados das propriedades hipotéticas é direcionado para venda em frigorífico, cujo preço de comercialização foi de R\$ 5,00 por quilograma do peixe vivo. Fator que influencia na receita estimada e na margem de lucro significativamente, principalmente para os pequenos cenários de volume de água produtiva, como PVP e até mesmo o MVP. Ainda mais, quando correlacionado com o preço da ração, o insumo de maior representatividade nos custos totais de produção (aproximadamente 70%).

Segundo Furlaneto et al. (2010) e Brabo et al. (2013), empreendimentos aquícolas com baixo volume de água produtiva apresentam maiores lucratividades e rentabilidades quando há diversificação da comercialização do produto final, como por mercados locais, restaurantes, pesque-pagues, entre outros. Sendo então, uma alternativa para aumentar o fluxo de receitas, margem de lucros no FLC e ainda viabilizar a atividade economicamente para empreendimentos aquícolas semelhantes ao cenário PVP.

A análise de risco financeiro proposta por Engle (2010) e Gebrezgabher et al. (2012), mostraram resultados significativos ao mensurar a sensibilidade das variáveis que influenciam na lucratividade da atividade aquícola. Porém, há poucos estudos neste quesito realizados no Brasil com a produção de peixes em cativeiro, sejam para tilápia ou outras espécies exóticas. Assim como para as nativas, das quais apresentam grande potencial produtivo e econômico para o Brasil. Com isto, dificulta a padronização de análises e a comparação destes cenários estudados para a realidade brasileira como um todo.

No entanto, há muitos trabalhos internacionais com diversos sistemas de produção e espécies cultivadas, como a produção comercial de pangásio (*Pangasianodon hypophthalmus*) no Vietnã em sistema tradicional e de recirculação estudada por Ngoc et al. (2016), a produção de camarões (*Litopenaeus vannamei*) e outras espécies em Honduras por Valderrama & Engle (2001) e a produção de tilápia e clarias (*Clarias gariepinus*) no Quênia por Neira et al. (2009). Estes trabalhos demonstram resultados significativos com a aplicação da metodologia de análise de risco e sensibilidade.

A aplicação de simulação Monte Carlo (SMC) é uma ferramenta eficiente para a verificação da probabilidade dos riscos financeiros e econômicos, quanto para as simulações da aplicabilidade do modelo de predição financeira (MMPF) com base nas oscilações de variáveis, tanto zootécnicas, produtivas quanto as econômicas. Pois, por meio desta ferramenta de análise estocástica podemos estimar a probabilidade de ocorrência dos riscos financeiros e econômicos atuais e futuros (com o MMPF) em inúmeras simulações aleatórias, que na qual seria impossível de calculá-las de forma manual ou por *Microsoft Office Excel*®.

Deste modo, podemos aumentar o nível de confiabilidade das análises financeiras e econômicas, que por meio das análises de sensibilidade junto a SMC propiciam conhecer o real efeito das variáveis de entrada sobre as variáveis respostas (de saída) de maior interesse. Facilitando a tomada de decisão com maior precisão de produtores rurais, gestores e investidores da produção comercial de tilápias em sistema de tanques-rede em reservatórios tropicais.

Por fim, com o desenvolvimento do modelo matemático de predição financeira (MMPF), com base no modelo matemático: coeficiente de crescimento térmico (TGC) mostrou-se eficiente e preciso na simulação das variações produtivas e financeiras para a produção de tilápia em reservatórios tropicais, sendo uma ferramenta importante de aplicação direta no planejamento e gerenciamento financeiro da atividade aquícola, mesmo antes de colocar os animais na água (sistema produtivo).

Por meio da simulação de cenários produtivos e econômicos, com base em dados históricos de fazendas podemos estimar com maior precisão a realidade financeira e visualizar o que acontecerá a cada etapa da produção ao longo de cada ciclo produtivo. Mediante as oscilações das condições climáticas, como a temperatura da água, o fator de maior limitação no crescimento dos peixes; Além da variação das taxas de juros, inflação e dos preços de mercado, como: ração, alevinos, manejo sanitário e entre outros, que influenciam diretamente no fluxo líquido de caixa da piscicultura.

No entanto, recomendamos maiores estudos com aplicação desta metodologia aplicada neste presente estudo para a produção de tilápia em diferentes sistemas de produção e regiões do país. Além de, para as demais espécies com potencial produtivo e de mercado, como: camarões, algas, ostras, mexilhões, outras espécies de peixes e outros organismos aquáticos.

Levando em consideração outros conhecimentos correlatos à atividade aquícola e diferentes fatores que possam influenciar diretamente no desempenho produtivo da atividade. Com isto, teremos um número maior de informações e base de dados (*big data*) para tomada de decisão, para investidores, produtores rurais e gestores, quanto para ações de políticas públicas, pelos governos, instituições bancárias e órgãos públicos, tornando cada vez mais a aquicultura sustentável e rentável economicamente, diante da crescente demanda de alimentos no nosso país.

E ainda, utilizar o MMPF para otimização da produção, gerenciamento, planejamento e tomada de decisão com a produção da tilápia em tanques-rede, por gestores e produtores rurais, além de ser indicada para órgãos públicos na definição de tecnologias como “*software as a service*” (SAAS) para facilitar cadastros das fazendas aquícolas e estimativas de produção, para fins de libertação de licenças e outorgas de uso de águas da união.

Contudo, recomendamos maiores estudos com a aplicabilidade e usabilidade do modelo matemático de predição financeira (MMPF), gerando algoritmos (*softwares*) de precisão integrados a uso de sensores no sistema de produção e estruturando-o como ferramenta de “*machine learning*”. Pois, auxiliará a tomada de decisão na fazenda em tempo real no dia a dia das operações aquícolas, e ainda, poderá ser utilizado como “SAAS” por instituições financeiras (bancos) para a simulação da produção, receitas, custos e lucros, atendendo a demanda de financiamentos por investidores e produtores rurais, além de subsídios do governo para alavancagem da aquicultura no Brasil.

REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

- Ayroza, D.M.M.R., Nogueira, M.G., Carvalho, E.D., Ferraud, A.S. & Camargo, A.F.M. (2013) Temporal and Spatial Variability of Limnological Characteristics in Areas under the Influence of Tilapia Cages in the Chavantes Reservoir, Paranapanema River, Brazil. *Journal of the world aquaculture society*, **44**(6), 814-825.
- Beveridge, MCM (2004) *Cage aquaculture*. 3a ed. Oxford: Blackwell Publishing, USA 368 p.
- Brabo, M.F., Flexa, C.E., Veras, G.C., Paiva, R.S. & Fujimoto, R.Y. (2013) Viabilidade econômica da piscicultura em tanques-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará. *Informações Econômicas*, **43**(3), 56-64.
- Brande, M. da R., Leonardo, A.F.G., Ganoa, C.A.P., Reis Neto, R. V. & Bueno, G.W. (2019) Viabilidade bioeconômica de pisciculturas familiares

- produtoras de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em área de Mata Atlântica em São Paulo, Brasil. *Custos e Agronegócios online*, 15(1), 2-18.
- Bueno, G.W., Bureau, D., Skipper-Horton, J., Roubach, R., Mattos, F.T., & Bernal, F.E.M. (2017) Mathematical modeling for the management of the carrying capacity of aquaculture enterprises in lakes and reservoirs. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **52**(9), 695-706.
- Cai, J., Leung, P.S., Luo, Y., Yan, X., & Yan, Y. (2018) *Improving the performance of tilapia farming under climate variation: Perspective from bioeconomic modeling*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Casarotto Filho, N. & Kopittke, B.H. (2007) *Análise de investimento: Matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão e estratégia empresarial*. Editora Atlas, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- David, F.S., Fonseca, T., Bueno, G.W., & Valenti, W.C. (2018) Economic feasibility of intensification of *Macrobrachium rosenbergii* hatchery. *Aquaculture Research*, **49**(12), 3769-3776.
- Ehrlich, P.J., & Moraes, E.A. (2015) *Engenharia Econômica: Avaliação e Seleção de Projetos de Investimento*. Editora Atlas, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Engle, C.R. (2010) *Aquaculture Economics and Financing: Management and Analysis*. John Wiley & Sons, Ames, Iowa, USA.
- Food and Aquaculture Organization of the United Nations (2018) *The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to Food Security and Nutrition for All*. SOFIA-ONU, Rome, Italy.
- Furlaneto, F.P.B., Ayroza, D.M.M.R. & Ayroza, L.M.S. (2006) Custos e rentabilidade da produção de tilápias (*Oreochromis spp.*) em tanques-rede no médio Paranapanema, Estado de São Paulo, safra 2004/05. *Informações Econômicas*, **36**(3), 63-69.
- Furlaneto, F.P.B., Ayroza, D.M.M.R. & Ayroza, L.M.S. (2010) Análise econômica da produção de tilápia em tanques-rede, ciclo de verão, região do médio Paranapanema, Estado de São Paulo, 2009. *Informações Econômicas*, **40**(4), 5-11.

- Garcia, F., Romera, D. M. & Gozi, K. S. (2014) Enfermidades de tilápias do Nilo em tanques-rede. *Pesquisa & Tecnologia*, **1**(1), 1-11.
- Gebrezgabher, S.A., Meuwissen, M.P.M., & Oude Lansink, A.G.J.M. (2012) Energy-neutral dairy chain in the Netherlands: An economic feasibility analysis. *Biomass and Bioenergy*, **36**(1), 60–68.
- Gómez-Ponce, M.A., Granados-Flores, K., Padilla, C., López-Hernández, M., & Núñez-Nogueira, G. (2011) Age and growth of the hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the dam “Zimapán” Hidalgo, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, **59**(2), 761-770.
- Guilhoto, J.J.M., Silveira, F.G., Ichihara, S.M. & Azzoni, C.R. (2006) A importância do agronegócio familiar no Brasil. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, **44**(3), 355-382.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) *Banco de tabelas estatísticas: Levantamento sistemático da produção agrícola*. Disponível online em <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>, Brasil.
- Kayo, K.E.; Brunaldi, E.O., & Aldrighi, D.M. (2018). Capital structure adjustment in brazilian Family firms. *RAC*, **22**(5), 92-114.
- Ministério do Desenvolvimento Agrário (2017) *Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário*. Plano Safra 2016-2017. Disponível online em: <[HTTP://www.mda.gov.br/](http://www.mda.gov.br/)>, Brasil.
- Mustafa, S., Estim, A., Raehanah, S., Shaleh M. & Shapawi, R. (2018) Positioning of Aquaculture in Blue Growth and Sustainable Development Goals Through New Knowledge, Ecological Perspectives and Analytical Solutions. *Aquac. Indones. An Int. J. Indones. Aquac. Soc.* **19**(1), 1–9.
- Neira, I., Engle, C.R. & Ngugi, C. (2009) Economic and risk analysis of tilapia production in Kenya. *Journal of Applied Aquaculture*, **21**(1), 1-23.
- Ngoc, P.T.A., Miranda, Meuwissen, M.P.M., Tru, L.C., Bosma, R.H., Verreth, J., & Lansink A.O. (2016) Economic feasibility of recirculating aquaculture systems in pangasius farming. *Aquaculture Economics & Management*, **20**(2), 185-200.
- Phiri, F. & Yuan, X. (2018) Economic profitability of tilapia production in Malawi and China. *Journal of Aquaculture*, **9**(5), 2-6.

- Siqueira, T.V. (2017) Aquicultura: A nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, **17**(1), 53-60.
- Valderrama, D. & Engle, C.R. (2001) Risk analysis of shrimp farming in Honduras. *Aquaculture Economics & Management*, **5**(2), 49-68.
- Valenti, W.C., Kimpara, J.M., Preto, B.L., & Moraes-Valenti, P. (2018) Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. *Ecological Indicators*, **88**(1), 402-413.
- Zvavahera, C.C., Hamandishe, V.R., Saidi, P.T., Imbayarwo-Chikosi, V.E., & Nhiwatiwa, T. (2018) Growth performance, survival and breeding of *Oreochromis niloticus* and *Oreochromis macrochir* reared under greenhouse conditions. *Aquatic Research*, **1**(1), 1-11.