

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 20/04/2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA –
UNESP CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Viabilidade técnica e econômica da tilápia
vermelha em sistema de produção intensiva
em bioflocos (BFT) na Colômbia**

Daniel Leonardo Cala Delgado

Jaboticabal, São Paulo
2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA –
UNESP CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Viabilidade técnica e econômica da tilápia
vermelha em sistema de produção intensiva
em bioflocos (BFT) na Colômbia**

Daniel Leonardo Cala Delgado

Orientadora: Dra. Fabiana Garcia Scaloppi

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

Jaboticabal, São Paulo

2021

C141v Cala Delgado, Daniel Leonardo
Viabilidade técnica e econômica da tilápia vermelha em sistema de produção intensiva em bioflocos (BFT) na Colômbia / Daniel Leonardo Cala Delgado. -- Jaboticabal, 2022
viii, 95 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2022
Orientadora: Fabiana Garcia Scaloppi
Banca examinadora: Fernando Henrique Gonçalves, Jesaias Ismael da Costa, Hamilton Hisano, Omar Jorge Sabbag
Bibliografia

1. Bromatológico. 2. Desempenho produtivo. 3. Densidade. 4. Energia. 5. Aquicultura. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.043

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Viabilidade técnica e econômica de tilápia vermelha em sistema de produção intensivo em bioflocos na Colômbia

AUTOR: DANIEL LEONARDO CALA DELGADO
ORIENTADORA: FABIANA GARCIA SCALOPPI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em
AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:

Fabiana Garcia

Profa. Dra. FABIANA GARCIA SCALOPPI (Participação Virtual)

Instituto de Pesca de São José do Rio Preto / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios-
APTA

Fernando Henrique Agostinho dos Santos Barbosa Gonçalves
Prof. Dr. FERNANDO HENRIQUE AGOSTINHO DOS SANTOS BARBOSA GONÇALVES
(Participação Virtual)

Virginia Seafood Agricultural Research and Extension Center, Virginia Tech, EUA

Jesaias Ismael da Costa
Pós-Doutorando JESAIAS ISMAEL DA COSTA (Participação Virtual)

Centro de Aquicultura da Unesp, Caunesp

Hamilton Hisano
Pesquisador Dr. HAMILTON HISANO (Participação Virtual)

Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária,
EMBRAPA

Omar Jorge Sabbag
Prof. Dr. OMAR JORGE SABBAG (Participação Virtual)

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Jaboticabal, 20 de Outubro de 2021

SUMÁRIO

Dedicatória.....	vi
Agradecimentos	vii
Introdução Geral	2
1. Capítulo I.....	4
Revisão bibliográfica: aspectos gerais da produção piscícola na Colômbia em sistema de bioflocos (BFT).....	4
Resumo Geral	4
General Abstract.....	5
Introdução	5
Tilapicultura	7
Produção da tilápia em Colômbia	9
Sistema de bioflocos para tilápia	11
Densidades de estocagem de tilápia em bioflocos	13
Composição proximal dos Bioflocos	16
Referências Bibliográficas	18
2. Capítulo II.....	1
3. Capítulo III.....	1
Considerações finais.....	29

Dedicatória

Aos meus avós, Cesareo Cala y Efraín Delgado, que sempre foram inspiração de responsabilidade, disciplina e muita inteligência.

A minha família pela força que sempre fazem para que todo de certo e durante o tempo de estudo me ajudaram a permanecer em pé, sem desistir.

Por minha mãe, mulher lutadora que sempre fez sacrifícios para que eu conseguira cumprir os meus sonhos pessoais e profissionais.

A minha namorada Zarith pelo apoio e acompanhamento para continuar com o processo de formação.

Para todas as pessoas que direta e indiretamente foram parte deste trabalho.

Agradecimentos

A Jeová Deus pela força espiritual necessária para chegar até o final de um sonho, pelas respostas a minhas orações e não desprezar a minhas suplicas.

A minha orientadora Fabiana Garcia, pela imensa paciência, pela oportunidade de cumprir a minha meta de fazer doutorado em CAUNESP, por me apoiar com a ideia do projeto e sempre me transmitir um pensamento positivo durante os tempos difíceis, agradeço por ter aberto as portas do seu laboratório e seu grupo de pesquisa, por ter me permitido conhecer a família Garcia Scaloppi e finalmente agradecido por me ensinar conceitos novos para minha vida pessoal e profissional.

Estou agradecido com minha mãe Maria Divet Delgado pelos esforços que junto ao meu padrasto Henry Fernando fizeram para me dar as ferramentas importantes e fundamentais no desenvolvimento da minha vida

Muito obrigado pai Julio Cala, sempre pendente do meu processo de formação profissional, pelas ajudas durante meus estudos e ser exemplo de responsabilidade.

Minha namorada Zarith, por estar nos momentos difíceis e pelas palavras de motivação durante o tempo de preocupação, por aguentar as noites e dias onde eu precisava escrever e trabalhar isolado para conseguir o objetivo.

Toda minha família, meus avós, meus irmãos, Henry, Andres e Angie, meus primos Pipe, Henry, Dario, Cristian. Meus tios em especial Edgar e Martha pelo exemplo de trabalho em instituições de educação superior e que foram de inspiração para meu trabalho de professor.

Meus amigos Alex Cuevas, Vale Roldan, Karen Prada, Anita Herrera, Fernando, Jefferson Yunis, Caled Alvarez, Valeria Guerra que em qualquer lugar do mundo estarão para fazer ciência e para compartilhar momentos inesquecíveis.

Para o professor e amigo Jesaias Ismael da Costa, que durante quase 10 anos sempre me explicou com muita paciência desde palavras em português até como fazer um análises econômica, pelas horas de reunião virtual para fazer um

trabalho ótimo e por ter me ensinado a que devemos cumprir os sonhos independentemente das dificuldades da vida.

Aos moradores e ex-moradores da república Myzheria, Diego Resende, Gustavo (Balango), Vinicius Souza, Victor (Hypopo), Douglas Fahl Vitor pelos anos compartilhados durante a estadia em Jaboticabal.

As empresas e instituições que foram fundamentais no processo de pesquisa e apoio financeiro. Muito obrigado Asociación Piscícola el Vergel em Arauquita e a todos os trabalhadores e associados. Universidad Cooperativa de Colombia, meus agradecimentos para a Dra. Julia Bedoya decana Nacional da faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia e Dr. Felipe Gomez Coordenador de pesquisa. Finalmente quero dar meu agradecimento especial ao Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista e cada um de seus funcionários e professores, especialmente a David Lorente, Prof. Dr. Diogo, Prof. Dr. João Batista e todos que ajudaram no desenvolvimento do trabalho.

Agradeço a todos os que direta e indiretamente fizeram parte desta travessia que iniciou na minha graduação em 2007.

Você já viu um homem que é habilidoso no seu trabalho? Ele tomará posição diante de reis, não diante de homens comuns.

Provérbios 22: 29

Introdução Geral

O estudo intitulado “Viabilidade técnica e econômica da tilápia vermelha em sistema de produção intensiva em bioflocos (BFT) na Colômbia”, foi realizado porquê em diferentes regiões dos países sul americanos, se apresentam problemáticas com sistemas semi-intensivos e intensivos de produção aquícola, principalmente de viabilidade técnica e econômica. Porém a pesquisa foi relevante por se tratar de um estudo a campo em condições reais de unidade piscícola.

O trabalho foi desenvolvido com ajuda da Asociación Piscícola el Vergel (ASOVERGEL), localizada no leste de Colômbia, ASOVERGEL é um projeto importante para a região e o Departamento de Arauca, pois é integrada por 93 sócios, principalmente mulheres responsáveis pela manutenção do núcleo familiar, também como jovens rurais empreendedores e pessoas com limitações físicas. O terreno de 4 hectares da ASOVERGEL foi uma doação de um dos associados, com condições apropriadas para a piscicultura.

Os fundadores da associação (13 pessoas da família Bravo) tem experiência empírica de mais de 20 anos na piscicultura tradicional, mas por condições ambientais precisavam mudar de sistema para evitar que as inundações originadas pelo rio Mata palito gerem perdas na produção feita em viveiros escavados. Esse motivo levou os produtores ao Ministério de agricultura colombiano para serem apoiados com recursos econômicos e técnicos para desenvolver produção de tilápia vermelha em sistemas de bioflocos (BFT).

Nos primeiros ciclos de produção de tilápia em ASOVERGEL, diferentes problemas técnicos tais como: falta de equipamentos apropriados para manter os aeradores funcionando quando a energia elétrica falhava, alta mortalidade de alevinos por causa de parasitas monogênicos y mortalidade de animais de mais de 350 gramas por causa de vírus da tilápia do lago (TiLV) levaram a implementação de protocolos de boas práticas de produção aquícola.

Os custos mensais de energia eram de mais de 5 mil reais e não existia uma densidade de estocagem padronizada para a produção da tilápia vermelha. Com ajuda dos produtores foi possível realizar o estudo e determinar os principais indicadores e falhas no sistema, particularmente de ASOVERGEL, os recursos econômicos do governo colombiano ajudaram a que o projeto produtivo se

implementara, mas dificilmente um pequeno produtor poderia ter a oportunidade de investimento em produção BFT.

O capítulo I intitulado Revisão bibliográfica: aspectos gerais da produção piscícola na Colômbia em sistema de bioflocos (BFT), tem por objetivo apresentar informação relevante da produção de tilápia a nível mundial e particularmente a história produtiva da tilapicultura em Colômbia. Também são considerados aspectos importantes para a produção de tilápia em sistemas de BFT, tais como aeração, fontes e relação de carbono, densidade de estocagem e finalmente a composição proximal da farinha de bioflocos em produções de tilápia.

O capítulo II foi titulado “Stocking density of red tilápia (*Oreochromis sp.*) in a commercial biofloc system in Colombia”. O objetivo do trabalho foi identificar os efeitos das densidades de estocagem (30 e 40 peixes / m³) da tilápia vermelha em sistemas de BFT em parâmetros de desempenho produtivo, indicadores de qualidade da água e do produto final (avaliação bromatológica e microbiológica). Também foi realizada a descrição da composição nutricional, micro e macroelementos da farinha de BFT dependendo da densidade.

No último capítulo “Economic analysis of solar energy alternatives in the production of red tilápia (*Oreochromis sp.*) in a commercial biofloc system in Colombia” são apresentados os resultados de indicadores econômicos da implementação de energia convencional e sistemas fotovoltaicos para a produção de tilápia em sistema de BFT. Para este estudo foram comparados os custos de produção, custos de inversão, indicadores econômicos e parâmetros de desempenho produtivo em sistema de BFT utilizando energia convencional; energia fotovoltaica parcial e energia fotovoltaica com acumuladores de energia. Também foi feita uma simulação com produção excedente de energia para venda.

1. Capítulo I

Revisão bibliográfica: aspectos gerais da produção piscícola na Colômbia em sistema de bioflocos (BFT)

Resumo Geral

A tilápia é a terceira espécie mais produzida no mundo. Espera-se que em 2030 a produção de tilápia seja duplicada em relação a 2010. O aumento da produção de organismos aquáticos implica na intensificação dos sistemas de aquicultura. O sistema de Bioflocos (BFT) é considerado uma alternativa intensiva para a aquicultura. O BFT apresenta vantagens relacionadas ao menor consumo de água, diminuição da conversão alimentar aparente, melhora do estado sanitário e aumento das densidades quando comparado com sistemas tradicionais de produção aquícola. No entanto, não há conhecimento das densidades adequadas e dos efeitos na produção das diferentes espécies, sendo necessária a realização de estudos mais adequados às condições do país e de cada espécie. As avaliações económicas tem focado nos efeitos da alimentação, densidades, fontes de carbono, mas ainda não foram avaliadas as fontes de energia na aquicultura BFT. O objetivo do trabalho foi apresentar informação relevante da produção de tilápia a nível mundial e particularmente a história produtiva da tilapicultura na Colômbia. Também são considerados aspectos importantes para a produção de tilápia em sistemas de BFT, tais como aeração, fontes e relação de carbono, densidade de estocagem e finalmente a composição proximal da farinha de bioflocos em produções de tilápia. A revisão de literatura amostra diferentes artigos com resultados positivos para aspectos técnicos de produzir tilapia em sistemas de BFT, densidades de estocagem entre 30 e 60 peixes / m³, também fontes de carbono, principalmente melão de cana e outros produtos com conteúdo de carbono e a relação Carbono: Nitrogênio. Concluindo-se que a produção de tilapia em sistemas de BFT é possível e viável tecnicamente considerando as características próprias do sistema intensivo.

Palavras chaves: bromatológico, desempenho produtivo, densidade, energia, aquicultura

General Abstract

Tilapia is the third most produced species in the world, by the year 2030 the production of tilapia may double the quantities produced in 2010. The increase in the production of aquatic organisms implies the intensification of aquaculture systems. The Biofloc system (BFT) is considered an intensive alternative for aquaculture. BFT presents advantages related to lower water consumption, decreased apparent feed conversion, improved sanitary status, and increased densities when compared to traditional aquaculture production systems. However, there is no knowledge of the adequate densities and the effects on the production of different species, requiring studies more adequate to the conditions of the country and each species. Economic evaluations have focused on the effects of feeding, densities, carbon sources, but energy sources have not yet been evaluated in BFT aquaculture. The objective of the work was to present relevant information of tilapia production worldwide and particularly the production history of tilapiculture in Colombia, also important aspects for tilapia production in BFT systems are considered, such as aeration, carbon sources and ratio, stocking density and finally the proximate composition of biofloc meal in tilapia productions. The literature review samples different articles with positive results for technical aspects of tilapia production in BFT systems, stocking densities between 30 and 60 fish / m³, also carbon sources, mainly cane molasses and other products with carbon content and the Carbon: Nitrogen ratio. In conclusion, tilapia production in BFT systems is possible and technically feasible considering the characteristics of the intensive system.

Conclusion

The production of red tilapia using the BFT system is technically feasible in the eastern region of Colombia. However, the results of this economic analysis show the need to develop sale strategies for the product to improve financial returns and to ensure positive economic viability.

Further studies should be conducted to evaluate the value chain of red tilapia, thus improving economic results. Research should be conducted on energy sources for the biofloc system and tools should be sought that allow more efficient use of specialized labor, e.g. increase the productive units and calculate the number of workers needed for the units, without negatively affecting the production costs.

Referencias

Abdelhady, S. (2021). Performance and cost evaluation of solar dish power plant: Sensitivity analysis of levelized cost of electricity (LCOE) and net present value (NPV). *Renewable Energy*, 168, 332-342.

Almeida, M. S., Carrijo-Mauad, J. R., Gimenes, R. M. T., Gaona, C. A. P., Furtado, P. S., Poersch, L. H., ... & Foes, G. K. (2021). Bioeconomic analysis of the production of marine shrimp in greenhouses using the biofloc technology system. *Aquaculture International*, 29(2), 723-741.

Amin, E. A., Gouda, E. A., & Samra, A. (2020). Utilization of Renewable Energy Technology in Performing some Agricultural Operations. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 11(11), 617-620.

Avnimelech, Y. 2009. *Biofloc technology. A practical guide book*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.

Badiola, M., Basurko, O. C., Gabiña, G., & Mendiola, D. (2017). Integration of energy audits in the Life Cycle Assessment methodology to improve the environmental performance assessment of Recirculating Aquaculture Systems. *Journal of Cleaner Production*, 157, 155-166.

Badiola, M., Basurko, O. C., Piedrahita, R., Hundley, P., & Mendiola, D. (2018). Energy use in recirculating aquaculture systems (RAS): a review. *Aquacultural engineering*, 81, 57-70.

Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51, 26-35.

Betanzo-Torres, E. A., Piñar-Álvarez, M. D. L. Á., Sandoval-Herazo, L. C., Molina-Navarro, A., Rodríguez-Montoro, I., & González-Moreno, R. H. (2020). Factors That Limit the Adoption of Biofloc Technology in Aquaculture Production in Mexico. *Water*, 12(10), 2775.

Brú-Cordero, S. B., Pertúz-Buelvas, V., Ayazo-Genes, J., Atencio-García, V. J., & Pardo-Carrasco, S. (2017). Biocultivo de cachama blanca *Piaractus brachypomus* y tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en biofloc alimentadas con dietas de origen vegetal. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 64(1), 44-60.

Château, P. A., Wunderlich, R. F., Wang, T. W., Lai, H. T., Chen, C. C., & Chang, F. J. (2019). Mathematical modeling suggests high potential for the deployment of floating photovoltaic on fish ponds. *Science of the total environment*, 687, 654-666.

Choi, H., Na, J., Lee, H., & Noh, J. (2021). The Effect of Remodeling Replacement of Photovoltaic Power Generation System in Fish Farm: Analysis of Energy Saving Effect through Simulation. *Current Photovoltaic Research*, 9(1), 11-16.

Clough, S., Mamo, J., Hoevenaars, K., Bardocz, T., Petersen, P., Rosendorf, P., ... & Hoinkis, J. (2020). Innovative technologies to promote sustainable recirculating aquaculture in Eastern Africa—A case study of a Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) hatchery in Kisumu, Kenya. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 16(6), 934-941.

Collazos-Lasso, L. F., & Arias-Castellanos, J. A. (2015). Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). Una alternativa para la piscicultura en Colombia. Una revisión. *Orinoquia*, 19(1), 77-86.

Costa, J. I., Sabbag, O. J., & Martins, M. I. E. G. (2018). Economic evaluation of tilapia production in cages in the middle Paranapanema-SP. *Custos E Agronegocio On Line*, 14(4), 259-281.

Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356, 351-356. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.046>

Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1-4), 346-358.

Ekasari, J., & Maryam, S. (2012). Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis sp.* cultured at different stocking densities. *Hayati journal of Biosciences*, 19(2), 73-80. <https://doi.org/10.4308/hjb.19.2.73>

Emerenciano, M., Gaxiola, G., & Cuzon, G. (2013). Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. *Biomass now-cultivation and utilization*, 301-328.

Engle, C. R., Kumar, G., & van Senten, J. (2020). Cost drivers and profitability of US pond, raceway, and RAS aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(4), 847-873.

Farghally, H. M., Atia, D. M., El-Madany, H. T., & Fahmy, F. H. (2014). Control methodologies based on geothermal recirculating aquaculture system. *Energy*, 78, 826-833.

Fuller, R. J. (2007). Solar heating systems for recirculation aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 36(3), 250-260.

Ghamkhar, R., Boxman, S. E., Main, K. L., Zhang, Q., Trotz, M. A., & Hicks, A. (2020). Life Cycle Assessment of Aquaculture Systems: Does Burden Shifting Occur with an Increase in Production Intensity?. *Aquacultural Engineering*, 102130.

Gitman LJ (2018) The principles of managerial finance. Pearson Education Inc, London

Imron, M., Kurniawati, V. R., Baskoro, M. S., & Susanto, A. (2021). Biotechnic and economic analysis of fish catching units in Larangan Coastal Fishing Port, Tegal District, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 14(2), 996-1008.

Kim, Y., & Zhang, Q. Modeling of energy intensity in aquaculture: Future energy use of global aquaculture (2018) *SDRP Journal of Aquaculture, Fisheries & Fish Science* 2(1) ,60-89

Kim, Y., Wang, M., Kinyua, M., Cools, C., Zhang, Q., & Ergas, S. J. (2015). *Alternative Energy Sources for Florida Aquaculture Systems Final Report*. Florida: Department of Civil and Environmental Engineering, University of South Florida. Retrieved May, 3, 2016.

King, A. S., Elliott, N. G., Macleod, C. K., James, M. A., & Dambacher, J. M. (2018). Making better decisions: Utilizing qualitative signed digraphs modeling to enhance aquaculture production technology selection. *Marine Policy*, 91, 22-33.

Kobayashi, M., Msangi, S., Batka, M., Vannuccini, S., Dey, M. M., Anderson, J.L., 2015. Fish to 2030: the role and opportunity for aquaculture. *Aquaculture economics & management*, 19(3), 282-300. <http://dx.doi.org/10.1080/13657305.2015.994240>.

Koyuncu, T. (2020, March). Economic Analysis of Solar Powered and on-Grid Trout Fish Growing Systems. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 464, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.

Kubitza, F. (2011). Criação de tilapia em sistema com bioflocos sem renovação de água. *Panorama da Aquicultura*, 21(125), 14-23.

Larson KD, Wild JJ, Chiappetta B (2004) *Fundamental accounting principles*, 16th edn. McGraw-Hill Irwin Publishing, New Jersey

Lee, Kyu Tae. *Energy-Saving Biofloc Culture System Using Solar Energy*. 2018.

Liu, Y., Rosten, T. W., Henriksen, K., Hognes, E. S., Summerfelt, S., & Vinci, B. (2016). Comparative economic performance and carbon footprint of two farming

models for producing Atlantic salmon (*Salmo salar*): Land-based closed containment system in freshwater and open net pen in seawater. *Aquacultural Engineering*, 71, 1-12.

Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L., & Tan, H. (2014). Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, 422, 1-7.

Malpartida Pasco, J. J., Carvalho Filho, J. W., de Espirito Santo, C. M., & Vinatea, L. (2018). Production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* grown in BFT using two aeration systems. *Aquaculture Research*, 49(1), 222-231. <https://doi.org/10.1111/are.13451>

Manduca, L. G., da Silva, M. A., de Alvarenga, É. R., de Oliveira Alves, G. F., Ferreira, N. H., de Alencar Teixeira, E., ... & Turra, E. M. (2021). Effects of different stocking densities on Nile tilapia performance and profitability of a biofloc system with a minimum water exchange. *Aquaculture*, 530, 735814.

Martin, N. B., Scorvo Filho, J. D., Sanches, E. G., Novato, P. F. C., & Ayrosa, L. M. S. (1995). Custos e retornos na piscicultura em São Paulo. *Informações Econômicas*, 25(1), 9-47.

Matsunaga, M., Bemelmans, P. F., Toledo, P. D., Dullely, R. D., Okawa, H., & Pedroso, I. A. (1976). Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Agricultura em São Paulo*, 23(1), 123-139.

Mazzarol TW, Reboud S (2020) *Workbook for small business management: theory and practice*. 3th edition. Springer: GER

Muir, J. F. (2015). Fuel and energy use in the fisheries sector: Approaches, inventories and strategic implications. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, (C1080), I.

Naylor, R. L., Goldberg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J., & Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790), 1017-1024. <https://doi.org/10.1038/35016500>

Numpha, P., & Polvongsri, S. (2020). Energy management study of aeration system for Nile tilapia fish pond using solar photovoltaic together with utility grid system. *Journal of Science and Agricultural Technology*, 1(2), 1-6.

Pelletier, N., André, J., Charef, A., Damalas, D., Green, B., Parker, R., ... & Watson, R. (2014). Energy prices and seafood security. *Global environmental change*, 24, 30-41.

Pereira, T. M. (2020). Desempenho produtivo de matrinxã (*Brycon amazonicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) submetidos a baixa salinidade em sistema BFT. 2020. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020. <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8012> Consulted: 16 May 2021.

Poli, M. A., Legarda, E. C., de Lorenzo, M. A., Martins, M. A., & do Nascimento Vieira, F. (2019). Pacific white shrimp and Nile tilapia integrated in a biofloc system under different fish-stocking densities. *Aquaculture*, 498, 83-89.

Ponce-Marbán, D., Hernández, J. M., & Gasca-Leyva, E. (2006). Simulating the economic viability of Nile tilapia and Australian redclaw crayfish polyculture in Yucatan, Mexico. *Aquaculture*, 261(1), 151-159.

Ragnarsson, Á. (2014). Geothermal energy in aquaculture. Short Course VI on Utilization of Low-and Medium-Enthalpy Geothermal Resources and Financial Aspects of Utilization, organized by UNU-GTP and LaGeo. Santa Tecla, El Salvador.

Rego, M. A. S., Sabbag, O. J., Soares, R., & Peixoto, S. (2017). Financial viability of inserting the biofloc technology in a marine shrimp *Litopenaeus vannamei* farm: a case study in the state of Pernambuco, Brazil. *Aquaculture international*, 25(1), 473-483.

Ridha, M. T., Hossain, M. A., Azad, I. S., & Saburova, M. (2020). Effects of three carbohydrate sources on water quality, water consumption, bacterial count, growth and muscle quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a biofloc system. *Aquaculture Research*, 51(10), 4225-4237. <https://doi.org/10.1111/are.14764>

Roque d'orbcastel, E., Blancheton, J. P., & Belaud, A. (2009). Water quality and rainbow trout performance in a Danish Model Farm recirculating system: Comparison with a flow through system. *Aquacultural engineering*, 40(3), 135-143.

Soliman, N. F., & Yacout, D. M. M. (2016). The prospects of analysing the environmental impacts of Egyptian aquaculture using life cycle assessment. *International Journal of Aquaculture*, 5.

Sookying, D., Silva, F. S. D., Davis, D. A., & Hanson, T. R. (2011). Effects of stocking density on the performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured under pond and outdoor tank conditions using a high soybean meal diet. *Aquaculture*, 319(1-2), 232-239.

Suárez-Puerto, B., Delgadillo-Díaz, M., Sánchez-Solís, M. J., & Gullian-Klanian, M. (2021). Analysis of the cost-effectiveness and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in biofloc and green water technologies during two seasons. *Aquaculture*, 538, 736534.

Suhendar, D. T., Zaidy, A. B., & Sachoemar, S. I. (2020). Dissolved Oxygen Profile, Total Suspended Solids, Ammonia, Nitrate, Phosphate And Temperature In Intensive Vanamei Shrimp Ponds. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 1-11.

Tinh, T. H., Hai, T. N., Verreth, J. A., & Verdegem, M. C. (2021). Effects of carbohydrate addition frequencies on biofloc culture of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 534, 736271.

Toner, D., & Mathies, M. (2002). The Potential for renewable energy usage in aquaculture. Report, Dec.

Troell, M., Tyedmers, P., Kautsky, N., & Rönnbäck, P. (2004). Aquaculture and energy use. *Encyclopedia of energy*, 1, 97-108.

Ullah, I., & Kim, D. (2018). An optimization scheme for water pump control in smart fish farm with efficient energy consumption. *Processes*, 6(6), 65.

Yuan, Y., Yuan, Y., Dai, Y., & Gong, Y. (2017). Economic profitability of tilapia farming in China. *Aquaculture international*, 25(3), 1253-1264.

Zaki, M. A., Alabssawy, A. N., Nour, A. E. A. M., El Basuini, M. F., Dawood, M. A., Alkahtani, S., & Abdel-Daim, M. M. (2020). The impact of stocking density and dietary carbon sources on the growth, oxidative status and stress markers of

Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared under biofloc conditions. *Aquaculture Reports*, 16, 100282. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100282>

Zuniga-Jara, S., & Goycolea-Homann, M. (2014). A bioeconomic model for red tilapia culture on the coast of Ecuador. *Aquaculture international*, 22(2), 339-359.