

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**FERNANDA PICOLI**

**USO DO FARELO DE SOJA FERMENTADO (FSFM) E DA BIOMASSA DE  
*SPIRULINA (Arthrospira platensis)* EM SUBSTITUIÇÃO À FARINHA DE  
PEIXE PARA JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*)  
CULTIVADOS EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

**LAGES**  
**2023**

**FERNANDA PICOLI**

**USO DO FARELO DE SOJA FERMENTADO (FSFM) E DA BIOMASSA DE  
*SPIRULINA (Arthrospira platensis)* EM SUBSTITUIÇÃO À FARINHA DE  
PEIXE PARA JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*)  
CULTIVADOS EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Doutor (a) em Ciência Animal, Área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Thiago El Hadi Perez Fabregat

Coorientador: Prof. Dr. Diogo Luiz de Alcantara Lopes

**LAGES**

**2023**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Picoli, Fernanda  
USO DO FARELO DE SOJA FERMENTADO (FSFM) E DA  
BIOMASSA DE SPIRULINA (*Arthrospira platensis*) EM  
SUBSTITUIÇÃO À FARINHA DE PEIXE PARA JUVENIS DE  
TILÁPIA-DÔ-NILO (*Oreochromis niloticus*) CULTIVADOS EM  
SISTEMA DE BIOFLOCOS / Fernanda Picoli. -- 2023.  
121 p.

Orientador: Thiago El Hadi Perez Fabregat  
Coorientador: Diogo Luiz de Alcantara Lopes  
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação  
em Ciência Animal, Lages, 2023.

1. Desempenho zootécnico. 2. Histomorfometria intestinal. 3.  
Nutrição animal. 4. Saúde animal. 5. Sistema de bioflocos. I. El Hadi  
Perez Fabregat, Thiago . II. de Alcantara Lopes, Diogo Luiz. III.  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.  
IV. Título.

**FERNANDA PICOLI**

**USO DO FARELO DE SOJA FERMENTADO (FSFM) E DA BIOMASSA DE SPIRULINA (*Arthrospira platensis*) EM SUBSTITUIÇÃO À FARINHA DE PEIXE PARA JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) CULTIVADOS EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor (a) em Ciência Animal, área de Concentração em Produção Animal.

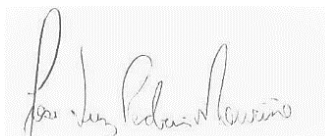
**BANCA EXAMINADORA**

**Orientador:** \_\_\_\_\_

**Prof. Dr. Thiago El H. P. Fabregat**

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/Lages – SC

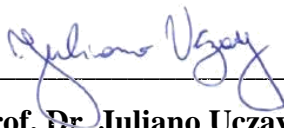
**Membro:** \_\_\_\_\_



**Prof. Dr. José Luiz Pedreira Mourião**

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/Florianópolis – SC

**Membro:** \_\_\_\_\_



**Prof. Dr. Juliano Uczay**

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM/Santa Maria – RS

**Membro:** \_\_\_\_\_



**Prof. Dra. Natalia Ha**

Centro Universitário Unifacvest – UNIFACVEST/Lages - SC

**Membro:** \_\_\_\_\_



**Prof. Dra. Naglezi de Menezes Lovatto**

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM/Santa Maria - RS

**Lages, 02 de fevereiro de 2023.**

Dedico este trabalho ao bondoso Deus e minha família (mãe Salete, pai Jacir, irmãs Paula e Patrícia e ao meu companheiro Márcio). É por vocês que sigo. São vocês que me mantêm em pé!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a todos aqueles que, de alguma forma, permitiram que esta tese tomasse forma e, agora, se concretizasse.

Ao meu orientador Prof. Thiago pela confiança depositada ao longo desses anos de orientação. Por sua disponibilidade e paciência de sempre, bem como, pelos inúmeros ensinamentos e correções necessárias para me tornar quem sou hoje. Ao meu coorientador e amigo Prof. Diogo por todo o apoio e leveza no desenrolar das pesquisas (e da vida). Amizade construída e fortalecida ao longo de mais de seis anos.

Aos demais professores (Aline Zampar, Maurício G. C. Emerenciano, Aleksandro S. da Silva, Fábio F. Nunes e Tiago Petrolli), que contribuíram de alguma maneira e foram parceiros nessa pesquisa e em minha formação pessoal e profissional. Aos meus colegas dos laboratórios GT-Aqua e LAPIS (Su, Alana, Deise, Ana, Ale, Gabi, Naty, Lari, Nands, Kay e outros), por toda a amizade e parceria sempre em prontidão para “fazer ciência”.

Às inúmeras amizades construídas na UDESC (CEO/CAV) e fortalecidas externamente a ela e ao longo desses anos (G.U/CAV, Gui, Leti, Bru, Su, Denise, Cleici, Luisa e taaaantos mais), sem vocês a caminhada teria sido ainda mais árdua. Agradeço de coração pelo apoio de sempre e pelas inúmeras contribuições; carrego um pouquinho de cada um de vocês em meu coração.

Ao meu companheiro Márcio, por estar ao meu lado em toda essa longa caminhada. Por ser paciente, entender e apoiar a necessidade de ficarmos longe em alguns períodos, os horários e dias atípicos e, obviamente, o estresse diário. Todo meu carinho, amor e gratidão por você, nego.

À minha irmã Paula, minha menina e minha pessoa. Me apoiarei em ti, você se apoiará em mim e, assim, ficaremos bem. À minha irmã Patrícia por permitir que o tempo perdido possa ser recuperado com paciência e amor, fruto do que aprendemos com nossos pais. Aos meus pais (“Saletinha e Solimar”), por todo o incentivo e por acreditarem em mim, mesmo quando eu mesma duvidei. Nunca poderei compensar todas as renúncias para viabilizarem a realização desse meu sonho, mas tentarei até o fim. Não seria metade do que sou se não tivesse vocês como espelho. A vocês, meu eterno amor!

Ao Todo Poderoso Deus, por não ter me permitido desistir em meio às tribulações. Pelo Seu amor e cuidado incondicionais, mesmo perante minhas inúmeras falhas e excessos, por vezes, indignos de Teu extraordinário coração. Peço perdão por tudo e Te agradeço por tanto!

“Que ninguém se engane, só se consegue a simplicidade através de muito trabalho”.

(Clarice Lispector)

## RESUMO

O constante e expressivo crescimento da atividade aquícola, faz necessária a intensificação dos sistemas de cultivo e o desenvolvimento de dietas mais eficientes, baratas e biodisponíveis. Neste sentido, o uso de ingredientes alternativos à farinha de peixe, como o farelo de soja fermentado (FSFM) e a biomassa de *Spirulina* (*Arthrospira platensis*), devem ser considerados. Para tal, foram realizados dois experimentos. No experimento 1, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão do FSFM em dietas vegetais sobre o desempenho zootécnico e a saúde intestinal de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em sistema de bioflocos (BFT). O FSFM foi avaliado em quatro níveis de inclusão em dietas vegetais (7, 14, 21 e 28%) em comparação com uma dieta controle positivo com farinha de peixe e uma dieta controle negativo sem proteína animal e sem FSFM. O delineamento foi o inteiramente ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições. O experimento teve duração de 54 dias. Todas as dietas eram isoproteicas (33% de PB) e isoenergéticas (4.000 kcal de EB/kg). Os juvenis ( $1,635 \pm 0,198$ ) foram distribuídos em 24 tanques (70 L) na densidade de sete animais por unidade experimental. No final do experimento, foram analisados os parâmetros zootécnicos e a histomorfometria intestinal. A inclusão de 7% de FSFM melhorou o crescimento de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com dietas vegetais, os resultados obtidos para esta dieta não diferiram dos obtidos com a dieta contendo farinha de peixe. O aproveitamento das dietas contendo FSFM não diferiu do controle positivo. Nos níveis acima de 21% de inclusão de FSFM houve evidências de melhora na saúde intestinal dos juvenis de tilápia-do-Nilo. No experimento 2, objetivou-se avaliar o efeito do sistema de cultivo (águas claras x BFT) e da inclusão de biomassa de *Spirulina* em substituição da farinha de peixe (0%, 33, 66 e 100%) sobre o desempenho, histomorfometria intestinal, bioquímico sérico e estresse oxidativo de juvenis de tilápia-do-Nilo recebendo níveis subótimos de proteína. O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2 com quatro repetições e o experimento teve duração de 48 dias. Foram formuladas quatro dietas isoproteicas (28% PB) e isoenergéticas (4.000 kcal EB/kg). Os juvenis ( $0,23 \pm 0,01$ g) foram distribuídos em 16 tanques circulares (70 L) na densidade de 7 peixes por tanque. Nenhuma interação foi observada entre os sistemas e os tratamentos avaliados. O cultivo em sistema BFT evitou os efeitos negativos de dietas contendo níveis subótimos de proteína sobre o desempenho zootécnico, histomorfometria intestinal e metabolismo proteico de juvenis



de tilápia-do-Nilo. Nos peixes cultivados neste sistema, houve evidências de melhorias na resposta antioxidante e menor estresse oxidativo fisiológico. A biomassa de *Spirulina* pode substituir totalmente a farinha de peixe nas dietas de juvenis de tilápia-do-Nilo. A substituição de 66% da farinha de peixe por biomassa de *Spirulina* melhorou o desempenho dos animais, independente do sistema de cultivo.

**Palavras-chave:** Desempenho zootécnico. Histomorfometria intestinal. Nutrição animal. Saúde animal. Sistema de bioflocos.

## ABSTRACT

The constant and expressive growth of the aquaculture activity makes it necessary to intensify the rearing systems and the development of more efficient, cheap and bioavailable diets. To this end, the use of alternative ingredients to fish meal, such as fermented soybean meal (FSFM) and *Spirulina* biomass (*Arthrospira platensis*), should be considered. For this purpose, two experiments were carried out. In experiment 1, the objective was to evaluate the effect of including FSFM in plant-based diets on the zootechnical performance and intestinal health of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) grown in a biofloc system (BFT). The FSFM was evaluated at four levels of inclusion in plant-based diets (7, 14, 21 and 28%) compared to a positive control diet with fishmeal and a negative control diet with no animal protein and no FSFM. The design was completely randomized with six treatments and four replications. The experiment lasted 54 days. All diets were isoprotein (33% CP) and isoenergetic (4,000 kcal EB/kg). Juveniles ( $1.635 \pm 0.198$ ) were distributed in 24 tanks (70 L) at the density of seven animals per experimental unit. At the end of the experiment, zootechnical parameters and intestinal histomorphometry were analyzed. The inclusion of 7% FSFM improved the growth of Nile tilapia juveniles fed plant-based diets, the results obtained for this diet did not differ from those obtained with the diet containing fish meal. The use of diets containing FSFM did not differ from the positive control. At levels above 21% of inclusion of FSFM there was evidence of improvement in the intestinal health of Nile tilapia juveniles. In experiment 2, the objective was to evaluate the effect of the culture system (clear water x BFT) and the inclusion of *Spirulina* biomass in replacement of fish meal (0%, 33, 66 and 100%) on performance, intestinal histomorphometry, serum biochemistry and oxidative stress of Nile tilapia juveniles receiving suboptimal levels of protein. The design was completely randomized in a 4x2 factorial scheme with four replications and the experiment lasted 48 days. Four isoproteic (28% CP) and isoenergetic (4,000 kcal EB/kg) diets were formulated. Juveniles ( $0.23 \pm 0.01$ g) were distributed in 16 circular tanks (70 L) at a density of 7 fish per tank. No interaction was observed between the evaluated systems and treatments. rearing in BFT system avoided the negative effects of diets containing suboptimal levels of protein on zootechnical performance, intestinal histomorphometry and protein metabolism of Nile tilapia juveniles. In fish grown in this system, there was evidence of improvements in antioxidant response and lower physiological oxidative stress.

*Spirulina* biomass can completely replace fish meal in diets of Nile tilapia juveniles. The replacement of 66% of fish meal by *Spirulina* biomass improved animal performance, regardless of the rearing system.

**Keywords:** Zootechnical performance. Intestinal histomorphometry. Animal nutrition. Animal health. Biofloc system.

## APRESENTAÇÃO

A tese em questão é composta por dois capítulos, que seguem:

- **CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA;**
  
- **CAPÍTULO II – MANUSCRITOS:**
  - **Manuscrito I** – Mixed culture microorganisms fermented soybean meal improves productive performance and intestinal health of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles fed plant-based diets in a biofloc system. Este manuscrito foi redigido de acordo com as normas da Revista *Aquaculture Research*.
  
  - **Manuscrito II** – Biofloc system avoid the negative effects of diets with suboptimal protein levels on zootechnical performance, intestinal histomorphometry and protein metabolism of Nile tilapia fed *Spirulina* biomass as alternative protein source. O manuscrito foi adequado nas normas da Revista *Aquaculture International*.





# Assinaturas do documento



Código para verificação: **L69XQE99**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:



**THIAGO EL HADI PEREZ FABREGAT** (CPF: 224.XXX.108-XX) em 04/03/2023 às 16:52:23

Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:34:16 e válido até 30/03/2118 - 12:34:16.

(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTIwMjJfMDAwMDgyMzRfODI0MF8yMDIzX0w2OVhRRTk5> ou o site

<https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo> e informe o processo **UDESC 00008234/2023** e o código **L69XQE99** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.